Guía Técnica de planificación hidrológica en el marco de la GIRH, dirigida al ámbito iberoamericano

Versión. 1.0. Noviembre 2025

codia
Conferência de Direções e Autoridades Ibero-americanas de Águas | Conferencia de Direcciones y Autoridades Iberoamericanas del Agua
Red Iberoamericana
Rede Ibero-Americana
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES, UNIÓN EUROPEA Y COOPERACIÓN
aecid
cooperación española
FCAS

© AECID 2025 Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

Av. Reyes Católicos, 4

28040 Madrid, España,

Teléfono: +34 91 583 81 00

www.aecid.es

Esta publicación ha sido posible gracias a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID). El contenido de la misma no refleja necesariamente la postura de la AECID.

Coordinación de los trabajos

• Por parte del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento (FCAS): Natalia Gullón Muñoz-Repiso. Directora técnica del FCAS

• Por parte de la Secretaría Técnica Permanente de la CODIA: Concepción Marcuello Olona, Coordinadora de Asuntos Internacionales de la Dir. Gral. del Agua;

Equipo redactor

• Mª Ángeles Ramos Collado. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (Tragsatec)

• Víctor Manuel Arqued Esquía. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (CEDEX)

• Macarena Núñez Díaz. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (Ayesa)

• Jorge Prieto Mera. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (Ayesa)

• Ángel García Cantón. Consultor Internacional.

Dirección del contrato de Ayesa: Mª Emma Orejudo Prieto de los Mozos. Subdirectora de Transición Ecológica, Agua y Lucha contra el Hambre y Oficina del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento, AECID.

Diseño original y maquetación: Ayesa

ÍNDICE

Presentaciones institucionales 0

Agradecimientos 0

[1] Objeto y alcance de la Guía de planificación hidrológica 1

[1.1] Objeto y antecedentes 1
[1.1.1] La Guía en el marco de la CODIA y el FCAS 1
[1.1.2] Punto de partida: Análisis del marco legal e institucional en relación con la GIRH y la planificación hidrológica en el ámbito de la CODIA 3
[1.2] Alcance y estructura de la Guía 9

[2] Proceso de planificación hidrológica y criterios básicos en el marco de la GIRH 11

[2.1] Etapas del proceso de planificación hidrológica 11
[2.1.1] Etapa previa para la organización y planificación de los trabajos e identificación de actores 11
[2.1.2] Etapas fundamentales en el proceso de planificación 12
[2.2] Conceptos y criterios para abordar la planificación hidrológica con visión de GIRH 14
[2.2.1] Objetivos de la planificación con visión de GIRH 14
[2.2.2] Definición del ámbito territorial de la planificación 20
[2.2.3] Resultados de la planificación hidrológica con visión del GIRH 26
[2.2.4] Consideración del cambio climático en la planificación con visión de GIRH . 33
[2.2.5] Instrumentos de planificación hidrológica 40
[2.2.6] Relación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales 45
[2.2.7] Definición de horizontes y del período de revisión del plan hidrológico 48

[3] Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico 52

[3.1] Introducción 52
[3.2] Marco de gobernanza 54
[3.2.1] Marco Legal e Institucional 54
[3.2.2] Relación con las planificaciones sectoriales 60
[3.2.3] Financiación 66
[3.3] Descripción general de la cuenca o unidad 77
[3.3.1] Sistemas de información 77
[3.3.2] Ámbito territorial 87
[3.3.3] Geomorfología y relieve 88
[3.3.4] Suelos y cobertura vegetal 88
[3.3.5] Geología e hidrología 91
[3.3.6] Contexto climatológico 92
[3.3.7] Hidrología y red fluvial 92
[3.3.8] Redes de monitoreo 94
[3.3.9] Patrimonio hidráulico 100
[3.3.10] Delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua 102

[3.3.11] Inventario de los recursos hídricos 105
[3.4] Uso del agua, balances y asignación de recursos 133
[3.4.1] Descripción general de usos y demandas de agua..... 133
[3.4.2] Inventario de presiones sobre el medio hídrico 162
[3.4.3] Definición de caudales ecológicos..... 168
[3.4.4] Balance de recursos-demandas y la asignación y reserva de recursos hídricos 209
[3.5] Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas 234
[3.5.1] Identificación de las zonas protegidas para usos y conservación ambiental 234
[3.5.2] Evaluación del estado de la calidad de las aguas y objetivos de calidad 239
[3.6] Fenómenos extremos y cambio climático 272
[3.6.1] Consideración de los fenómenos extremos: sequías e inundaciones..... 272
[3.6.2] Consideración cambio climático 289
[3.7] Análisis económico y sostenibilidad 304
[3.7.1] Análisis económico del sector del agua..... 304
[3.7.2] Recuperación de costes de los servicios del agua..... 322
[3.8] Programa de actuaciones 338
[3.9] Participación pública.....373

[4] La cuestión transfronteriza 384

[5] Evaluación ambiental del plan 396

[6] Implementación, seguimiento y revisión del plan 413

Anexo I. Casos prácticos

Anexo II. Guías metodológicas

Anexo III. Fichas de herramientas

Anexo IV: Glosario y acrónimos

Anexo V: Conclusiones de los Grupos de Trabajo

Presentaciones institucionales

Pedro Arrojo Agudo. Relator Especial de NNUU para los derechos humanos al agua potable y al saneamiento

Promover una gobernanza democrática del agua, desde un enfoque basado en los derechos humanos

"Sólo asumiendo un enfoque ecosistémico y promoviendo una adecuada planificación hidrológica y territorial a nivel de cuenca se pueden gestionar, por ejemplo, los crecientes riesgos de sequía e inundaciones derivados del cambio climático"

Superar el paradigma de *dominación de la naturaleza* desarrollando de forma efectiva el paradigma de *sostenibilidad* en la gobernanza del agua es sin duda uno de los principales desafíos que, habiendo emergido en el siglo XX, sigue vigente en el siglo XXI, bajo la presión de poderosos intereses económicos. Para afrontarlo es necesario transitar de la visión del agua como simple recurso productivo a una visión ecosistémica que permita desarrollar una gestión sostenible de ríos, humedales, lagos y acuíferos, preservando sus valiosas funciones ecosistémicas. De igual forma que hoy entendemos que un bosque es mucho más que un almacén de madera es urgente entender que ríos y acuíferos no pueden seguir gestionándose como simples canales o almacenes de H_20.

Sólo asumiendo un enfoque ecosistémico y promoviendo una adecuada planificación hidrológica y territorial a nivel de cuenca se pueden gestionar, por ejemplo, los crecientes riesgos de sequía e inundaciones derivados del cambio climático. Por otro lado, tal enfoque entra en sintonía con el reconocimiento por parte de la ONU del derecho humano a un medioambiente saludable y sostenible, lo que incluye la preservación del buen estado y la sostenibilidad de ríos, lagos, humedales y acuíferos.

En mis informes ante la Asamblea General de la ONU, y ante el Consejo de Derechos Humanos, insisto en la necesidad de discernir prioridades éticas a la hora de gestionar los múltiples valores, funciones y utilidades del agua. El *agua-vida* en funciones de sostén de la vida en general, y en particular de la vida, la convivencia y la cohesión de las comunidades y sociedades humanas, debe situarse en máxima prioridad. El *agua para el interés común,* en usos y funciones que la sociedad determine como de interés general, de forma realmente democrática, debe gestionarse en un segundo nivel de prioridad. El *agua-economía* en actividades productivas, más allá de las necesidades básicas, siendo de enorme importancia, debe gestionarse en un tercer nivel de prioridad. Y finalmente, caracterizo como *agua-delito,* la usada en actividades productivas que envenenan progresivamente a cientos de millones de personas y transforman territorios enteros en *territorios sacrificados*; procesos contaminantes que deberían evitarse a toda costa, como delitos de ecocidio, por rentables que sean para quienes las impulsan.

Sobre la base de estas prioridades éticas resulta consistente promover lo que desde Naciones Unidas se denomina un *enfoque de la gobernanza basado en los derechos humanos*. Enfoque que, además de priorizar los derechos y necesidades de quienes viven en mayor vulnerabilidad, exige una gestión del agua transparente, con rendición efectiva de cuentas y abierta a la participación de todos, sin dejar a nadie al margen y asegurando la participación igualitaria de las mujeres. Un enfoque coherente con los valores y criterios que deben presidir la gestión democrática del agua como *bien común*, accesible para todos y todas, pero no apropiable por nadie.

El *Acuerdo de Escazú*, en América Latina y el Caribe, marca liderazgo global de democracia participativa en la gestión del medioambiente, y en particular del agua y de los ecosistemas acuáticos. Desarrollarlo fortalecerá, sin duda, la gobernanza democrática del agua en la región.

Si queremos avanzar en los objetivos del ODS 6, debemos clarificar la naturaleza del desafío a abordar. La crisis global del agua en el mundo, con más de 2000 millones de personas sin acceso garantizado al agua potable, no va a resolverse con estrategias de privatización, mercantilización y financiación del agua. Esos miles de millones de personas, en su mayoría extremadamente empobrecidas, no ofrecen una oportunidad de negocio para nadie, sino que plantean un verdadero desafío democrático, que los estados y las instituciones multilaterales deben afrontar, asumiendo la prioridad presupuestaria y financiera que requiere el cumplimiento progresivo de los derechos humanos.

La cuestión se complica cuando nos referimos a cuencas y acuíferos transfronterizos, circunstancia que afecta de hecho a 153 países en todo el mundo. Es urgente, al respecto, superar enfoques tradicionales del concepto de soberanía nacional sobre las aguas que nos impiden afrontar los desafíos del siglo XXI, y en particular los riesgos que suscita el cambio climático en curso. De igual manera que los huracanes y las tormentas no entienden de espacios de soberanía nacional, los ríos tampoco distinguen fronteras cuando nos referimos a riesgos de sequía, de crecidas y de inundación. Si queremos desarrollar estrategias efectivas de adaptación al cambio climático, en beneficio de todos y todas, a un lado y otro de las fronteras, se necesitan acuerdos e instituciones de gestión y planificación transfronterizos. Por otro lado, aunque garantizar los derechos humanos y cubrir las necesidades básicas de la población que dependen de la gestión de aguas, corresponde a cada Gobierno en su territorio nacional, en cuencas y acuíferos transfronterizos tal responsabilidad debe forzosamente gestionarse de forma compartida.

Estos acuerdos, no sólo deben referirse a la disponibilidad de caudales, sino a su calidad, al estado de los ecosistemas y a la biodiversidad que sustentan, con la pesca como factor clave en la alimentación de las comunidades ribereñas. La creciente contaminación tóxica del agua, y a través de ella de los alimentos, por actividades mineras legales e ilegales, vertidos industriales y uso masivo de agrotóxicos, abre perspectivas catastróficas para toda la región de América Latina y el Caribe, haciendo del agua un vector de enfermedad y muerte, lo que sin duda alimentará tensiones internacionales en las cuencas compartidas.

La Convención de Aguas de NNUU ofrece principios y criterios de gestión ecosistémica sostenible, equitativa y participativa, que permiten prevenir conflictos y fortalecer la cooperación entre pueblos hermanados tradicionalmente por esos ríos compartidos. Promover su desarrollo debería ser una prioridad regional.

Presentaciones institucionales

Dirección pro tempore de la CODIA. Sr. Rodrigo Sanhueza. Director General de Aguas de Chile

"El desafío que tenemos los países de la región ahora, ad-portas del 2030 y en compromiso con el cumplimiento del ODS 6, es poner en práctica la guía para reducir las brechas existentes, para que en CODIA 2026 la gran mayoría de los países estén más cerca de la seguridad hídrica y de la gestión por cuenca"

La Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas de Chile en el ejercicio de la presidencia pro tempore de la Conferencia de Direcciones y Autoridades Iberoamericanas del Agua (CODIA), celebra con mucho orgullo esta Guía Técnica de Planificación Hidrológica en el Marco de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos dirigida a los países de América Latina y el Caribe.

Agradezco el trabajo colaborativo que se desarrolló para elaborar este documento, liderado por la Secretaría Técnica de CODIA y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), tomando el enfoque y la participación de los planificadores y responsables de las políticas de aguas de distintos países de la región y organismos internacionales. Este proceso sin duda es un gran paso para avanzar de manera decidida en el camino hacia la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6.5.1 de aquí a 2030, cuyo indicador tiene como finalidad implementar la gestión integrada de los recursos hídricos, incluso mediante la cooperación transfronteriza.

La planificación hídrica es una de las tareas que algunos países han logrado avanzar de manera sostenible en el tiempo, pero sigue siendo una labor pendiente de la región, por lo que contar con un instrumento concreto, que sirva de línea base para avanzar en seguridad hídrica con criterios comunes y experiencias exitosas replicables, basada en un enfoque integrado que busca coordinar y equilibrar las necesidades del agua para distintos usos, asegurando la protección del medio ambiente y los derechos de las personas, sustentándose en los principios de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) y Derechos Humanos, es un aporte real para lograr los objetivos de desarrollo sostenible a nivel de cuenca.

La planificación hidrológica puede ser más o menos compleja según varíe el número de cuencas, las capacidades institucionales, la disponibilidad hídrica, la inclusión o no de proyecciones de cambio climático y eventos extremos, la red disponible para el monitoreo hidrometeorológico y base de datos accesible, eventuales conflictos existentes por el agua en el territorio, entre otros factores.

Esta metodología para planificar desde una mirada que integre las aguas subterráneas con las superficiales y considere todos los usos que puedan darse en una cuenca, tomando en cuenta la cantidad y calidad de las aguas para garantizar el consumo humano, preservación ecosistémica, desarrollo socioeconómico y resiliencia frente a eventos climáticos extremos, es un bastón en el cual apoyarse para apresurar la marcha y acercar la posibilidad de cumplir con el ODS 6: garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos, siendo fundamental para el éxito de la aplicación de este documento el disponer de información permanente respecto a las diferentes variables meteorológicas de cada cuenca. Lo cual significa un desafío importante para cada país, en financiamiento, instalación de capacidades, fortalecimiento de relaciones trasfronterizas, construcción de bases de datos robustas, coordinación interinstitucional, entre otros.

El desafío que tenemos los países de la región ahora, ad-portas del 2030 y en compromiso con el cumplimiento del ODS 6, es poner en práctica la guía para reducir las brechas existentes, para que en CODIA 2026 la gran mayoría de los países estén más cerca de la seguridad hídrica y de la gestión por cuenca

Agradecimientos

Equipo redactor y colaboradores

La necesidad de elaborar una Guía técnica de planificación hidrológica con visión GIRH, nace en el seno de la CODIA, en el marco del *"Seminario de Alto Nivel sobre Planificación Hidrológica y GIRH"* celebrado el 19 de marzo de 2018. Sólo por los años pasados desde entonces, es comprensible que la lista de participantes, de una u otra manera, en la elaboración de la Guía, sea larga. Desde los que cogieron rápidamente el testigo y se ilusionaron con la idea, hasta los que han redactado la última línea, pasando por países dispuestos a compartir sus casos de estudio para ilustrar la Guía o los que generosamente han participado en grupos de trabajo específicamente creados para abordar algunos de los temas más complejos que contempla la Guía.

Entre los primeros participantes están: Francisco González Medina (BID), Justo Mora Muñoyerro (Consultor internacional y antiguo funcionario de la Dirección General del Agua), Carmen Jover Gómez-Ferrer (en esos años jefa del Departamento del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento-AECID), Mar Gracia Plana (Secretaría Técnica Permanente de la CODIA) y Pedro Ruano (Tragsatec).

El equipo responsable de la coordinación de los trabajos y la redacción de esta Guía ha estado formado por:

Coordinación de los trabajos
• Natalia Gullón Muñoz-Repiso. Directora técnica del FCAS, AECID. • Mª Emma Orejudo Prieto de los Mozos. Subdirectora de Transición Ecológica, Agua y Lucha contra el Hambre y Oficina del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento, AECID. • Concepción Marcuello Olona. STP-CODIA
Equipo redactor
• Ángel García Cantón. Consultor Internacional. • Mª Ángeles Ramos Collado. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (Tragsatec) • Víctor Manuel Arqued Esquía. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (CEDEX) • Macarena Núñez Díaz. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (Ayesa) • Jorge Prieto Mera. Asistencia Técnica al Fondo del Agua (Ayesa)

Los colaboradores que han aportado sus conocimientos y su trabajo en distintas fases de la elaboración de la Guía, principalmente mediante la aportación de casos prácticos para ilustrarla y hacerla más práctica, compartiendo las experiencias de sus países y también mediante su participación en los grupos de trabajo creados ad hoc para profundizar en algunos de los contenidos imprescindibles de la Guía, han sido:

Argentina

- **Ministerio de Obras Públicas. Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica**
  - Pablo Alfredo Storani
- **Dirección Nacional Política Hídrica y Coordinación Federal, Subsecretaría de Recursos Hídricos**
  - Alexandra Cuasnicu
  - Bárbara Fucito
  - Silvia De Simone
  - Laura Bernstein

Brasil

Presentaciones institucionales

- **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**
  - Flávia Carneiro da Cunha Oliveira
  - Luciana Sarmento
  - Luciana Aparecida Zago Andrade

Chile

- **Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Publicas Chile**
  - Carla Labra
  - Pamela Garcia

Colombia

- **Ministerio de Vivienda**
  - Lorena Del Castillo Ortega

Costa Rica

- **Dirección de Agua del Ministerio de Ambiente y Energía**
  - Herberth Villavicencio
  - Luis Carlos Martínez

El Salvador

- **Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA)**
  - Jorge Castaneda
  - Mario Hernán Pérez Flores
  - Roberto Cerón

España

- **Dirección General del Agua**
  - Andrea Hernández Marín

Honduras

- **Ministerio de Ambiente**
  - Edwin Omar Ramírez Flores
  - Fanny Videl

México

- **CONAGUA**
  - Mónica Guadalupe Camarena Garcia
  - Pamela Alejandra Rojas Hernández

Perú

- **Autoridad Nacional del Agua**
  - Flor de María Huamaní Alfaro
  - Manuel Collas Suárez

Portugal

- **Agência Portuguesa do Ambiente**
  - André Matoso
  - Luis Morbey

República Dominicana

- **Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, INDRHI**
  - Juan Saldaña

Uruguay

- **Dirección Nacional de Aguas**
  - Amalia Panizza de León
  - Adriana Piperno
  - Kevin Ledezma
  - Viviana Pesce

CAF (Banco de Desarrollo de America Latina)

  - Carlota Real

- Fabiana Bianchi

CEPAL (Comisión Económica para America latina y Caribe)

- Mónica Altamirano

CEPE/ONU (Secretaría de la Convención del Agua de la ONU, CEPE/ONU)

- Chantal Demilecamps
- Lucia de Strasser

GWP (Global Water Partnership)

- Fabiola Tábora
- Iván Leonardo Soto Díaz
- Axel Martínez

OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)

- Georges Laumé

SG/OEA (Organización de los Estados Americanos (OEA)

- Mauricio Cerna
- Alexandra Carlier
- Delfina Lervolino

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas)

- Camila Tori

A estos participantes se han sumado distintos colaboradores, que en algún momento de este largo camino han aportado sus conocimientos, apoyo y consejos, para que esta guía vea la luz tal y como se la presentamos: Teodoro Estrela (antiguo Director General del Agua), Federico Estrada (Director del Centro de Estudios Hidrográficos-CEDEX), Virginia Barbancho (STP-CODIA) Aurora Moreno y Carolina Mínguez (Diseño y Comunicación: Asistencia técnica al FCAS-Tragsatec) e Isabel Santías (Asistencia técnica al FCAS-Tragsatec).

También esta Guía ha contado con la participación de los diseñadores y el equipo informático de AE-CID, Tragsatec, Ayesa y con la valiosa aportación de fotografías e imágenes por parte del INDRHI de República Dominicana y ONGAWA.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han contribuido a la elaboración de esta Guía. En especial, extendemos nuestro reconocimiento a los representantes de los países miembros de la CODIA y a las entidades colaboradoras, cuya participación ha sido clave para su desarrollo. Gracias a su valiosa contribución técnica, compromiso y colaboración, ha sido posible su desarrollo. Su aporte ha permitido dar a la Guía un enfoque práctico y adaptado a las necesidades específicas de la Región.

[1] Objeto y alcance de la Guía de planificación hidrológica

[1.1] Objeto y antecedentes

[1.1.1] La Guía en el marco de la CODIA y el FCAS

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y la Planificación Hidrológica son, desde hace años, parte fundamental del Programa de Trabajo que desempeña la CODIA en la región, motivo por el que se han llevado a cabo numerosos seminarios, diálogos técnicos y actividades de formación para promover el desarrollo de la GIRH. En 2021 se elaboró un análisis exhaustivo sobre el **grado de implementación del indicador 6.5.1** en la región, en el que se concluía que, si bien existían grandes diferencias en el desarrollo de la GIRH entre unos países y otros, el índice regional indicaba un bajo desarrollo que dificulta la gestión de los recursos hídricos tanto nacionales como compartidos entre dos o más países.

En esta línea, ya en el documento de conclusiones del **Seminario de Alto Nivel sobre Planificación Hidrológica y GIRH** celebrado el 19 de marzo de 2018, incluido dentro de las conclusiones de la III InterCODIA, se señaló que *se consideraba de interés* ***"la elaboración de una Guía técnica para la elaboración de planes de cuenca con visión de GIRH que aproveche la experiencia acumulada en la Región y dé respuesta a las dificultades encontradas en la elaboración de los planes de GIRH"***. **Se indicó asimismo que "*La guía debe ser particularizada para la Región, para ello es clave la implicación de los países e instituciones y la aportación de casos de estudio*"**.

En la XIX CODIA, celebrada en noviembre de 2018 en La Antigua (Guatemala), el Fondo del Agua (FCAS-AECID), en coherencia con el impulso al cumplimiento de los ODS, presentó una Nota conceptual sobre la elaboración de la Guía. El FCAS promueve con sus actuaciones la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) como forma de garantizar la sostenibilidad y la gobernanza del sector y todo ello con un **enfoque de derechos humanos** que asegure, entre otros, la inclusión de los sectores de la población desfavorecidos, en línea con las prioridades y el enfoque definidos por el Plan de Actuación Sectorial de Agua de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y el Plan Director de la Cooperación Española.

La nota presentada en la citada XIX CODIA, incluía tanto una descripción de los contenidos para la guía de planificación como una propuesta de hoja de ruta para su elaboración, con un carácter claramente participativo para incorporar la experiencia y la visión de los países e instituciones del ámbito de la CODIA. En la Nota conceptual, el contenido de la Guía se estructuró en los tres bloques siguientes, que han sido recogidos en los correspondientes aparados y capítulos de la Guía de planificación hidrológica:

- **Bloque I:** Punto de partida. Que centra el foco en lo que se demanda a la planificación hidrológica desde la legislación de aguas en Iberoamérica y en la institucionalidad del agua con la que se cuenta para elaborar e implementar los planes. Presentado y discutido en la XXIII CODIA, en República Dominicana. (**apartado 1.1.2** de la Guía)
- **Bloque II:** Marco conceptual. Que sienta conceptos básicos generales sobre lo que es y lo que se puede esperar de un plan hidrológico con visión de GIRH. Presentado y discutido en la XXIV CODIA, en Cuba. (**apartado 2.2. de la Guía**)
- **Bloque III:** Contenido y tareas. Su objetivo es describir el contenido y las tareas a realizar para elaborar e implementar un plan hidrológico con visión de GIRH, así como las fases a considerar en este proceso, con especial incidencia en la participación pública. (**Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico**)

Para la elaboración del denominado Bloque III, **se ha contado con la colaboración de los países integrantes de la CODIA y las instituciones relacionadas**, haciendo posible la **elaboración participativa** de la Guía. Las principales vías de colaboración y participación han sido:

- Aportación de **casos prácticos** ilustrativos de metodologías y procedimientos utilizados en los países para la elaboración de los instrumentos de planificación y la implementación de la GIRH.(**casos prácticos**).
- Participación en los **grupos de trabajo** que se han creado ad hoc para enfocar algunos de los temas más críticos a la hora de elaborar un plan hidrológico, como son: la consideración de

fenómenos extremos y cambio climático, financiación de los planes hidrológicos y participación pública. Compartiendo opiniones, sugerencias e inquietudes de países e instituciones. (**grupos de trabajo**).

- Participación en la reunión de presentación de la Guía en formato web y recogida de opiniones y sugerencias de países e instituciones, celebrada el 22 de julio de 2025.

Este **proceso participativo (Equipo redactor y colaboradores)**, indispensable para conseguir una guía adaptada a la diversidad de la Región, ha sido muy enriquecedor. Se **pretende que la Guía sea una herramienta dinámica**: el avance de la planificación hidrológica en los países integrantes de la CODIA permitirá revisar, actualizar y completar el contenido de la Guía. Es decir, se trata de disponer de una herramienta realmente adaptada a las necesidades de los países y por lo tanto es importante su consideración como una herramienta dinámica.

Los **objetivos estratégicos** con los que se plantea la elaboración de la Guía se encuentran directamente relacionados con los acuerdos alcanzados en el marco de la CODIA, resumidos en la **necesidad de avanzar en los países en la implantación de la GIRH para garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos aprovechando la experiencia acumulada en la región**, lo que está totalmente alineado con el cumplimiento del ODS 6.

De forma específica, el desarrollo de esta Guía permite un **enfoque integrador de la planificación hidrológica en el ámbito de la CODIA**, posible gracias a las aportaciones de las instituciones encargadas de la gestión del agua de los distintos países junto con las instituciones de carácter internacional (UNESCO, GWP, OEA, BID, CAF, BM, entre otros). Esta Guía facilita el **entendimiento común del proceso de planificación hidrológica la Región, en cuanto a tipología de información necesaria, procedimientos a seguir y metodologías a aplicar, teniendo en cuenta las particularidades de cada país**, lo que supone un paso importante en la colaboración en la gestión hídrica. Al mismo tiempo se abre una vía a la utilización de la Guía de forma subsidiaria en los aspectos que desde el punto de vista de cada país y, de acuerdo a su desarrollo normativo, merezcan mayor detalle, desarrollo o consideración específica.

Se trata de una **guía de procedimientos y metodologías** que se ha desarrollado pensando en que pueda ser utilizada para consultar y conocer cómo abordar temas concretos (capítulos o apartados) en un plan hidrológico, así como para plantear desde el inicio la elaboración completa de un plan. En cualquier caso, se recuerda que esta Guía, aunque ha sido desarrollada con el acuerdo de los países de la CODIA, su utilización no supone ninguna obligatoriedad para estos.

Para determinados capítulos o apartados del Plan, la Guía ofrece **metodologías completas, aplicables en casos de información disponible suficiente, y metodologías simplificadas**, para aquellas cuencas o países donde no existe información que permita un estudio/análisis pormenorizado. Dado que la planificación hidrológica es un proceso iterativo, se espera que en posteriores ciclos de planificación se disponga de la información suficiente para avanzar en el detalle de los estudios y análisis necesarios para la elaboración del plan.

Por último, conviene hacer hincapié en que la Guía se ha desarrollado con una **visión de la planificación hidrológica basada en un enfoque integrado que busca coordinar y equilibrar las necesidades del agua para distintos usos, asegurando la protección del medio ambiente y los derechos de las personas**. Por lo tanto, se sustenta en los principios de:

- **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)**
- **Derechos Humanos**

La aplicación de estos principios a la hora de concebir la Guía, ha desembocado directamente en la necesidad de **dar al plan hidrológico un contenido específico coherente con el cumplimiento de dichos principios**, es decir, teniendo en cuenta que: el agua es un bien económico, ambiental (protección) y social, es necesario garantizar su disponibilidad con criterios de sostenibilidad, hay que priorizar los usos y alcanzar el adecuado nivel de calidad y garantía de suministro de agua, se deben garantizar el reparto equitativo**,** la participación pública, la gobernanza inclusiva y transparente, la coordinación entre planificaciones sectoriales, el seguimiento y revisión del plan (proceso cíclico), etc., por lo tanto, **habrá que desarrollar los trabajos y llevar a cabo todas las tareas que permitan concretar y definir estos aspectos imprescindibles para el desarrollo de un plan con visión GIRH y enfoque de derechos humanos**.

[1.1.2] Punto de partida: Análisis del marco legal e institucional en relación con la GIRH y la planificación hidrológica en el ámbito de la CODIA

Dando respuesta a la estructura y desarrollo propuesto para la Guía que se presentó en la XIX CODIA, se llevó a cabo el informe del **Marco legal e institucional en relación con la planificación hidrológica en Iberoamérica**, en base a la información de los distintos países, con el objetivo de ***caracterizar regionalmente, para los países del ámbito de la CODIA, el papel de la GIRH y la planificación hidrológica desde las perspectivas normativa e institucional, con vistas a la elaboración de la Guía Técnica de Planificación Hidrológica con visión de GIRH en el ámbito iberoamericano.***

Este informe se presentó y debatió en la XXIII CODIA celebrada en República Dominicana entre los días 26 al 28 de octubre de 2022, en la **Sesión: "Institucionalidad y Planificación Hidrológica** en el marco de la Gestión de los Recursos Hídricos. Una mirada regional para avanzar en los marcos de gobernanza en la gestión del agua", correspondiente al SEMINARIO REGIONAL DE ALTO NIVEL: CAMINO A LA CONFERENCIA DEL AGUA DE 2023. Las conclusiones de la Conferencia en relación con este tema se presentan a continuación:

> *PRIMERA. Se recalca la importancia de considerar el agua como derecho humano desde los niveles más altos del ordenamiento jurídico de los países.*
>
> *SEGUNDA. La planificación hidrológica es un proceso complejo y cíclico. Debe considerarse como un proceso a largo plazo participativo, dinámico, adaptativo y continuo. Por lo tanto, es preciso dar continuidad al proceso planificador, pasando de la elaboración de los planes a su implementación.*
>
> *TERCERA. La cuenca se presenta como una unidad fundamental en la planificación hidrológica donde los recursos deberán gestionarse conjuntamente ya sean convencionales (superficiales y subterráneos) y no convencionales (desalación, reúso).*
>
> *CUARTA. Es necesario completar, actualizar y desarrollar el marco normativo para implementar de manera efectiva la GIRH y la planificación hidrológica. El marco normativo debe establecer cómo debe llevarse a cabo el proceso de planificación hidrológica.*
>
> *QUINTA Se precisa de capacitación, innovación y recursos financieros a lo largo de todo el proceso de planificación (desarrollo, implementación, seguimiento y revisión). La guía técnica de PH tendrá que alinearse con las cinco componentes del Marco Acelerador del ODS6: financiación, información, gobernanza, innovación y gobernanza.*
>
> *SEXTA. Es imprescindible incorporar el cambio climático en el proceso planificador, aprovechando para impulsar la innovación y la tecnificación en la gestión del agua. Las deficiencias en la gobernanza hídrica en los países se multiplican con el cambio climático.*
>
> *SÉPTIMA. Los puntos críticos para seguir avanzando en la gestión integrada de los recursos hídricos son: (1) Ley de aguas con visión de GIRH y desarrollo normativo completo, ordenado y conexo; (2) Desarrollo de normativa de depuración de aguas residuales; (3) Acuerdos para la gestión de recursos hídricos (cuencas y acuíferos) compartidos de forma extensiva; (4) Coordinación interinstitucional; (5) Definición del régimen económico-financiero y régimen sancionador; (6) Información: redes de medida y sistema de información; (7) Establecimiento de plazos en la otorgación de títulos administrativos para el uso privativo de los bienes de dominio público; (8) Participación*

Este informe, considerado el punto de partida para la elaboración de la Guía, dio lugar a las conclusiones que se exponen a continuación en tres ejes de análisis:

A. Marco general normativo e institucional del agua en el ámbito de la CODIA.
B. Marco normativo e institucional de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el ámbito de la CODIA.
C. Marco específico normativo e institucional para la planificación hidrológica en el ámbito de la CODIA.

Conclusiones en relación con el Marco general normativo e institucional del agua en el ámbito de la CODIA

Marco normativo

- **Ordenamiento jurídico** en materia de aguas **disperso** y, **en algunos casos, inconexo**.
- Sería deseable que los países dispusieran de un ordenamiento jurídico en materia de aguas claro, bien estructurado y que abarcara todos aquellos aspectos de trascendencia para la gestión de los recursos hídricos, especialmente en un entorno cambiante, totalmente condicionado por el cambio climático.
- El **68%** de los países dispone de una **normativa básica** de aguas, específica y vigente, **pero no siempre actualizada ni moderna**. Es prioritario aspirar a tener una legislación de aguas moderna, completa e integral con visión GIRH.
- Existe una importante escasez reglamentaria o de desarrollo normativo de las leyes básicas. El 40% de los países de la región disponen de un reglamento actual que desarrolla su ley de aguas.
- Prácticamente la totalidad de los países de la región (CODIA) consideran el agua como un **bien de naturaleza pública**.
- **Acuerdos para la gestión compartida de recursos hídricos transfronterizos**. La mayoría de los países de la región han firmado, en casos específicos, acuerdos de este tipo, algo habitual en estas regiones ya que se comparten muchos cursos de agua y muchos acuíferos y hay muchos intereses entre los países en protegerlos, a pesar de esto, **no es una práctica que se haya llevado a cabo de forma extensiva para todos los recursos hídricos compartidos, sino sólo en casos concretos.** La situación se **agrava en el caso de acuíferos compartidos.**
- Aproximadamente **el 86% de los países miembros de la CODIA disponen de algún tipo de regulación (normativa) relativa al abastecimiento de agua potable y el saneamiento,** a pesar de ello, todavía hay muchas **carencias normativas**, incluso teniendo en cuenta los esfuerzos y las intenciones de los países. Este porcentaje baja, en **América Latina y El Caribe** si lo que se valora es la existencia de **regulación de depuración de aguas residuales, a un 58%** de los 19 países.

Marco institucional

- Existencia, en algunos países, de multitud de organismos con competencias en materia de recursos hídricos**, duplicidades**.
- **Dispersión de competencias** entre organismos públicos, lo que en algunos casos puede hacer **perder eficacia y efectividad**.
- **Falta de coordinación** entre los organismos con competencias en materia de recursos hídricos.
- Gran variedad de tipologías para las administraciones de las cuencas hidrográficas en muchos casos **sin poder ejecutivo**.
- Falta definición de los mecanismos para favorecer la **transparencia de las instituciones y la rendición de cuentas.**

Conclusiones en relación con el marco normativo e institucional de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en el ámbito de la CODIA

Naturaleza jurídica de los recursos hídricos y bienes asociados y sistemas de adquisición de derechos de uso

- La **gran mayoría** de los países apuestan por una **naturaleza pública del recurso hídrico**. Considerar el recurso como bien público **no conlleva necesariamente una protección máxima en la práctica ya que depende de la legislación que lo respalda y los organismos que lo protegen.**
- **Prácticamente la totalidad** de países de la región tiene, en su normativa relacionada con el agua, **definidos actos administrativos mediante los cuales se otorga el derecho al uso de los recursos hídricos** y, en algunos casos, sus bienes asociados. Ahora bien, el grado de definición del sistema de adquisición de derechos en el ordenamiento de aguas es muy variado.
- Es habitual encontrar que son **autoridades distintas las que otorgan los títulos de adquisición de derechos de uso**, especialmente autoridades de distinto nivel territorial (nacional, regional y local).

Las Cuencas Hidrográficas

- En el **90% de los países del ámbito de la CODIA las cuencas hidrográficas están definidas como las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos**. De acuerdo con el concepto de GIRH, éstas constituyen la unidad territorial más apta para gestión de los recursos hídricos. Este concepto está perfectamente asumido y por lo tanto la cuenca hidrográfica se entiende como unidades administrativas de gestión en los territorios, ámbito de implementación la GIRH. Sin menoscabo de la necesidad de contemplar unidades que permitan la gestión eficaz y adecuada de los recursos hídricos.
- Aunque en muchos países de la región se tiene presente, incluso se han establecido mecanismos de relación y coordinación a distintos niveles territoriales, es necesario recordar la necesidad de **vincular los límites administrativos con la gestión de los recursos hídricos a nivel de cuenca hidrográfica. Al mismo tiempo que se establecen las relaciones cuenca → subcuenca → microcuenca.**

Régimen económico-financiero y régimen sancionador (infracciones y sanciones)

- Los Códigos de Aguas, sus reglamentos o la normativa de distinto rango que regula la gestión de los recursos hídricos, establece en los países de la región, mayoritariamente, el pago de tasas y/o cánones y/o tarifas. La **profundidad del tratamiento de dichos aspectos es, en general, somera** y en muchos casos no se menciona los principios de **"recuperación de costes"** ni de **"quien contamina**, **paga"**.
- La figura de la "**policía de aguas**" **o equivalente** tiene unas competencias en general dispares en los países de la región, estando su labor, muchas veces **focalizada en algún aspecto muy concreto, en general, vinculado al control medioambiental.**

Registros de usuarios

- De forma mayoritaria en la legislación de los países de la región **se contempla esta figura** y por lo tanto la necesidad de llevar un registro de usuarios del agua. Esta es la teoría legislativa, lo que no determina este dato es que se hagan efectivos estos registros.

Redes de medida y sistemas de información

- La **necesidad** de disponer de redes de monitoreo y sistemas de información del agua **se contempla de forma variada** en el marco normativo de los países de la región en cuanto a alcance conformación y objetivos. En algunos casos la citación en dicha normativa se refiere sólo al tratar las competencias de las autoridades o instituciones.
- De forma general son **escasas las menciones expresas a las redes de control y los sistemas de información en el caso de cuencas y acuíferos compartidos.**

Abastecimiento, saneamiento y depuración

- De forma general el abastecimiento, el saneamiento y la depuración de las aguas residuales en los países de la región de América Latina y El Caribe es de competencia nacional, donde el **Estado actúa como entidad reguladora y en ocasiones también como prestador de servicios, aunque es habitual que la prestación del servicio se delegue a otros niveles administrativos**, generalmente municipalidades, o se comparta.
- La prestación de servicios de agua, saneamiento y depuración la hacen mayoritariamente **empresas públicas o mixtas, aunque también hay países donde se lleva a cabo, según las circunstancias, por empresas privadas**. En poblaciones rurales estos servicios se llevan a cabo por organizaciones comunitarias. **Estos servicios son parte esencial de la gestión integrada de los recursos hídricos**.

Regadíos

- En algo más del **70% de los países de la región se ha podido constatar la existencia de normativa específica** que regula la gestión del regadío ya sea de forma específica o en el marco de la gestión agrícola y el desarrollo rural, y ya sea a nivel nacional o a nivel provincial o estatal.
- Institucionalmente, es **habitual la existencia de ministerios de agricultura, desarrollo agropecuario, desarrollo rural** o cualquier otra denominación, con funciones de fomentar el desarrollo agropecuario rural y forestal, el manejo sostenible de tierras, la agricultura, la silvicultura y la pesca, de fortalecer la producción agropecuaria mediante la aplicación de los adecuados niveles tecnológicos, etc. dependiendo de los países.
- Es importante destacar la **existencia de normativa que ampara la constitución de Comunidades, Juntas o Asociaciones de regantes,** definiendo los procesos de conformación, su naturaleza jurídica, su estructura organizativa, su funcionamiento interno y sus atribuciones. Estas comunidades o asociaciones juegan un papel fundamental en el día a día de la gestión del agua con fines agrícolas, lo que repercute, indudablemente en el ámbito de la administración general del agua.

Usos hidroeléctricos, recreativos y otros usos

- En relación con los usos **hidroeléctricos, recreativos y otros usos**, éstos, de forma mayoritaria, son considerados de forma específica en la normativa de aguas de los países, con sus correspondientes particularidades
- Es habitual en la región que el marco normativo de aguas designe los organismos competentes también para este tipo de usos y que se defina en su ordenamiento jurídico general el **modelo de gestión en el sector energético**, con diferencias importantes entre los países de la región.
- Hay que destacar, además de la inclusión de este tipo de usos en la normativa general de aguas de los países, la existencia de normativa específica sectorial.

Conclusiones en relación con el marco específico normativo e institucional para la planificación hidrológica en el ámbito de la CODIA

Instrumentos previstos. Objetivos, conceptos y definiciones

- En los **últimos quince años**, se ha realizado un **gran esfuerzo en la región en la implementación de la GIRH** mediante instrumentos de planificación, ya sea en el marco de una ley de aguas, en marcos de políticas hídricas, e incluso sin disponer de dichos marcos regulatorios.

- En ciertos países de la región, aunque a la planificación hidrológica se le haya dado una gran importancia, el **desarrollo normativo** en este sentido es **poco concreto o está disperso**, más citado entre las funciones de las administraciones implicadas que de forma específica.
- La **casuística es variada en cuanto a la tipología de planes** referidos a la gestión de los recursos hídricos: hidrológicos o de gestión de recursos hídricos, planes de manejo de cuencas, planes medioambientales. Los instrumentos citados en el ordenamiento jurídico de los países no son totalmente equivalentes ni responden de forma estricta a los mismos objetivos.
- La **envolvente de los objetivos de la planificación hidrológica** en la región se resume en: promover el uso sostenible del recursos hídrico conservando el mismo en cantidad y calidad; equilibrar la oferta con la demanda de agua alcanzando su adecuada satisfacción; incrementar la disponibilidad del recurso en cantidad y calidad; y realizar un uso eficiente del agua, sus recursos y ecosistemas, todo ello en armonía con el desarrollo económico y social a nivel nacional, regional y local, con el medio ambiente y los demás recursos naturales. En las normativas más recientes está muy presenta la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos.

Ámbito geográfico de los planes

- La vinculación de la cuenca hidrográfica a la planificación hidrológica es común en los países de la región que disponen leyes de aguas modernas o con cierta tradición en la implantación de la GIRH. Hay países que por su tamaño y la entidad de sus cuencas hidrográficas optan por un nivel de planificación nacional, frente a otros que consideran necesario para su adecuada gestión hídrica desarrollar planes hidrológicos a nivel de cuenca hidrográfica. En este sentido, hay que **anticipar que en muchos casos la relación entre la planificación a nivel nacional y la de nivel de cuenca** es difusa en las normativas de aguas de los países de la región.
- La definición de las cuencas hidrográficas es un **aspecto a mejorar**. Sumado a esto y sin olvidar que la gestión integrada implica la **gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas**, hay que reconocer importantes **deficiencias en la delimitación de acuíferos en la región y en su conocimiento**.
- Aun teniendo en cuenta que un alto porcentaje de los recursos hídricos de América Latina proceden de **cuencas y acuíferos compartidos**, es muy **poco frecuente la existencia de planes "conjuntos" de aprovechamiento para estos recursos.**

Alcance y contenido de los planes

- La definición del **alcance y contenido** de los instrumentos de planificación **se contempla de forma dispar** en la normativa vigente de los países de la región. **En general** las referencias a estos aspectos ya sea en normativas de diferentes rangos o documentos subsidiarios, son **de poco detalle**.
- No es estrictamente necesario que la legislación se extienda en estos aspectos. Hay países que han desarrollado guías o documentos de directrices o lineamientos que aportan contenidos, metodologías, procedimientos, etc. de gran valor y practicidad. Se considera de gran utilidad disponer de una guía de planificación hidrológica para la región que pueda tener, si el país así lo decide, ese **carácter subsidiario.**

Procedimiento de elaboración y aprobación

- Las **tareas que deben llevarse a cabo para alcanzar los objetivos** de los planes hidrológicos deberían estar definidas de acuerdo a cada uno de los contenidos establecidos. **Son minoritarios los países que, en su marco regulatorio, entran en este detalle**.
- En cuanto a la participación y consideración de todos los sectores implicados en la planificación hidrológica, hay que destacar que, de forma general, **la participación en relación con la gestión de los recursos hídricos está implícita en la política y normativa de los países de la región, aunque otra cosa es que se explicite para el caso concreto de los planes hidrológicos.**
- **Son minoritarios** los países en los que se establece claramente cuál es el **procedimiento de aprobación de los planes hidrológicos**, se incluye la necesidad de su aprobación, pero sin detallar el procedimiento para que esto se haga efectivo.

Órganos de planificación y participación

- De forma general, existen en cada país de la región, instituciones, de distinto rango cuya competencia es la gestión de los recursos hídricos y la elaboración de los planes hidrológicos o los planes de manejo de cuencas, dichas instituciones pueden ser distintas según el ámbito territorial en el que tienen competencias y el nivel de planificación. **La definición de estas instituciones en la normativa de los países es diversa.**
- Es habitual en la región encontrar instituciones u organismos **a nivel de cuenca hidrográfica** que participan en la gestión del recurso hídrico con **competencias y medios muy variados**, desde agencias regionales con medios escasos y dependencia total de una autoridad nacional hasta organismos autónomos dotados de medios materiales y humanos y con capacidad financiera para llevar a cabo actuaciones. Junto a estos modelos se conforman organismos o consejos de cuenca (también subcuenca y microcuenca) con un fin fundamentalmente **participativo y consultivo** que **deberían estar implicados en la gestión del agua.**
- Es indudable el espíritu participativo que emana del marco legislativo e institucional de los países de la región, pero **falta definición e institucionalización.**
- Hay una **ausencia generalizada en el establecimiento de procedimientos y medidas de coordinación entre instituciones y organismos**. Aunque suele señalarse una institución como responsable de la elaboración de los planes hidrológicos a veces existe cierta dispersión de competencias.

Coordinación con otras planificaciones sectoriales

- En general, la obligatoriedad de coordinar los planes hidrológicos con otras planificaciones sectoriales **no se encuentra recogida en el ordenamiento jurídico relacionado con la planificación hidrológica de los países. Aunque mayoritariamente la normativa no recoge este aspecto de forma específica**, en algunos países se han creado mecanismos / sistemas / instituciones cuyo objetivo es la coordinación de las planificaciones y la integración de políticas públicas. Es necesario establecer formalmente la necesidad de esta coordinación.

Naturaleza de los planes y financiación de actuaciones

- Mayoritariamente en los países de América Latina y El Caribe, los planes hidrológicos o planes de manejo se definen como **documentos técnicos**. Mientras que los países sometidos a la Directiva Marco del Agua del ámbito de la CODIA, España y Portugal sí definen sus planes como documentos normativos.
- De acuerdo a la información consultada, mayoritariamente la normativa de en relación con la planificación hidrográfica no contempla la necesidad de que los planes hidrológicos incluyan las **medidas o actuaciones a adoptar de forma priorizada con una definición mínima**, pero necesaria, en cuanto a los **responsables** de su ejecución, plazos, ni las posibles fuentes de financiación de las actuaciones y/o la necesidad de identificar las **fuentes de financiación** que permitan llevar a cabo las actuaciones identificadas en el proceso planificador.

Consideración del cambio climático (CC) y fenómenos extremos: sequías e inundaciones

- El impacto del CC implica reducción de los recursos hídricos y aumento de la magnitud y frecuencia de fenómenos extremos como inundaciones y sequías. Es **necesario considerar los efectos del CC sobre los recursos hídricos en los planes hidrológicos y garantizar la consistencia del programa de actuaciones propuesto** para la implementación del plan considerando dicha afección.
- Aunque son numerosos los documentos, políticas, guías, estudios etc., desarrollados, la **obligatoriedad en la normativa vigente** de incluir **escenarios de cambio climático** en planificación hidrológica, así como los **estudios específicos de sequías e inundaciones** o la vinculación de la planificación hidrológica con la planificación relacionada con eventos extremos **no es a día de hoy lo más habitual**.

- En general en los países que se han desarrollado lineamientos, directrices o guías para la elaboración de los planes hidrológicos, sí se contempla la necesidad de consideración del cambio climático y los eventos extremos.

Procedimientos ambientales

- Son muy pocos los países de la región en los que en su normativa hay obligación de someter los planes hidrológicos a procesos de evaluación ambiental.

Seguimiento y revisión de los planes hidrológicos

- Son **muy pocos los países de la región que incluyen** en su ordenamiento jurídico la **obligatoriedad** de llevar a cabo este proceso de seguimiento y revisión de los planes con una periodicidad determinada.

En los países en los que el seguimiento y actualización de los planes está contemplado en su normativa, el **alcance de los requerimientos que se solicitan en dicha normativa es variado**. De forma general, suele especificarse la duración de cada uno de los ciclos de planificación, variando ésta entre los 5 y 10 años, aunque en algunos países es discrecional, según se considere necesario.

[1.2] Alcance y estructura de la Guía

La presente guía de planificación hidrológica ha sido elaborada con el propósito de servir como un **instrumento de referencia para el ámbito iberoamericano**, tomando como base los principios de la **Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y el enfoque de Derechos Humanos** al agua y al saneamiento. Su desarrollo se ha llevado a cabo mediante un **proceso participativo**, incorporando diversas perspectivas y experiencias técnicas e institucionales de la región, lo que le confiere un carácter inclusivo y representativo.

El **alcance** de esta guía queda definido, de forma ineludible, al considerar los principios en los que se basa, el enfoque adoptado y los requisitos que debe cumplir y los objetivos a los que responde según los acuerdos de la CODIA:

- El **ámbito geográfico iberoamericano**, que requiere considerar la diversidad de contextos sociales, ambientales, institucionales y económicos propios de la región.
- Los principios de la **Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)**, que orientan una visión sistémica, participativa y sostenible en la planificación y gestión del agua.
- El enfoque de **derechos humanos**, especialmente el derecho al agua y al saneamiento, que condiciona la garantía de acceso equitativo, asequible y sostenible para toda la población.
- El proceso participativo mediante el cual fue elaborada la guía, asegurando la inclusión de múltiples actores institucionales, técnicos y sociales, y fortaleciendo su **legitimidad y pertinencia**.
- La necesidad de **versatilidad y adaptabilidad**, para responder de manera eficaz a las particularidades y necesidades específicas de cada país o territorio dentro de la región.
- La **integralidad en las tareas** que debe contemplar un plan hidrológico con visión GIRH y enfoque de derechos humanos, abarcando desde el diagnóstico y formulación hasta la implementación y seguimiento.

La guía presenta tres grandes bloques:

1. **Principios generales y recursos técnicos de apoyo para el desarrollo de los instrumentos de planificación y la utilización de la Guía:**
    a. "**Cómo usar esta Guía**". Incluye un documento tutorial y un vídeo.
    b. La **Planificación Hidrológica**. Fundamentos y principios sobre los que se basa la planificación hidrológica y por ende la elaboración de la guía, para dar cumplimiento a los acuerdos de la CODIA.
    c. **Herramientas e información** de apoyo. Que contiene fichas de recursos técnicos para abordar las tareas necesarias para desarrollar un plan, otras guías existentes,

los enlaces a los instrumentos de planificación y sistemas de información de los distintos países miembros de la CODIA, etc.

d. **Casos prácticos** aportados por los distintos países, ilustrativos su experiencia en las distintas tareas a desarrollar a la hora de llevar a cabo un plan.
e. **Grupos de trabajo** que recoge la dinámica y conclusiones de los mismos. Estas conclusiones se han incluido en los correspondientes apartados de la Guía.

2. **Apartados generales:**

   a. **Objeto y alcance de la Guía**.

   b. **Proceso de planificación hidrológica** y criterios para abordar la planificación en el marco de la GIRH.

3. **Contenido y tareas a abordar para la elaboración de un plan, incluyendo otros temas transcendentales en la planificación hidrológica:**
   a. **Contenido y tareas para la elaboración de un plan hidrológico**
      i. **Introducción**.
      ii. **Marco de gobernanza**.
      iii. **Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión**.
      iv. **Usos del agua, balances y asignación de recursos**.
      v. **Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas**.
      vi. **Fenómenos extremos y cambio climático**.
      vii. **Análisis económico y sostenibilidad**.
      viii. **Programa de actuaciones**.
      ix. **Participación pública**.
   b. **La cuestión transfronteriza**.
   c. **Evaluación ambiental del plan**.
   d. **Implementación, seguimiento y revisión del plan**.

La Guía se presenta en **formato PDF y web**. En el formato web esta **estructura y su contenido se reflejan en dos menús principales** (**Tutorial**).
Cada capítulo y apartado se ha redactado de manera que sea entendible por sí mismo, con enlaces a otros apartados de la guía, a herramientas, a otras guías y a casos prácticos que podrán ser consultados si se precisara ampliar la información.
Se trata de una guía de **procedimientos y metodologías** que se ha desarrollado pensando en que pueda ser utilizada para consultar y conocer cómo abordar temas concretos de un plan hidrológico, así como para plantearse de forma integral el plan, desde el inicio hasta el final. Para el desarrollo de determinadas tareas la Guía ofrece metodologías completas, aplicables en casos de información disponible suficiente, y metodologías simplificadas, para aquellas cuencas o países donde no existe información que permita un estudio/análisis pormenorizado.
El avance de la planificación hidrológica en los países integrantes de la CODIA y su experiencia permitirá revisar, actualizar y completar el contenido de la Guía. Es decir, se trata de una **herramienta dinámica**.

Por último, merece la pena recordar que esta Guía, aunque ha sido desarrollada con el acuerdo de los países de la CODIA, su utilización no supone ninguna obligatoriedad para estos. (**objetivo y alcance**).

[2] Proceso de planificación hidrológica y criterios básicos en el marco de la GIRH

[2.1] Etapas del proceso de planificación hidrológica

Actualmente, en un mundo con velocidad de cambio creciente, no puede pensarse en planes fijos, que se establezcan de una vez para siempre o para muchos años, sino en procesos de planificación continuos y adaptativos, cíclicos e iterativos, que mediante aproximaciones y mejoras sucesivas se vayan acercando a una realidad cambiante; ello requiere contar con una organización institucional dedicada a la planificación.

Teniendo esto en cuenta, se propone a continuación un esquema de proceso de elaboración básico. Se plantea exclusivamente como elemento que pueda resultar de utilidad para aquellos países que aún no tengan definido normativamente el proceso de elaboración y estimen oportuno apoyarse en él, una vez adaptado a sus circunstancias específicas, entre las que destaca la institucionalidad del agua existente. La propuesta de proceso comprende las siguientes etapas:

[2.1.1] Etapa previa para la organización y planificación de los trabajos e identificación de actores

Etapa 0: antes de iniciarse la elaboración del plan propiamente dicha, por la autoridad competente, en coherencia con la legislación vigente, se propone elaboración de un documento en el que se defina lo que se quiere realizar y el procedimiento para hacerlo, incluyendo la estrategia de participación, para lo cual se considera imprescindible la identificación de actores que habrá que implicar en este proceso. En este documento que, de manera meramente tentativa, podría denominarse Programa para la elaboración del plan hidrológico de cuenca, se propone que se indique que se va a elaborar el plan, cuál es el fundamento jurídico de dicha elaboración, las tareas que implica, los resultados esperados y las etapas previstas, así como la vía para abordar la relación interinstitucional y los cauces de participación y consulta pública previstos, de manera que pueda producirse intercambio de información a lo largo de la realización de los trabajos. Este documento debería concretar el contenido y alcance del resto de etapas que se reflejan seguidamente. Si el propio ordenamiento jurídico en materia de recursos hídricos del país ya incluye la definición del proceso de elaboración, no es necesario incluirlo en este documento.

Como se ha indicado se trata de un primer documento programático, de declaración de intenciones y procedimientos. Se propone que este documento sea presentado ante todos los interesados, lo cual requiere la identificación previa de todos los actores a considerar en la formulación del plan. Igualmente se propone que se prevea un plazo para la formulación de observaciones a dicho documento ante la administración responsable de la elaboración del plan. Esta formulación de observaciones puede ser una cuestión especialmente relevante si el procedimiento de elaboración y los contenidos no están reflejados en alguna disposición de rango normativo, lineamientos o guías técnicas. Teniendo en cuenta la naturaleza del documento, su elaboración puede ser relativamente rápida.

Las observaciones deben ser analizadas e incorporadas, si procede, a una nueva versión de documento de Programa, en función del grado de regulación del proceso de elaboración del plan en el ordenamiento jurídico de cada país.

[2.1.2] Etapas fundamentales en el proceso de planificación

Etapas fundamentales del proceso de planificación

Etapa 1: Caracterización, diagnóstico y análisis de problemas

Etapa 1: Elaboración por la administración competente para realizar el plan de un documento de caracterización, diagnóstico e identificación de problemas. Este documento, que de manera igualmente tentativa podría denominarse Caracterización, Diagnóstico y Análisis de la Problemática de la cuenca (denominado Diagnóstico de forma resumida) debe integrar y resumir todos los trabajos técnicos básicos realizados para cumplimentar los contenidos mínimos antes señalados para el plan de cuenca y a partir de dichos trabajos, identificar cuáles son los principales problemas a resolver, de manera que en la segunda etapa se procede a definir las soluciones a dichos problemas.

Entre los trabajos básicos a realizar destacan los siguientes, sin ánimo de ser exhaustivo, cabe destacar:

- Evaluación de recursos hídricos
- Análisis de usos y demandas actuales y futuros y análisis de presiones
- Determinación de regímenes de caudales ecológicos
- Evaluación del estado de las aguas
- Análisis económico del uso del agua
- Análisis de la institucionalidad del sector del agua

Para la realización de estos trabajos es necesaria la existencia de una coordinación interadministrativa, tal como se ha señalado en el apartado *Relación de la planificación hidrológica* con otras planificaciones sectoriales. Además de la coordinación interadministrativa es también necesario prever cauces de participación durante esta etapa 1 con el objetivo de incorporar también en los trabajos la información y visión que puedan aportar agentes interesados distintos de la administración. Estos cauces de participación deben quedar definidos en el documento de Programa elaborado en la etapa 0. La elaboración del Diagnóstico, teniendo en cuenta los trabajos necesarios, requiere un tiempo mucho mayor que el documento de programa de la etapa 0.

Esta etapa concluiría con la presentación del documento inicial de Diagnóstico, que sería conveniente someter a consulta pública. El plazo debe ser suficiente para que todos los agentes interesados que lo deseen puedan revisar la documentación y formular sus alegaciones y sugerencias. El plazo dependerá, en primer lugar, del ordenamiento jurídico de cada país, pero, en cualquier caso, se recomienda que no sea inferior a tres meses.

Las alegaciones y observaciones planteadas deben ser revisadas y contestadas, indicando el motivo por el que se consideran o desestiman, de manera que todo el proceso quede documentalmente reflejado y dé lugar a un nuevo documento de Diagnostico tras el proceso de consulta pública.

Etapa 2: Elaboración del plan

Etapa 2: Elaboración, por la administración competente para realizar el Plan hidrológico, del plan de cuenca propiamente dicho. Partiendo del Diagnóstico, se definen las soluciones a dichos problemas.

El documento resultante de esta etapa 2 es la Propuesta de Plan Hidrológico de cuenca, que tras ser sometido a un proceso de consulta pública, dará lugar al Plan hidrológico de cuenca.
La Propuesta de plan hidrológico integra el documento de diagnóstico de la etapa 1 e incorpora también otros contenidos del plan, que constituyen resultados del plan, y permiten resolver los problemas identificados en el documento de diagnóstico, como la asignación y reserva de recursos, la definición de objetivos ambientales o el programa de actuaciones.
Al igual que en el caso del Diagnóstico, la elaboración de la Propuesta de plan hidrológico requiere de coordinación interadministrativa, por ejemplo, para la definición del programa de actuaciones, como ya se ha comentado en el apartado de *Relación de la planificación hidrológica* con otras *planificaciones sectoriales*. Además de la coordinación interadministrativa es también necesario prever cauces de participación durante esta etapa 2 con objetivo de incorporar también en los trabajos la información y visión de las partes interesadas, lo que requerirá disponer para ello de un tiempo inferior o como máximo igual al necesario para la elaboración del documento de Diagnóstico. que puedan aportar agentes interesados distintos de la administración, en particular en cuanto a la repercusión que puede suponer la asignación y reserva de recursos y la definición de objetivos ambientales. Estos cauces de participación deben quedar definidos en el documento de Programa elaborado en la etapa 0.
La elaboración de la Propuesta de plan requiere también trabajos técnicos relevantes, en particular para la definición del programa de actuaciones que permita alcanzar tanto los objetivos ambientales como materializar la asignación y reserva de recursos. Previsiblemente el tiempo necesario será igual o inferior al requerido para el Diagnóstico. El tiempo necesario estará condicionado por los resultados del Diagnóstico.
Esta etapa concluiría con la presentación de la Propuesta de plan hidrológico, que se sometería a consulta pública. El plazo debe ser suficiente para que todos los agentes interesados que lo deseen puedan revisar la documentación y formular sus alegaciones y sugerencias. El plazo dependerá, en primer lugar, del ordenamiento jurídico de cada país, pero, en cualquier caso, se recomienda que no sea inferior a tres meses.
Las alegaciones y observaciones planteadas deben ser revisadas y contestadas, indicando el motivo por el que se consideran o desestiman, de manera que todo el proceso quede documentalmente reflejado y dé lugar a un nuevo documento de que pasaría a ser el Plan hidrológico de cuenca.
Dicho plan, de acuerdo al ordenamiento jurídico del país podrá estar sometido a aprobación. Esto solo tendrá lugar si en dicho ordenamiento está previsto que el Plan hidrológico de cuenca tenga carácter normativo, con independencia de su rango normativo. Si está previsto que el Plan hidrológico de cuenca tenga carácter normativo, el procedimiento de aprobación será el previsto en el ordenamiento jurídico del país, bien específicamente o bien con carácter general para una norma del rango que se le haya asignado.
En caso contrario, el proceso de elaboración del plan culminaría con la definición del Plan hidrológico de cuenca (sometido a participación pública) al que será el final de la etapa 2 y, por lo tanto, el Plan constituiría un documento técnico exclusivamente, sin ser de obligada aplicación.
Cada opción tiene ventajas e inconvenientes. El análisis técnico es condición irrenunciable para la elaboración del plan y contar con un Plan, aunque no sea de obligado cumplimiento, supone disponer de una herramienta fundamental para avanzar en el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos y en la consecución de los objetivos ambientales. Sin embargo, no puede garantizar la consecución de dicho desarrollo, puesto que no tiene autoridad para ordenar ni los usos del agua existentes ni futuros, tal como se ha indicado en el apartado dedicado a la *Relación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales*.

Etapa 3: Implementación y seguimiento del plan

Etapa 3: Implementación y seguimiento del Plan. La implementación del plan se lleva a cabo a través del desarrollo del programa de medidas definido para alcanzar los objetivos previstos en el plan, que básicamente son la atención de las demandas y el buen estado de las aguas, teniendo en cuenta la necesidad de adaptación frente al cambio climático. Como ya se ha indicado, el programa de medidas es el contenido clave para la implementación del Plan.

El seguimiento del plan se deberá llevar a cabo mediante los indicadores definidos y la elaboración de informes periódicos de seguimiento en los que se contemplen aspectos como: evolución de los recursos hídricos en cantidad y calidad, evaluando el grado de avance en la consecución de los objetivos de calidad; evolución de las demandas de agua y su grado de satisfacción y grado de aplicación de las medidas previstas en el plan. Deben contemplarse indicadores tanto del grado de avance del plan con

respecto al cronograma previsto como de los efectos alcanzados en relación con los esperados. Esta es la única vía para aplicar medidas correctivas y poder llevar a cabo la revisión del plan fundamentada en la situación real, dando paso a un nuevo ciclo del proceso planificador.

[2.2] Conceptos y criterios para abordar la planificación hidrológica con visión de GIRH

[2.2.1] Objetivos de la planificación con visión de GIRH

El objetivo genérico de los planes GIRH es la seguridad hídrica, entendida en sentido amplio. Es decir, que el propósito de estos instrumentos de planificación sectorial tiene que ver con asegurar, con un determinado nivel de calidad y garantía, el suministro de agua para los usos socioeconómicos que se demanden. Entre esos usos destaca, obviamente, el abastecimiento de la población, pero también habrá que considerar otros fines que cuentan con el agua como factor de producción para la generación de riqueza y bienestar, tales como el regadío, la producción de energía, las actividades industriales y demás usos económicos del agua. La protección del agua y de los ecosistemas acuáticos está también englobada en esta ecuación, tanto desde el aseguramiento de nuestra salud como desde otros conceptos más generales de protección, donde no pueden quedar ignoradas las creencias tradicionales: «El agua no es un bien comercial como los demás, sino un patrimonio que hay que proteger, defender y tratar como tal».

Importante:

Parece clara la necesidad de especificar y detallar los objetivos de la planificación hidrológica para la implementación de la GIRH en las normas de mayor rango legal posible. Alcanzar los objetivos indicados en el párrafo anterior requiere la coordinación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales, para las cuales los recursos hídricos son un insumo básico, bien de carácter productivo o bien de carácter ambiental.

Disponer de claros objetivos de la planificación ayuda a delimitar el alcance de estos planes, y con ello, a filtrar la tipología y finalidad de las medidas que deberán incorporarse en el programa de actuaciones que acompaña al plan. Obviamente, los planes GIRH son planes integradores, que exigen una importante coordinación con diversas políticas y planificaciones sectoriales, cuyas medidas particulares podrán trasladarse al programa de actuaciones que acompaña al plan GIRH en la medida en que resulten sinérgicas para el logro de sus objetivos. Así, en el marco de los objetivos generales mencionados, merece una consideración particular el tratamiento que en estos planes hidrológicos se dé a sequías e inundaciones, cuyos efectos indeseados amenazan tanto la seguridad hídrica como la protección ambiental.

Al hablar de los resultados de la planificación hidrológica se tratará la consideración de fenómenos extremos de ocurrencia coyuntural, como sequías e inundaciones, asumiendo que se trata de problemas que el plan hidrológico deberá identificar en tanto que están relacionados con los objetivos de la planificación y que, en consecuencia, sus medidas puedan tener cabida en el programa de actuaciones, sin perjuicio de que para abordar con detalle su gestión y mitigación se pueda recurrir a la elaboración de planes específicos, planes para los que resultará muy recomendable que queden establecidos sobre el mismo ámbito territorial que el de los planes hidrológicos.

Criterios para la definición de los objetivos de la planificación hidrológica

Definición de objetivos

La planificación hidrológica con visión de GIRH tiene dos **objetivos básicos**, ambos directamente vinculados a los recursos hídricos: la **adecuada atención de las demandas en cantidad y calidad y la consecución del buen estado de las aguas**, sin olvidar la importancia de que de que con los planes se contribuya a paliar los efectos del cambio climático, en concreto de las inundaciones y sequías.

Ambos objetivos están **en total sintonía con el ODS 6**, *Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.* Alcanzar los dos objetivos básicos de la planificación supone un avance muy relevante para el cumplimiento de las diferentes metas del ODS 6. Así, de manera meramente ilustrativa, la adecuada atención de las demandas de agua en el ámbito territorial del plan implica, al menos, el cumplimiento de la meta 6.1, *lograr el acceso universal y equitativo al agua potable* y de la meta 6.4 *asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir sustancialmente el número de personas que sufren de escasez de agua*. La consecución del buen estado de las aguas supone alcanzar la meta 6.3, *mejorar la calidad del agua mediante la reducción de la contaminación, la eliminación del vertimiento y la reducción al mínimo de la descarga de materiales y productos químicos peligrosos, la reducción a la mitad del porcentaje de aguas residuales sin tratar* y avanzar en el logro de la meta 6.6 *proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos*.

Un **plan hidrológico** debe estar **focalizado en la consecución de los dos objetivos indicados**. Esta característica lo diferencia de otro tipo de planes cuya implementación también repercute sobre los recursos hídricos y que pueden contribuir a conseguir estos dos objetivos básicos, pero su consecución no constituye su razón de ser. Por ejemplo, un plan de manejo de suelos que ordene el uso del suelo en las cuencas hidrográficas que forman parte del ámbito territorial de un plan de cuenca, regulando los usos del suelo permitidos y, por tanto, las actividades económicas que pueden soportar, probablemente repercutirá de manera secundaria en una mejora de la calidad del agua al reducir la erosión y, en consecuencia, el aporte de sólidos en suspensión a los cauces, pero no es ese su objetivo esencial, sino la ordenación del territorio.

Se recomienda que los dos objetivos indicados aparezcan como esenciales y prácticamente únicos. No obstante, si en función de las circunstancias de cada país se considera conveniente especificar más alguno de ellos[1] o incorporar alguno adicional, como es lógico, debe hacerse, pero cuidando siempre de no desvirtuar los dos anteriores.

Se considera que la solución más adecuada es la definición de los dos objetivos indicados para la planificación hidrológica en las **normas de mayor rango** en materia de recursos hídricos (ley y reglamentos). No obstante, teniendo en cuenta la dificultad que en muchos casos implica modificar estas disposiciones legales, aún sin abandonar este objetivo, para poder avanzar en la elaboración e implementación de planes hidrológicos puede ser conveniente definirlos en normas de menor rango o incluso en lineamientos o guías técnicas, fácilmente tramitables y modificables.

Definición de criterios para evaluar el cumplimiento de los objetivos

La definición de los objetivos de la planificación con visión de GIRH es un paso básico, pero no suficiente. Es necesario complementarla con el establecimiento de criterios que permitan evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos definidos.

El establecimiento de estos criterios es una **cuestión esencialmente técnica** y, como se indicará después, **susceptible de modificación en el tiempo**, como consecuencia tanto del avance en la implementación de los planes como del avance de la técnica de planificación. Por ello, a diferencia de lo que se ha propuesto como solución óptima para la definición de los objetivos de la planificación, la definición de los criterios técnicos para evaluar su cumplimiento debe ser **objeto de normativa de menor rango**, inferior al reglamento o incluso, si se considera más adecuado, de lineamientos o guías técnicas, con objeto de que su modificación pueda ser ágil.

En definitiva, se trata de contar con un **criterio que determine cuándo se considera que una demanda se atiende adecuadamente** y de otro **criterio que indique cuándo se alcanza un estado de las aguas que se considere bueno**. A continuación se plantean los elementos que se recomienda considerar para definir estos criterios. Cada país deberá decidir cómo los define en función de sus circunstancias particulares y si la definición es única para todo el territorio nacional o bien particularizada por ámbitos territoriales de planes hidrológicos.

[1] Por ejemplo, aquellos casos en los que existan circunstancias relevantes que condicionan la planificación y gestión de los recursos hídricos a nivel nacional o muy generalizado, como la contaminación minera.

Se recomienda tener en cuenta la **gradualidad en la consecución de los dos objetivos** indicados en función de la situación de partida de cada cuenca y país, destacando el **carácter cíclico de la planificación**. En general, no es abordable ni por criterios técnicos ni económicos que el primer plan resuelva todos los problemas del ámbito territorial de planificación en cuanto a satisfacción de las demandas y consecución del buen estado. En particular, esta última concepción con una visión ecosistémica, que integra lo físico químico y lo biológico, considerando también la sostenibilidad de los ecosistemas asociados a las masas de agua, requiere información de redes de medida de parámetros biológicos, habitualmente no disponible en una primera fase. Esta idea de gradualidad debe estar presente en la definición de los criterios que determinan el cumplimiento de los objetivos, adecuando su grado de exigencia al punto de partida de cada ámbito territorial objeto de la planificación.

Criterio para evaluar la atención de las demandas

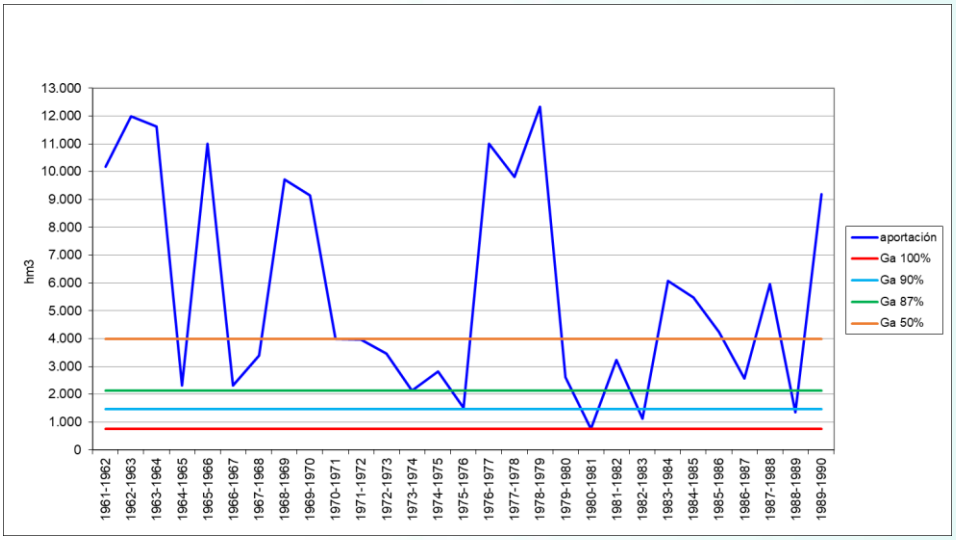
Este criterio debe dar respuesta a la pregunta de **cuándo se considera que una demanda está adecuadamente satisfecha**. Este tipo de criterios en general denominados criterios de garantía o déficit hasta el momento no han sido habitualmente aplicados en la planificación hidrológica en Iberoamérica, donde ha sido más común la aplicación de criterios basados en el análisis de las series de aportaciones. Se resume a continuación la filosofía de este tipo de criterios y se remite a manuales especializados para su explicación detallada.

El fundamento de los criterios de garantía o déficit consiste en admitir que una demanda está adecuadamente atendida a pesar de que no reciba todos los meses del período considerado el suministro que le corresponde. Es decir, se trata de admitir que **un funcionamiento correcto del sistema es compatible con la existencia de ciertos déficits en el suministro de las demandas**. El éxito del criterio de garantía consiste en su capacidad de acotar estos déficits que se consideran admisibles, de manera que los usuarios los perciban como tales y aseguren una calidad admisible del servicio.

Importante:

De lo anterior se desprende que la aplicación de criterios de garantía requiere la realización previa de balances entre recursos y demandas con un detalle temporal suficiente para poder obtener una serie temporal de déficits. El paso temporal habitual para la planificación hidrológica es el mensual.

El interés de aplicar estos criterios radica en la frecuente irregularidad de las series de aportaciones naturales. Por ello, si se adoptara como criterio de garantía facilitar siempre todo el suministro, es decir, inexistencia de déficit alguno, debido a la irregularidad de las aportaciones, en general, la demanda que se podría atender con este criterio sería muy reducida en comparación con la aportación natural o bien las obras de regulación que sería necesario materializar serían de tal magnitud que resultarían antieconómicas. En la figura siguiente se refleja lo anterior.



Demanda a atender y criterios de garantía o déficit.

En la figura, correspondiente a un caso real, se refleja la serie de 30 años de aportaciones anuales naturales en una cuenca hidrográfica. Puede apreciarse que se trata de una cuenca con una irregularidad interanual muy importante. De manera muy simplificada y sin realizar obra de regulación alguna, si se considera que la demanda está correctamente atendida solo si siempre recibe el total del suministro, la máxima demanda[2] que se podría atender coincidiría con la aportación mínima anual de la serie, que asciende a 761 hm^3. Este valor de demanda podría tener una garantía temporal anual del 100%, es decir, podría suministrarse todos los años sin déficit alguno. En cambio, si se admite que un número reducido de años no se suministre el total de la demanda, por ejemplo el 10% de los años (3 años en una serie de 30 años) podría atenderse una demanda anual máxima de 1.476 hm^3. Es decir, en este caso, solo modificando el criterio de garantía temporal anual del 100% al 90%, se consigue incrementar la demanda a atender en un 94%. Si se admite que el número de años con déficit sea de 4 en vez de 3, es decir, garantía temporal anual del 87%, la demanda anual que podría atenderse sería como máximo de 2.136 hm^3, es decir, prácticamente el triple de la correspondiente al 100% de garantía. Queda patente, por tanto, a pesar de las simplificaciones, el interés de la definición de un criterio de garantía para la planificación y gestión de los recursos hídricos.

Como es lógico, para determinar el criterio que finalmente se aplique debe verificarse si la ocurrencia de los déficits permitidos es razonablemente asumible por la actividad que genera la demanda. Como es lógico, dicha actividad se verá afectada por los déficits de suministro, pero debe evaluarse si el grado de afección es compatible con la subsistencia de la actividad. Así, considerando la figura anterior, si la demanda a atender es agraria, con los déficits asociados a la garantía del 90% o del 87%, la producción se vería mermada los años con déficit, pero previsiblemente el suministro sería suficiente para da riegos de emergencia que permitieran tanto la supervivencia de los cultivos de ciclo hiperanual (leñosos) como la obtención de una cierta producción asegurando, además, la supervivencia de los cultivos de ciclo hiperanual. En cambio, no resultaría viable adoptar una garantía temporal anual del 50%, puesto que tanto la magnitud de los déficits anuales como su distribución temporal serían incompatibles con el mantenimiento de la actividad agraria.

Básicamente pueden establecerse **tres tipologías de criterios de garantía**:

- **Criterios de garantía volumétrica**: adoptar una garantía de x% supone considerar admisible un volumen de déficit de (100-x)% del volumen que debería haberse suministrado en todo el período considerado si el suministro hubiese sido completo. Se basan en la magnitud del déficit. Tienen el inconveniente de no considerar el periodo en el que se produce el déficit. Es decir, una garantía volumétrica elevada (por ejemplo 95%), podría ser compatible con la concentración en un año

[2] Se está efectuando la simplificación de concentrar la demanda al final de la cuenca y de no considerar restricciones ambientales.

de todo el déficit, de manera que el suministro ese año podría ser prácticamente nulo, lo que, en principio, no sería admisible en la práctica.

- **Criterios de garantía temporal**: adoptar una garantía temporal del x% supone considerar admisible que en (100-x)% del número de intervalos (meses o años) del período considerado el suministro es inferior a la demanda correspondiente a dicho período. Se basan en contabilizar el número de períodos con déficit. Tiene el inconveniente de no considerar ni la magnitud del déficit que se produce en cada intervalo de tiempo (influye de igual manera en el cumplimiento del criterio de garantía que el déficit en un período de tiempo sea el 100% de la demanda o el 1% de la demanda), ni la distribución temporal de dichos períodos de déficit. Es decir, una garantía temporal elevada, por ejemplo del 95%, sería compatible con que el déficit en uno de los períodos fuese total o con que se produjeran muchos períodos de déficit consecutivos. Ambas circunstancias, en principio, podrían no ser admisibles en la práctica.
- **Criterios mixtos**, que combinan un nivel mínimo de garantía volumétrica y temporal, con objeto de subsanar los inconvenientes indicados derivados de considerar aisladamente el elemento volumétrico o el temporal.

Dentro de estos criterios, que combinan el análisis de la distribución temporal del déficit y de su magnitud, destacan los denominados tipo Utah. Se trata de criterios que admiten déficits aislados de magnitud importante y déficits reducidos frecuentes[3].El criterio a emplear debe ser variable en función del uso del agua de que se trate, de manera que a mayor prioridad del uso de acuerdo con la legislación de cada país, mayor exigencia en el criterio de garantía. Así, el criterio más exigente (garantía volumétrica, temporal o combinación de ambas, mayor) será el de las demandas de abastecimiento humano. Puede haber tantos criterios de garantía como usos del agua.

Como ya se ha indicado, según decida cada país, el criterio de garantía para cada uso puede ser único a nivel nacional o bien variable en función de las circunstancias hidrológicas o de prioridad asignada a cada uso del agua en cada plan hidrológico. No obstante, puesto que el derecho al agua es considerado en buena parte de los países de la región como un derecho humano y el criterio de garantía va asociado a la calidad del suministro, se recomienda que para el abastecimiento de población el criterio sea único a nivel nacional con el fin de garantizar la igualdad de derechos en todo el territorio. No obstante el principio general anterior, cada país debe analizar también la conveniencia de diferenciar criterios entre el abastecimiento rural y el urbano en función de sus características.

Se recomienda que la definición del criterio a emplear para cada uso (tipo y valor) sea adoptada por cada país teniendo en cuenta, al menos, el análisis de las demandas que incumplen cada uno de los criterios tanteados. Se recomienda tener en cuenta que si una demanda incumple el criterio de garantía se considera que no está atendida y, por tanto, en el plan deben definirse, y después implementarse, las medidas necesarias para que pase a estarlo. En consecuencia, debe analizarse si es factible acometer las actuaciones requeridas para que todas las demandas pasen a cumplir el criterio de garantía o, en caso contrario, plantear un criterio menos exigente.

Esto puede ser especialmente relevante cuando se trata del primer plan hidrológico. Teniendo en cuenta el carácter cíclico y adaptativo de la planificación, así como la gradualidad en la consecución de los objetivos en función de la situación de partida, se recomienda empezar el proceso de planificación con unos criterios que garanticen un suministro que sea percibido por los usuarios como suficientemente satisfactorio en relación con su situación de partida previa a la elaboración e implementación del plan, que permita un grado de cumplimiento de las demandas de todos los usos compatible con las

[3] A efectos ilustrativos exclusivamente se incluyen los criterios utilizados en el Plan Nacional de Gestión Integrada del Recurso Hídrico de El Salvador con énfasis en zonas prioritarias.
Una demanda de abastecimiento poblacional se considera bien atendida cuando:
- El número de meses sin déficit sea superior al 95 % de los meses de la serie evaluada.
- La garantía volumétrica para todo el periodo sea superior al 98 %.

Una demanda de riego está adecuadamente atendida si:
- El déficit en un año no es superior al 50% de la demanda anual.
- La suma del déficit en dos años consecutivos no es superior al 75% de la demanda anual.
- La suma del déficit en 10 años consecutivos no es superior al 100% de la demanda anual.

posibilidades reales de implementar actuaciones para conseguir que cumplan el criterio adoptado aquellas demandas que no lo cumplen en la situación de partida e ir incrementando el grado de exigencia de los criterios en planes posteriores.

La determinación de las demandas que incumplen cada uno de los criterios de garantía que se desee tantear es sencilla y rápida si se cuenta con el resultado del balance entre recursos y demandas con paso mensual. Así se dispone de la serie del déficit mensual para cada demanda y la aplicación a esta serie del criterio de garantía para ver si la demanda lo cumple o no es inmediata.

Para aquellas demandas que incumplan el criterio de garantía, puede analizarse si los incumplimientos pueden resolverse con la movilización puntual de recursos extraordinarios (por ejemplo, de recursos procedentes de pozos que solo se activan en estas circunstancias y que incluso pueden dar lugar a que las extracciones superen puntualmente a la recarga, dejándolos después inactivos durante un período suficientemente largo para que el acuífero se recupere). Si puede acreditarse la capacidad de movilización de estos recursos extraordinarios en cantidad suficiente, puede considerarse que la demanda cumple el criterio de garantía.

Criterios para evaluar el estado de calidad de las aguas

Al contrario de lo que sucede con el criterio para evaluar la atención de las demandas, en el caso de la evaluación del **estado de calidad de las aguas** existen multitud de criterios establecidos en las normativas de calidad del agua de los países de la región que determina los valores que resultan admisibles desde este punto de vista. La normativa suele ser abundante en lo que se refiere a parámetros de las aguas vertidas que se van a incorporar a un medio receptor. Existen igualmente, aunque en mucha menor medida, límites para parámetros de los recursos hídricos en el medio natural en función del uso al que vayan a ser destinados. Por último, puede afirmarse que actualmente no existen en general criterios para realizar esta evaluación con una visión ecosistémica, que integre la **componente fisicoquímica y la biológica de los recursos hídricos**, aunando su carácter de bien productivo para distintos usos y de bien ambiental. La consideración de estos dos puntos de vista deberá ser coherente con los objetivos establecidos para la planificación hidrológica.

La evaluación del estado de calidad de las aguas requiere contar con una red de medida que permita conocer el valor de los parámetros que lo determinan en las aguas superficiales y subterráneas, ya sea en su componente fisicoquímica o también en su componente biológica en el caso de aguas superficiales. Como se recoge en el Análisis del marco legal e institucional, en la normativa en materia de recursos hídricos de los países es habitual la preocupación por el establecimiento y el registro y análisis de la información obtenida por las redes de control de cantidad y de calidad del agua, pero entendida ésta desde el punto de vista físico químico exclusivamente[4]. El grado de implementación de las redes de medida de calidad físico química de las aguas superficiales y subterráneas es, en general, notablemente inferior al de las redes de cantidad.

Por ello, en lo relativo a la definición de los criterios para evaluar el estado de calidad de las aguas adquiere pleno sentido el **concepto de gradualidad**. Si bien el objetivo de la planificación hidrológica con visión de GIRH debe ser alcanzar el buen estado de calidad de las aguas entendido con una visión ecosistémica, teniendo en cuenta la escasa implantación de redes de control biológico en la región, carece de sentido en la práctica en la situación actual incorporar con carácter general la componente biológica en los criterios[5]. Por ello se recomienda comenzar aplicando criterios basados en la componente fisicoquímica de la calidad del agua y asegurar la implementación de la red necesaria para su aplicación práctica.

Hay que tener presente también, que esta componente de calidad puede estimarse, de manera complementaria a la información facilitada por la red de medida, mediante modelos a partir de la generación de contaminantes asociada a las actividades en la cuenca. Por otra parte, la mejora de la componente fisicoquímica, sin duda repercutirá en una mejora de la componente biológica, que podrá ser evaluada cuando se disponga de la red adecuada para ello.

---

[4] En algún caso, como México, se hace referencia a un punto de vista más amplio, cuyo grado de concreción en la práctica se desconoce, al referirse en la Ley de Aguas nacionales a la *cantidad, calidad, usos y conservación del agua*

[5] Los criterios biológicos solo son aplicables a las aguas superficiales.

Así, una primera propuesta puede ser establecer objetivos de calidad en función del uso al que se vayan a destinar las aguas superficiales o subterráneas. El criterio consistiría en que para cada uso se seleccionaran un juego de parámetros, indicadores fisicoquímicos, para los que se definirían un rango de valores dentro del cual sería posible emplear el agua para dicho uso (abastecimiento humano, industrial, riego, acuicultura, usos recreativos, etc.). El valor de estos parámetros debe ser fácilmente evaluable a partir de los datos de la red de medida o bien a partir de modelación. Dependiendo del uso de que se trate, los criterios de aptitud pueden contemplar la posibilidad de aplicar un tratamiento una vez derivado el recurso y previamente a su aplicación. [6]Este enfoque es coherente con el planteamiento del ODS 6, en particular con la meta 6.3 que persigue mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación.

Si el agua no cumple estos criterios de aptitud para el uso previsto en el punto de captación, deberán preverse en el plan las actuaciones correspondientes a aplicar aguas arriba que permitan la adecuación de los parámetros. De esta manera se avanzaría en la mejora de la calidad del agua al exigir que se cumplan los criterios de aptitud para cada uso en el agua superficial o subterránea de la que se deriva el recurso para atender una demanda.

A medida que se vaya avanzando en la implantación de redes de medida de la calidad del agua, incluyendo elementos biológicos, se podrán modificar los criterios concretos, incrementando el grado de exigencia e introduciendo los elementos biológicos con carácter general.

[2.2.2] Definición del ámbito territorial de la planificación

Mayoritariamente, en los países del ámbito de la CODIA las cuencas hidrográficas se consideran las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos. Este concepto, esencial para la GIRH, está asumido en la región. No obstante, una vez asentado este principio general, se considera de interés regular la delimitación de cuencas.

En muchos países se definen “territorios para la gestión” (cuya unidad básica es la cuenca) en los que por la entidad de sus recursos hídricos, del número de usuarios que los aprovechan, de la estructura y capacidades administrativas, de la actividad económica que soportan, de las características medioambientales y su interrelación con el medio físico y socioeconómico u otras circunstancias singulares, justifican su consideración como unidad territorial agrupada para una gestión más eficiente y sostenible de sus recursos hídricos, perfectamente compatible con la consideración de cuenca hidrográfica como unidad territorial básica para la GIRH.

Se considera de interés la regulación, dentro de la definición del ámbito territorial de los planes hidrológicos, el tratamiento a dar a los acuíferos compartidos entre diferentes cuencas, con especial atención a los acuíferos transfronterizos. En el presente apartado relativo al ámbito territorial de los planes hidrológicos, solo se abordará la identificación y delimitación de los acuíferos que deben ser tratados como compartidos entre distintos planes hidrológicos. porque su aprovechamiento y conservación requieran una gestión coordinada y pactada, aunando esfuerzos para que ésta se realice de forma integrada y mejorada. Hay que tener en cuenta que la GIRH implica la gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas y, si bien existen déficits de conocimiento generales muy relevantes, estos son especialmente importantes en lo referente a acuíferos, incluyendo su delimitación.

En el presente apartado solo se abordará esta cuestión en lo que se refiere a consideraciones sobre el ámbito territorial, pues el tratamiento a dar a cuencas y acuíferos transfronterizos es objeto de un capítulo específico de la Guía para cuya elaboración se prevé la constitución de un grupo de trabajo.

[6] Otro enfoque posible, más sencillo de aplicar, es la determinación de los valores máximos admisibles para una buena calidad de un conjunto de parámetros físico químicos. Se ha optado por el criterio de objetivos de calidad por usos por considerarlo más específico.

Criterios para la definición del ámbito territorial de la planificación

Criterio hidrográfico básico

La **cuenca hidrográfica**, delimitada a partir de la divisoria de aguas superficiales, debe ser la **unidad mínima de planificación** con objeto de **asegurar la gestión integrada de los recursos hídricos** en ella generados. Esta definición de la cuenca hidrográfica como unidad mínima a efectos de planificación y gestión debe estar reflejada en la legislación vigente para permitir su aplicación práctica.

El primer paso consiste en definir sistemáticamente las cuencas hidrográficas en todo el territorio nacional. Esta tarea básica está ya realizada en la práctica totalidad de los países de la región. En buena parte de ellos la delimitación y clasificación de cuencas se ha llevado a cabo siguiendo la metodología de Pfafstetter. Cualquier procedimiento que se base en la obtención de las divisorias (parteaguas) de aguas superficiales puede ser válido.

La definición de cuenca hidrográfica según el Glosario Hidrológico Internacional (OMM nº 385, 2012) es la siguiente: *área que tiene una salida única para su escorrentía superficial*. Dentro de esta definición cabe desde una microcuenca, de muy reducida extensión que corresponde a un cauce de corta longitud que desemboca en otro de mayor entidad, una subcuenca de superficie mucho mayor que corresponde a un afluente de mayor entidad que confluye con otro cauce principal, hasta la cuenca de un gran rio que desemboca en el mar y que puede extenderse por varios países.

La casuística puede ser muy amplia y no es inmediata la correspondencia entre cuenca hidrográfica y ámbito territorial de planificación hidrológica, tal cómo se expondrá en el apartado siguiente, *Agrupación de cuencas en función de criterios hidrográficos y de gestión*.

No obstante, es imprescindible señalar que la definición del ámbito territorial de planificación debe apoyarse en los límites de cuencas hidrográficas, no en límites administrativos de municipios, provincias, departamentos o estados que supongan el fraccionamiento de cuencas. Las fronteras internacionales, como se ha explicado antes, configuran un reto al que es necesario enfrentarse a la hora de definir los ámbitos territoriales de la planificación GIRH, tratando de alcanzar un entendimiento apropiado entre los países implicados que permita coordinar esfuerzos comunes, encaminados hacia la consecución de los objetivos perseguidos.

Así, como principio general, los ámbitos territoriales de la planificación hidrológica no deben ser inferiores a las cuencas hidrográficas correspondientes a la desembocadura de un río en el mar, o bien al punto de cruce del cauce con la frontera si se trata de ríos compartidos con otro país, o bien a la confluencia de un río con otro si el segundo constituye un tramo de frontera internacional. Solo así se evitará el fraccionamiento artificial de la continuidad hidrológica que implica la unidad de cuenca. Solo si el plan considera todo el territorio de la cuenca podrá materializarse la gestión integrada de los recursos hídricos, teniendo presente el efecto que produce cualquier actuación que se realice dentro de ella aguas abajo del punto en el que se ubica, independientemente de que el efecto aparezca en distinto municipio, provincia o departamento, subcuenca o microcuenca del de ubicación de la actuación.

Por tanto, el ámbito territorial mínimo del plan hidrológico debe ser la cuenca hidrográfica y **comprende tanto sus aguas superficiales como las aguas subterráneas** asociadas a ella, es decir, situadas bajo la superficie de la cuenca superficial. Si los acuíferos que se encuentran bajo la cuenca se extiendan también por otras cuencas, es decir, si no coinciden las divisorias de aguas superficiales y subterráneas y existen acuíferos compartidos con otras cuencas, se remite al apartado posterior en el que se aborda esta cuestión.

Puede darse el caso de que todo el país forme parte de cuencas transfronterizas, de manera que ninguna cuenca hidrográfica quede totalmente comprendida dentro del territorio nacional. Esto puede producirse en países interiores, sin frente costero, como Bolivia o Paraguay. En esta situación, la opción más adecuada puede ser considerar como ámbitos territoriales de planificación hidrológica las subcuencas de mayor extensión que queden por completo dentro del territorio nacional o bien agrupaciones de las mismas, según se comenta en apartados posteriores. No se considera conveniente desde el punto de vista hidrológico fraccionar estas subcuencas en otras de menor extensión y adoptar éstas como ámbito de planificación hidrológica. Ello es debido a que podrían adoptarse medidas en alguna

de estas subcuencas que afectaran a otras situadas aguas abajo cuya repercusión no se evaluaría al formar parte de otro ámbito de planificación.

A título de ejemplo exclusivamente, en la figura siguiente se reflejan las tres regiones hidrográficas de Bolivia, todas ellas incluidas en cuencas transfronterizas. Ello puede indicar la conveniencia de definir ámbitos territoriales de planificación hidrológica en la región Amazonas apoyándose en las grandes cuencas vertientes al río Iténez o Guaporé.

Regiones hidrográficas de Bolivia (Fuente: Delimitación y codificación de unidades hidrográficas. Metodología de Pfafstetter, MMAYA 2009).

Mención especial merece el caso de las cuencas endorreicas (sin salida al mar) que se ponen de manifiesto al aplicar criterios puramente hidrográficos. Puede tratarse de endorreísmos pequeños, de escasa importancia por su magnitud, pero también ocurre igual con grandes cuencas, de las que puede ser un ejemplo sobresaliente la del lago Titicaca, cuerpo de agua que se extiende entre Bolivia y Perú, aunque la cuenca vertiente del sistema denominado Titicaca-Desaguadero-Poopó-Salar de Coipasa, con unos 144.000 km^2 de superficie, involucra también algunos territorios del norte de Chile.

La casuística para su consideración es diversa. Pudiera ser que (1) quedarán emplazadas en el interior de cuencas exorreicas a las que deberán quedar asociadas a efectos de planificación, pero también (2) pueden aparecer otras localizadas en posición tangente, precisamente en las zonas de divisoria hidrográfica entre cuencas exorreicas, o a. veces incluso, por la correspondencia de las fronteras internacionales con importantes divisorias hidrográficas, estas cuencas endorreicas tangentes aparecen localizadas en el ámbito transfronterizo. Para este último caso, cuando no existan otros criterios de gestión que lo desaconsejen, como podría ser la presencia de conexiones que asocien físicamente la cuenca endorreica con un determinado territorio exorreico o la presencia de fronteras internacionales, el criterio de asignación que se recomienda es el de asociar los territorios endorreicos tangentes a las divisorias con la cuenca a la que hipotéticamente desbordarían si llegasen a recibir la aportación suficiente.

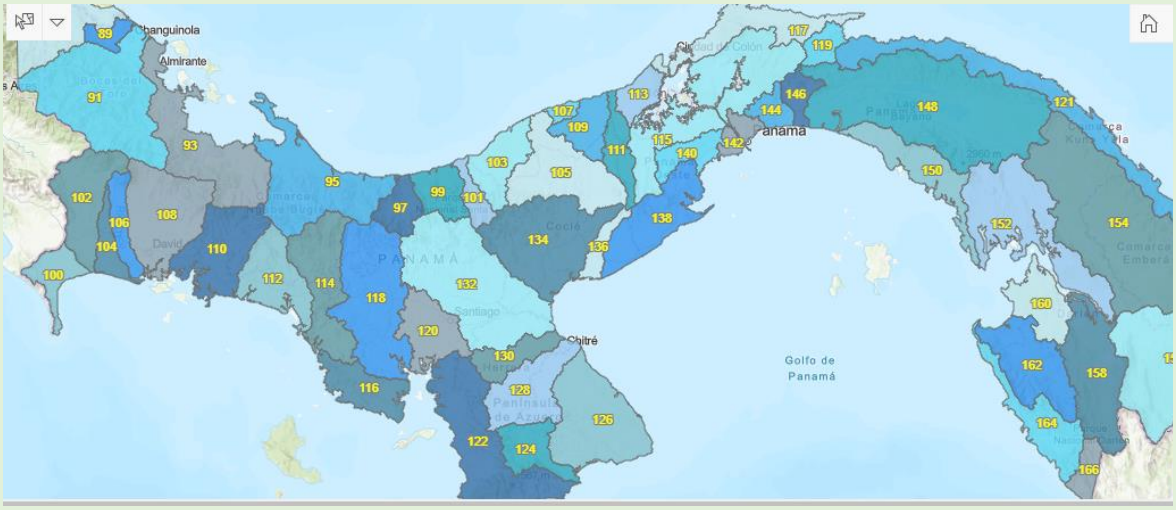
Agrupación o división de cuencas en función de criterios hidrológicos y de gestión

Es claro que la unidad de planificación debe decidirse en función de **criterios hidrográficos**, pero también lo es que éstos deben complementarse con otros **criterios de régimen hidrológico y de gestión**, que racionalicen los esfuerzos de planificación y gestión. Así, puede ser conveniente agrupar cuencas de pequeña entidad con otras vecinas siempre que no presenten entre ellas singularidades

hidrológicas ni de gestión destacadas, lo que permitiría simplificar, sin reducir la efectividad ni la representatividad de cada cuenca hidrográfica, la estructura asociada y los esfuerzos para la planificación y gestión. Para que esta posibilidad pueda materializarse debe estar recogida en la legislación vigente[7].

En ocasiones, mantener una correspondencia estricta entre cuenca hidrográfica y plan hidrológico puede dificultar en la práctica la implementación de la GIRH. Hay que tener en cuenta que la elaboración e implementación de un plan hidrológico requiere un proceso y una estructura administrativa que puede ser insostenible para un territorio excesivamente pequeño. Por otra parte, puede ser igualmente insostenible desde el punto de vista nacional por el gran esfuerzo que puede suponer la elaboración de un número excesivo de planes.

A título de ejemplo exclusivamente se refleja en la figura siguiente el caso de las cuencas definidas en Panamá. Se trata de 52 cuencas para un país de 75.517 km^2. La superficie de las cuencas oscila entre los 133 km^2 de la cuenca 107 (Ríos entre Coclé del Norte y Miguel de la Borda y los 4.987 km^2 de la cuenca 148 (Río Bayano). En el país existen 23 cuencas por debajo de los 1.000 km^2 de extensión. Además de las circunstancias antes indicadas, con cuencas tan pequeñas, es probable que se dé el caso, como sucede en la cuenca del río Pacora, que los recursos generados en la cuenca se emplean mayoritariamente en otra vecina y diferenciada actualmente a efectos de planificación y gestión, lo cual exige esfuerzos adicionales de coordinación.



Cuencas hidrográficas definidas en Panamá.

Un caso claro del interés de la **agrupación de cuencas** es el de cuencas vecinas relativamente pequeñas pertenecientes a un mismo frente costero. Esta circunstancia se da con frecuencia en países con un amplio frente costero y con cadenas montañosas relativamente próximas a la costa, lo que origina la existencia de cuencas asociadas a cauces principales de reducida longitud y fuerte pendiente que comparten un mismo régimen hidrológico. Igualmente es común que estas cuencas compartan también problemas de gestión derivados de la concentración de la población y de las actividades económicas, como el déficit en la atención de las demandas, incluyendo la sobreexplotación de acuíferos, y problemas de calidad del agua. Ejemplo de esta situación es la vertiente pacífica de los países centroamericanos y de los países andinos.

Otra circunstancia que puede aconsejar la agrupación de cuencas vecinas es que una actúe como generadora de recursos que son básicos para la atención de las demandas en otra, siempre que tengan

[7] Esta posibilidad ya está recogida en la legislación vigente en diferentes países, aunque con frecuencia no se aplica. Por ejemplo, en Panamá (Ley nº 44, art.2 y Decreto ejecutivo 479, art.4), que plantea la definición de unidades administrativas de gestión de cuencas hidrográficas teniendo en cuenta no solo criterios hidrográficos, sino también de identidad cultural y socioeconómica, que contemplen la estrecha interdependencia que se genera entre los sistemas biofísicos y el sistema socioeconómico, de manera que surge la necesidad de establecer mecanismos de gobernabilidad específicos para la cuenca o distintas cuencas que integran la unidad. De hecho no se ha aplicado.

regímenes hidrológicos similares. Esta situación suele darse también entre cuencas pertenecientes a un mismo frente costero.

Otro caso claro del interés de la **agrupación de cuencas** vecinas dentro de un mismo ámbito de planificación territorial se da cuando un mismo acuífero, que resulte relevante desde el punto de vista de los recursos hídricos, se extiende por todas ellas. En esta situación el interés de la agrupación se debe a la interrelación entre recursos superficiales y subterráneos y la necesidad de coordinación para su adecuada gestión de manera que se garantice que no se produce sobreexplotación de las aguas subterráneas y que se protege adecuadamente su calidad.

Conviene señalar que esta agrupación es perfectamente compatible, si así se desea, con el mantenimiento de la representación y participación en la toma de decisiones de cada una de las cuencas agrupadas, previéndolo en la legislación vigente.

En sentido inverso, es oportuno mencionar el caso de la **división de cuencas**, dada la conformación de la región por grandes cuencas internacionales. Valga como ejemplo, el caso de la del Amazonas, que es la mayor del planeta, cubre una extensión de unos 7,4 millones de kilómetros cuadrados, ocupando territorio de ocho países soberanos[8], algunos de los cuales quedan fuera del ámbito de la CODIA. Además, existen fuertes heterogeneidades socioeconómicas y de disponibilidad de información dentro del gran ámbito amazónico. Un caso parecido es el de la cuenca del Plata, con 3,2 millones de kilómetros cuadrados, compartida entre Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. En estos casos, buscando también racionalizar los esfuerzos de planificación, puede resultar conveniente la identificación de cuencas que resulten más manejables y cuya planificación cobre mayor sentido. Los criterios para la división de estos extensos territorios también deberán basarse en la hidrografía, tratando siempre de considerar subcuencas completas, en la distribución de la actividad socioeconómica en esos vastos territorios y en la traza de las fronteras internacionales que, en estos casos singulares, vienen señaladas por cauces internacionales a lo largo de varios tramos fluviales importantes.

En atención a todo ello, al objeto de racionalizar los esfuerzos de la planificación, conviene contar con la definición estable de unos ámbitos de planificación hidrológica de tamaño suficiente, aunque no excesivo, teniendo en cuenta para su definición todos los elementos naturales y socioeconómicos que resulten relevantes.

Consideración de entidades de tamaño inferior a la cuenca dentro del ámbito territorial de planificación

La definición como ámbito territorial de planificación hidrológica de la cuenca hidrográfica o bien de una agrupación de cuencas según los criterios antes expuestos, es compatible, en función de los problemas existentes en la cuenca y de su caracterización hidrológica, con que subcuencas o microcuencas sean objeto de programas específicos, pero siempre establecidos desde la visión conjunta de la cuenca, pues de lo contrario podrían generarse programas o proyectos incompatibles entre sí.

Ejemplos característicos pueden ser:

a) Subcuencas o microcuencas que debido bien a las actividades económicas que soportan o bien a la concentración de población que albergan, sufren **problemas de deterioro de la calidad** del agua que puede afectar a toda la cuenca aguas abajo. Estas subcuencas o microcuencas deben ser objeto de programas específicos de mejora de la calidad o tratamiento de aguas para revertir esta situación.

b) Subcuencas o microcuencas que albergan **poblaciones dispersas** que se **abastecen con recursos generados en la propia subcuenca o microcuenca** exclusivamente.

c) Subcuencas o microcuencas que deben ser **objeto de restauración hidrológico forestal para reducir la pérdida de suelo por erosión**, que puede generar una reducción de la capacidad de almacenamiento de embalses o un deterioro de la calidad que afecte al funcionamiento de plantas potabilizadoras, etc.

[8] Brasil (68% de la superficie), Perú (14%), Bolivia (10%), Ecuador (2%) y el 6% restante entre Colombia, Venezuela, Guyana y Surinam. Fuente: Wikipedia, artículo «Cuenca del Amazonas», consultado el 19/9/2024.

d) Acuíferos que deben ser **objeto de un plan de ordenación de extracciones** para evitar o revertir una situación de sobreexplotación.

Sin embargo, el programa no debe definirse desde la perspectiva aislada de estos pequeños territorios, sino de la mejora general de la cuenca, que es el objetivo final. Cada programa debe quedar recogido en el Plan hidrológico.

Como ya se ha indicado, si se ha definido un ámbito territorial de planificación por agrupación de varias cuencas vecinas en función de las características hidrológicas y de gestión, si se considera conveniente, dentro de la agrupación podría mantenerse la consideración individualizada de cada cuenca hidrográfica, asegurando su representación y su participación en la toma de decisiones, previéndolo en la legislación vigente.

Consideración de acuíferos compartidos entre distintos ámbitos territoriales de planificación

Como ya se ha indicado, con carácter general, la definición del ámbito territorial del plan hidrológico debe apoyarse en la delimitación de las cuencas hidrográficas y comprende tanto sus aguas superficiales como las subterráneas situadas bajo ellas.

No obstante, cuando **no coincidan la divisoria superficial y la subterránea** y, por tanto, existan acuíferos que no correspondan por completo a una cuenca, sino que se extienden por varias, pueden plantearse las siguientes posibilidades para la definición del ámbito territorial de la planificación hidrológica:

a) **Agrupar todas las cuencas por las que se extiende el acuífero en un mismo ámbito territorial de planificación hidrológica**. Esta opción puede estar indicada si el acuífero es determinante para la planificación y gestión de los recursos hídricos de todas las cuencas por las que se extiende. Así se garantiza la coordinación en todo lo referente al acuífero, al quedar tanto la parte superficial que le afecta como el propio acuífero dentro del mismo ámbito territorial de planificación.

b) **Asociar el acuífero a la cuenca superficial que resulte más apropiada** entre todas las que lo comparten. Esta opción puede estar indicada cuando una de las cuencas que comparten el acuífero resulta claramente determinante para su explotación por ser la que resulte condicionante en cuanto a la recarga, tanto desde el punto de vista cuantitativo (infiltración mayoritaria), como desde el punto de vista de la calidad de las aguas del acuífero por las actividades que afecten a la misma. Habitualmente estas cuestiones van asociadas a que la superficie del acuífero se concentra de manera claramente mayoritaria en una de las cuencas. En esta opción el ámbito territorial del plan hidrológico pasaría a ser tanto la cuenca superficial como el acuífero compartido en su totalidad. No obstante, si a pesar de que la mayor parte de la superficie del acuífero se encuentre en una de las cuencas y en ella se produzca mayoritariamente la infiltración, las extracciones se concentraran en la parte situada en las otras cuencas, podría ser mejor la opción c.

c) **Asociar a cada una de las cuencas la parte de acuífero que se encuentra bajo ellas**. En este caso un mismo acuífero pasa a formar parte de varios ámbitos territoriales de planificación, Por ello, resulta esencial establecer unos mecanismos de coordinación entre todos los ámbitos que garanticen la adecuada gestión del acuífero. Esta opción puede ser la más adecuada cuando no existe una clara preponderancia de alguna de las cuencas sobre el resto en cuanto a su participación en el acuífero.

Conviene señalar que debe preverse legalmente la posible existencia de las opciones b) y c), así como el procedimiento para establecer los mecanismos de coordinación entre ámbitos territoriales distintos para la opción c)[9]. En este último caso bien a través de los planes de las cuencas implicadas o bien mediante un instrumento de coordinación superior, como un plan nacional, o un plan de gestión del acuífero, se garantizará una adecuada gestión conjunta tanto desde el punto de vista cuantitativo, repartiendo los recursos entre las distintas cuencas, como desde el punto de vista de la calidad del agua, asegurando que las actividades en la zona de alimentación del acuífero no originan el deterioro de la calidad de sus aguas.

[9] Para esto último bastaría con una disposición de rango reglamentario o inferior.

También es conveniente tener en cuenta que el hecho de que un acuífero sea físicamente compartido entre varias cuencas vecinas que correspondan a distintos ámbitos territoriales de planificación no debe necesariamente traducirse en su consideración administrativa como compartido. Si se decide definirlo administrativamente como compartido entre diferentes ámbitos de planificación, será necesario poner en marcha los procedimientos previstos en la opción c) antes indicada[10].

La declaración de un acuífero como compartido entre distintos ámbitos de planificación territorial es algo que excede a los organismos de gestión de dichos ámbitos, puesto que implica decidir sobre algo que está fuera de su territorio. Por ello, debe ser adoptada por un órgano superior y debe preverse en la legislación vigente. Esta declaración debe apoyarse en criterios claros y objetivos[11] que deben quedar explícitos en la propia declaración, que sería de interés que incluyera tanto la caracterización del acuífero completo desde el punto de vista hidrogeológico como el reparto de sus recursos entre los ámbitos territoriales de planificación que lo comparten.

[2.2.3] Resultados de la planificación hidrológica con visión del GIRH

El resultado fundamental de un plan hidrológico con visión de GIRH es el **programa de actuaciones que permite alcanzar los objetivos del plan**, señalados anteriormente. En todo este epígrafe de Resultados de la planificación hidrológica, así como en el conjunto del documento, los términos medidas y actuaciones son sinónimos.

En el epígrafe dedicado a los criterios sobre resultados de la planificación que se incluye a continuación, solo procede, la consideración a nivel conceptual del objeto y alcance del programa de seguimiento. La propuesta del plazo para la revisión es objeto de otro criterio específico, junto con la definición del horizonte, uno o varios, a considerar en el plan. La definición detallada del programa de seguimiento se aborda específicamente en el apartado correspondiente.

Por último, se incluye también en este apartado la **relación entre el plan hidrológico y otros niveles de mayor detalle**. En particular se analizará la consideración de los fenómenos extremos, **sequías e inundaciones**, en el pan hidrológico de cuenca.

En la región se han elaborado numerosos documentos, políticas, guías, estudios sobre la vinculación entre la planificación hidrológica, el cambio climático y los fenómenos extremos pero, a pesar de ello, no es habitual que en la normativa vigente que regula la planificación hidrológica se incluya la obligación de su consideración. No obstante lo anterior, en los países que han desarrollado lineamientos, directrices o guías para la elaboración de los planes hidrológicos, sí se contempla la necesidad de considerar en los planes los eventos extremos.

En algunos de los países en los que en la normativa que regula la planificación hidrológica no figura expresamente la consideración de los fenómenos extremos, sí se contempla ésta como parte de las competencias atribuidas a las instituciones encargadas de la gestión de los recursos hídricos.

En el epígrafe siguiente se da respuesta, desde un punto de vista conceptual, a estos planteamientos, proponiendo una opción para la consideración de los fenómenos extremos en la planificación hidrológica. La definición de un índice detallado para los planes específicos de eventos extremos excede este enfoque conceptual y se incluirá, en su caso, en el apartado de **fenómenos extremos y cambio climático**.

Criterios para la definición de los resultados de la planificación hidrológica

Se considera que el resultado esencial de un plan hidrológico con visión de GIRH es la definición del **programa de actuaciones** que permite alcanzar los objetivos del plan. Como ya se ha indicado en el

[10] Por ejemplo, si el grado de explotación del acuífero es muy bajo y no existen problemas de sobrexplotación o de calidad de aguas ni en el acuífero ni en las aguas superficiales con las que esté conectado, la definición del acuífero como compartido desde el punto de vista administrativo puede no aportar ventaja alguna.

[11] Por ejemplo, la consideración del acuífero como compartido por los planes hidrológicos de los distintos ámbitos territoriales implicados, la continuidad de los afloramientos permeables entre todos los ámbitos, un grado de explotación elevado de los recursos hídricos subterráneos o problemas de calidad asociados a las actividades desarrolladas en superficie en los ámbitos territoriales que comparten el acuífero.

apartado correspondiente, los dos objetivos básicos son la adecuada atención de las demandas y el buen estado de las aguas. Por ello se presentan primero los criterios para este resultado básico.

Si bien el resultado esencial de un plan hidrológico es el programa de actuaciones que permite alcanzar sus objetivos, para la elaboración e implementación del plan es necesario realizar una serie de tareas que conducen a obtener productos, resultados en definitiva, que presentan gran interés en sí mismos, si bien tienen un carácter exclusivamente instrumental en la elaboración e implementación del plan hidrológico: la **organización de la información** en materia de recursos hídricos y el programa de **seguimiento del plan**.

Por último, también se proponen criterios para la **relación entre el plan hidrológico y otros niveles de mayor detalle** y en particular para la **consideración de los fenómenos extremos**, sequías e inundaciones, en el plan hidrológico de cuenca.

Criterios para la definición del programa de actuaciones

El plan hidrológico debe definir, a nivel de planificación, las **actuaciones propuestas** para alcanzar los objetivos perseguidos. Como ya se ha indicado los objetivos esenciales son dos: la adecuada atención de las demandas y la consecución del buen estado de calidad de las aguas[12].

Las actuaciones contempladas pueden ser de dos tipos fundamentales: **actuaciones específicas** o bien **instrumentos generales**. Las primeras son concretas, repetitivas y su repercusión es esencialmente local. Un ejemplo característico son las estaciones depuradoras de aguas servidas. Habitualmente van asociadas a actuaciones de infraestructura (conducciones, embalses de regulación, estaciones depuradoras, restauraciones hidrológico forestales, restauraciones de ribera, etc.).

Los instrumentos generales son actuaciones de naturaleza administrativa, legal o económica que resultan de aplicación general en la cuenca o en parte de su territorio. Pueden ser adoptadas a nivel nacional, regional, departamental, municipal, etc. Ejemplo de este tipo de instrumentos pueden ser la elaboración y aplicación de códigos de buenas prácticas, la modificación del régimen tarifario por el uso del agua, etc.

Un criterio básico es que el plan debe incluir una **definición** de las actuaciones suficiente para poder **estimar su coste y sus efectos esperados**. Se trata de la información básica para poder seleccionar las actuaciones a incluir finalmente en el plan entre todas aquellas que permiten alcanzar los objetivos. El plan no puede limitarse a plantear líneas generales de actuación o unas directrices genéricas sin concretar qué actuaciones permiten materializarlas.

La información debe ser suficiente para que la actuación pueda ser desarrollada tras la elaboración del plan mediante el proyecto correspondiente, siempre que la naturaleza de la actuación requiera tal desarrollo. La caracterización de cada una de las actuaciones propuestas por el plan con el detalle de perfil de proyecto o de estudio de viabilidad excede, en principio, el alcance del plan. No obstante, sin ánimo de exhaustividad, se propone que la caracterización de cada actuación contemplada incluya, al menos, los siguientes aspectos:

- **Descripción sintética de la actuación**, indicando en qué consiste y su finalidad. Se indicará si se trata de un instrumento general o de una actuación específica.
- **Ámbito territorial y localización**: si se trata de un instrumento general se indicará el ámbito territorial en el que se aplica (nacional, cuenca, parte de la cuenca, etc.). Si se trata de una actuación específica, si es posible, se avanzará su ubicación aproximada y las masas de agua sobre las que repercute.
- **Parámetros básico de diseño** (por ejemplo, en el caso de una conducción de transporte de agua, el volumen a transportar; para una depuradora de aguas servidas, la carga contaminante a tratar o población equivalente; para un tratamiento de regeneración de aguas depuradas, uso al que se destinan las aguas, que determina el tipo de tratamiento a aplicar y capacidad necesaria de la planta; para una revegetación de ribera, tipo de planta a implantar, densidad de la plantación y superficie a tratar, etc.).

[12] Como ya se expuesto en el apartado correspondiente, la primera aproximación al buen estado puede entenderse como la consecución de objetivos de calidad físico química en función del uso.

- **Coste de la actuación**[13], que contemple tanto el coste de inversión, como el de explotación y mantenimiento. Se indicará también el presupuesto para su ejecución (inversión inicial).
- **Efecto previsto de la ejecución de la actuación**.
- **Plazo previsto** para la ejecución y entrada en servicio de la actuación.
- **Organismo o entidad responsable** de su ejecución.
- Posibles procedimientos de **financiación**.

Pueden existir diferentes combinaciones de actuaciones que permiten alcanzar los objetivos. Por ello, deben definirse criterios para seleccionar las actuaciones que integran el programa incluido en el plan. Igualmente deben establecerse criterios de priorización para determinar el orden de ejecución de las actuaciones seleccionadas.

El camino que permite la implementación de cualquier inversión suele estar lleno de dificultades que pueden provocar bloqueos temporales en la tramitación, así como otros retrasos por diversas causas que, en conjunto, inciden sobre el calendario de ejecución de las actuaciones y, consecuentemente, sobre el plazo necesario para alcanzar los objetivos de la planificación. Además, teniendo en cuenta que no todas las actuaciones corresponderán al mismo promotor o poder adjudicador, la eficacia de los criterios de priorización se ve limitada. Dichos criterios podrán informar sobre el mayor interés de unas u otras inversiones, para que las autoridades responsables, con opinión documentada, puedan impulsar discrecionalmente el programa de actuaciones de la manera que más viable resulte.

En el apartado dedicado a la definición del programa dentro de las tareas para la implementación del plan hidrológico se abordará con detalle el procedimiento propuesto para la selección y priorización. Basta con indicar aquí que el criterio de selección es el de coste -eficacia, es decir, seleccionar la combinación de actuaciones que permite alcanzar los objetivos propuestos con el menor coste. En cuanto a la priorización entre las actuaciones seleccionadas, el criterio propuesto, en ausencia de circunstancias coyunturales que aconsejen otra decisión, es acometer primero las que presentan una menor relación coste-eficacia, es decir, entre las seleccionadas comenzar por aquellas que resultan más eficientes en el avance hacia la consecución de los objetivos.

No obstante, el análisis coste-eficacia no puede ser el único instrumento utilizado para la configuración del programa de actuaciones. Debe complementarse con el análisis económico que garantice la viabilidad económica de las actuaciones seleccionadas mediante indicadores económicos como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) o la relación coste/beneficio. Si los indicadores permiten concluir que la actuación no es viable económicamente, deberá reconsiderarse su inclusión en el programa en función del objetivo al que vaya destinada.

Las actuaciones específicas que se implementen pueden requerir importantes compromisos presupuestarios que a veces concentran temporalmente el gasto, limitando la posibilidad de realizar otras inversiones. A este respecto, debería de quedar asumido que las inversiones ocasionales, por importantes que sean, no deberán poner en riesgo el mantenimiento básico de ciertas actuaciones o herramientas esenciales para dar continuidad al proceso planificador, como es el caso del mantenimiento de las redes de medida, o de los sistemas de información sobre los que se apoya dicho proceso, ya que será más costoso el impacto derivado de carecer de esta información, que una vez perdida puede incluso resultar irrecuperable.
La definición del **alcance y contenido** de los instrumentos de planificación **se contempla de forma dispar** en la normativa vigente de los países de la región. **En general** las referencias a estos aspectos ya sea en normativas de diferentes rangos o documentos subsidiarios, son **de poco detalle**.
No es estrictamente necesario que la legislación se extienda en estos aspectos. Hay países que han desarrollado guías o documentos de directrices o lineamientos que aportan contenidos, metodologías, procedimientos, etc. de gran valor y practicidad. Se considera de gran utilidad disponer de una guía de planificación hidrológica para la región que pueda tener, si el país así lo decide, ese **carácter subsidiario.**

[13] Este concepto se desarrollará con detalle en el apartado de Contenido y Tareas para la implementación de un plan hidrológico.

Organización de la información en materia de recursos hídricos

Para la elaboración y el seguimiento del plan hidrológico es necesario **recopilar, ordenar, sistematizar y hacer accesible para su uso muy diversa información** sobre los recursos hídricos. Se trata de información procedente de todas las redes de medida que tienen que ver con los recursos hídricos, superficiales y subterráneos, con su cantidad y su estado, y con los usos y demandas de dichos recursos. Igualmente deben integrarse en esta información los resultados de las tareas que se van realizando en el proceso de elaboración del plan. Entre estos últimos, a título de ejemplo exclusivamente, cabe destacar la evaluación de recursos hídricos en régimen natural, que proporciona una serie mensual de recursos en el período de análisis con la desagregación espacial que se haya considerado necesaria, la definición espacial de las unidades de demanda correspondientes a los distintos usos, el régimen de caudales ecológicos asociados a cada tramo de río, el estado de cada tramo de río y acuífero en función de los criterios adoptados, etc. Se trata de información geográfica, bases de datos alfanuméricas e información documental (estudios, proyectos, etc.).

Para garantizar tanto la **ordenación** como la **accesibilidad** de toda la información y asegurar que puede mantenerse actualizada, es necesario definir dos cuestiones básicas: un **modelo de datos y unos protocolos de intercambio de información** que aseguren que la información cuyo almacenamiento está previsto en el modelo de datos llega a introducirse en él. Sobre ambas cuestiones se volverá en el apartado de Contenido y Tareas para la elaboración de un plan hidrológico.

Dentro del apartado de criterios conviene insistir en dos aspectos. El primero es el **desarrollo conceptual del modelo de datos** como cuestión transversal a todo el proceso de planificación. Se trata de definir una estructura de almacenamiento de información en la que se contempla toda la información que se considera de interés para el proceso, con independencia de que en el momento de definir el modelo se encuentre disponible o no. Esta concepción permite no solo almacenar la información disponible, sino orientar la adquisición de nueva información. Lo esencial es la consistencia de esta estructura, sobre la cual puede apoyarse el sistema de visualización que se considere oportuno para facilitar su consulta y accesibilidad.

El segundo es la **definición del proceso de intercambios de información**, indicando quién debe facilitar los datos, quién debe recibirlos para integrarlos en el modelo de datos así como el formato del intercambio. Es conveniente que esto quede reflejado en una disposición con un rango normativo tal que su modificación sea sencilla. Como primer paso, si esto resulta laborioso y se dilata en el tiempo, puede comenzarse recogiendo el procedimiento en unos lineamientos o guías técnicas.

Programa de seguimiento del plan

La definición del **programa de seguimiento del plan** es uno de los elementos esenciales para su **adecuada implementación**. Se presenta aquí la propuesta de criterios para la definición de su alcance. La propuesta de criterios para la definición del plazo que debe transcurrir entre la aprobación del plan y su revisión se incluye en el apartado titulado Definición de horizontes y del período de revisión del plan. La definición especifica de los indicadores de seguimiento es objeto del apartado de Contenido y Tareas para la implementación del plan hidrológico.

El programa de seguimiento es una herramienta imprescindible para detectar si se están produciendo desviaciones respecto a lo previsto que comprometan el logro de los objetivos del plan y, en consecuencia, es necesario introducir modificaciones, revisando el plan, para asegurar que se puedan alcanzar. En función de la intensidad de las desviaciones, puede ser necesario anticipar la revisión del plan con respecto al plazo previsto o no. Para ello el programa de seguimiento debe dar respuesta, al menos, a las tres cuestiones siguientes:

- **Verificar que la evolución de las variables básicas se ajusta a lo previsto en el plan**. Fundamentalmente se trata de comprobar si los recursos hídricos en régimen natural y la evolución de las demandas tienen un comportamiento similar al previsto. De no ser así, puede ser necesario un reajuste de las actuaciones contempladas en el plan.
- **Verificar que el ritmo de implementación de las actuaciones se ajusta a lo previsto en el plan**. En el caso de que no sea así deberán analizarse las causas para, en su caso, proponer las soluciones que permitan adecuar el ritmo a la previsión inicial o bien adecuar la previsión en la revisión del plan.

- **Verificar que el efecto de las actuaciones implementadas es el previsto en el plan**. Caso de no ser así deberá adecuarse el programa de actuaciones. En función de las desviaciones producidas, la revisión del plan se realizará bien una vez transcurrido el periodo previsto para ello o bien deberá anticiparse.

Parte fundamental del programa de seguimiento es la definición de indicadores fácilmente calculables para evaluar los tres aspectos anteriores. En el apartado ya indicado de la Guía se propondrán algunos. Tan solo se recomienda ahora que al menos algunos de los indicadores de seguimiento estén relacionados con los indicadores de las metas de los ODS, en particular del ODS 6, cuya meta 6.5 contempla directamente el grado de implementación de la GIRH.

Se recomienda también que la obligación de realizar el seguimiento del plan y su revisión periódica esté contemplada en el ordenamiento jurídico en materia de recursos hídricos. Se propone, además, que se refleje:

- El **alcance mínimo** del seguimiento que, al menos, debería incluir las tres cuestiones antes señaladas.
- El **responsable** de efectuar el seguimiento.
- **Procedimiento** para materializar el seguimiento. Se propone que se establezca la obligación de realizar un informe de seguimiento y que se defina la periodicidad con la que debe presentarse. Se recomienda que sea anual y, en todo caso, como máximo igual a la mitad del período previsto para la revisión del plan.

Si lo anterior supone modificación de ley o de reglamento, que pueden resultar complejos y dilatarse en el tiempo, se recomienda comenzar con su inclusión en guías técnicas o lineamientos sobre la elaboración de un plan hidrológico. Se recomienda igualmente que a nivel de lineamientos se establezca un índice mínimo para el informe de seguimiento[14].

Criterios para la relación entre el plan hidrológico y otros niveles de mayor detalle. Consideración de los fenómenos extremos

El criterio general propuesto en esta materia es que el plan hidrológico **identifica los problemas**, pero no puede resolver por sí mismo todos los problemas detectados.

El **ámbito territorial** del plan hidrológico debe ser la **cuenca hidrográfica o la agrupación de cuencas vecinas**, según se ha señalado en el apartado correspondiente. Ahora bien esto es totalmente **compatible** con que como consecuencia de las tareas de elaboración del plan, se identifiquen zonas o subzonas dentro del ámbito territorial del plan, que pueden corresponderse con subcuencas o microcuencas, en las que aparece un **problema específico** cuya solución puede requerir un **plan de acción** también **específico con un ámbito territorial ajustado a dicha zona o subzona.**

Ejemplos de la situación anterior pueden ser zonas en las que, debido a un desarrollo de la actividad agraria, se haya producido un incremento de la contaminación difusa que haya afectado sustancialmente a la calidad de los acuíferos y de las aguas superficiales. Ello podría requerir un programa de actuación en estas zonas para la implantación de buenas prácticas agrarias para reducir la aplicación de fertilizantes y, por tanto, del grado de contaminación de las aguas.

Otro caso puede ser la identificación de subcuencas o microcuencas en las que la cobertura vegetal es muy escasa y como consecuencia se produce tanto un empeoramiento de la calidad del agua superficial debido a la elevada concentración de sólidos en suspensión, como, en su caso, una pérdida de capacidad de embalse por aterramiento. Esto puede requerir un plan de restauración hidrológico forestal en las subcuencas o microcuencas afectadas para reducir la erosión.

Ahora bien, el plan hidrológico detecta y acota el problema e incluye dentro de su programa de actuaciones la elaboración del plan o programa correspondiente, centrado en una zona concreta de su ámbito territorial, para resolverlo. El plan hidrológico debe **indica**r quién es el **responsable** de elaborar ese plan o programa específico, cuáles son los **objetivos perseguidos**, su **ámbito territorial** y el **plazo y el coste estimados** para su definición, pero el plan hidrológico no asume directamente su elaboración.

[14] En el apartado de Seguimiento del plan, se incluirá una propuesta general de índice.

De lo contrario, el plan hidrológico tendría un carácter tan prolijo que sería ineficaz por dilatarse mucho la fase de implementación.

Consideración de las sequías

Las sequias constituyen una situación crítica que pone a prueba la capacidad del sistema de gestión de recursos hídricos para minimizar sus efectos.

Conviene señalar que las sequías ya están consideradas en el proceso de elaboración del plan hidrológico de cuenca. Una de las tareas básicas para la elaboración del plan es la evaluación de recursos hídricos en régimen natural. El resultado fundamental de esta tarea es la obtención de una serie de aportaciones mensuales que debe abarcar un período suficientemente largo para que pueda considerarse representativa, incluyendo períodos secos y húmedos.

Esta serie de aportaciones mensuales es una de las entradas básicas para la realización del balance entre recursos y demandas, que permite analizar la disponibilidad de agua para atender las demandas de forma adecuada, de acuerdo con los criterios de garantía adoptados, a los que se ha hecho referencia en el apartado de objetivos de la planificación hidrológica. Por tanto, los períodos de sequía ya se están teniendo en cuenta al analizar la disponibilidad de agua en el balance. Precisamente es la consideración de estos períodos en el análisis la que motivará la inclusión en el programa de actuaciones propuestas en el plan hidrológico de aquellas actuaciones necesarias para garantizar la disponibilidad de agua para las demandas a pesar de la ocurrencia de estos períodos secos. Esta es la consideración de la sequía a nivel de planificación, que es la que corresponde al plan hidrológico.

La **gestión de los eventos concretos de sequía** que se puedan presentar constituye **un segundo paso, que no corresponde al nivel de planificación sino al de la gestión**, mucho más detallado. Así, la elaboración de un plan de gestión de sequías implica **dos tareas básicas**:

- La **definición de indicadores y de umbrales** de los mismos para detectar la situación de sequía en una determinada zona, cuenca o subcuenca dentro del ámbito territorial del plan hidrológico.
- La **definición de medidas coyunturales** a llevar a cabo en función del valor de los umbrales definidos para minimizar los efectos de la sequía. Se trata de medidas de gestión, no de actuaciones estructurales que deben plantearse dentro del plan hidrológico. A título de ejemplo exclusivamente, pueden señalarse las siguientes medidas: activación de restricciones de suministro durante determinadas horas, activación de pozos de emergencia, activación de campañas de sensibilización de la población, etc.

Puede apreciarse que la elaboración de un plan de gestión de sequías para el ámbito territorial del plan hidrológico tiene una entidad independiente, de manera que, en aras de la eficiencia operativa, no parece lógico que el plan hidrológico asuma esta tarea. No obstante, el plan hidrológico sí puede identificar, como consecuencia de los análisis que realiza, las zonas críticas dentro de su ámbito territorial desde el punto de vista de la sequía y proponer en su programa de actuaciones el desarrollo de planes de gestión de sequía centrados en dichas zonas. Otro enfoque posible, si de los trabajos del plan hidrológico se concluye que la sequía es un problema generalizado en todo el ámbito territorial del plan, es la elaboración sistemática de un plan de gestión de sequías cuyo ámbito territorial coincida con el del plan hidrológico.

En cualquier caso, se considera de interés que se desarrollen **lineamientos o guías técnicas** en los que se especifique el contenido y el procedimiento de elaboración de estos planes de gestión de sequías. En el apartado correspondiente de Contenido y Tareas de la Guía se propondrá un contenido tentativo para estos planes de gestión de sequías.

Consideración de las inundaciones

Las inundaciones constituyen un problema muy relevante en muchas zonas de la región, por lo que es claro que el plan hidrológico no puede dejar de considerarlas. Ahora bien, se trata de un problema de carácter local y pueden existir múltiples zonas de riesgo en todo el ámbito territorial del plan hidrológico, de manera que parece claro que el **análisis específico de cada zona y la propuesta de una solución** mínimamente detallada previsiblemente excede, en principio, a dicho plan.

En consonancia con lo anterior, se propone que el **plan hidrológico** actúe exclusivamente como **elemento coordinador** en esta materia en su ámbito territorial contemplando las siguientes cuestiones:

1. **Propuesta de criterios para identificar las zonas con riesgo de inundación**. De manera indicativa exclusivamente se señalan algunas consideraciones sobre esta identificación. Básicamente se realizará a partir de información existente: se analizarán los estudios previos sobre inundaciones, reflejando y analizando la metodología seguida para su elaboración; se recopilará información sobre crecidas históricas, se identificará la información disponible en cada zona sobre variables meteorológicas e hidrológicas (precipitaciones y caudales máximos), disponibilidad de cartografía de detalle, frecuencia de inundación, daños asociados, etc.
2. **Propuesta de criterios para definir las actuaciones** a realizar en las zonas de riesgo identificadas. Se indicarán los estudios hidrológicos, hidráulicos y económicos que es necesario realizar para definir las actuaciones de protección y se recomendará priorizar las soluciones basadas en la naturaleza.
3. **Inclusión en el programa de actuaciones** de los estudios necesarios para identificar las zonas de riesgo y definir las actuaciones de protección necesarias aplicando los criterios especificados en los dos apartados anteriores.

Como ya se ha indicado, se considera que excede al plan hidrológico tanto la identificación de las zonas de riesgo como la definición de las actuaciones de protección. Sin embargo, cuando el organismo responsable de la elaboración del plan lo considere conveniente debido a la relevancia de las inundaciones en su ámbito territorial, el plan hidrológico, además de plantear los criterios de identificación de zonas de riesgo, podría abordar también el análisis de la información disponible sobre inundaciones y crecidas para identificar, de forma preliminar, las zonas críticas en las que llevar a cabo los estudios indicados en el punto 3 de la relación anterior.

En aquellos planes hidrológicos en los que tras este análisis, se concluya que las inundaciones son un problema generalizado en su territorio, el plan podría incluir dentro de su programa de actuaciones la elaboración de un plan específico de gestión del riesgo de inundación que comprendiera todo su ámbito territorial en lugar de en zonas específicas. En el apartado correspondiente Contenido y Tareas Guía se propondrá un contenido tentativo para estos planes de gestión del riesgo de inundación.

En cualquier caso, al igual que para las sequías, se considera de interés que se desarrollen lineamientos o guías técnicas en los que se especifique la metodología para realizar los trabajos antes indicados de identificación de las **zonas de riesgo y de definición de actuaciones de protección**. Así se garantizaría tanto el rigor como la homogeneidad en el tratamiento de las crecidas a nivel nacional. Estos lineamientos deben contemplar también los criterios de priorización entre las diferentes actuaciones previstas.

CASO PRÁCTICO DE RESULTADOS DE LA PLANIFICACIÓN: CONSIDERACIÓN DE EVENTOS EXTREMOS. CONSIDERACIÓN DE LAS SEQUÍAS EN CHILE.

En Chile el concepto de planificación a escala de cuenca ha sido introducido en el ordenamiento jurídico mediante la reforma del Código de Aguas efectuada por la Ley Nº 21435 promulgada en marzo de 2022. En esta Ley se define la figura del Plan Estratégico de Recursos Hídricos para cada cuenca hidrográfica (art. 293 bis y 293 ter añadidos al Código de Aguas). Su contenido responde a un plan focalizado en la seguridad hídrica desde el punto de vista de garantizar la atención de las demandas, si bien incorpora también cuestiones relacionadas con la calidad de las aguas. Establece un contenido mínimo para estos planes y remite a un reglamento dictado por el Ministerio de Obras Públicas para establecer el procedimiento y los requisitos específicos para confeccionar los planes. Dicho reglamento está en fase de elaboración.

La Ley Marco de Cambio Climático (Ley Nº 21455, promulgada en mayo de 2022, introduce alguna modificación en la regulación del Plan estratégico de gestión de recursos hídricos por cuenca hidrográfica. En dicha ley (art. 13) se amplía el contenido mínimo de estos planes y, entre otras cuestiones, añade *Medidas concretas para hacer frente a los efectos adversos derivados del cambio climático, tales como sequías, inundaciones y pérdida de calidad de las aguas*. Esta circunstancia ya estaba prevista en la Ley de Reforma del Código de Aguas, que en su artículo 18 preveía que *Los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas, que se dicten en el tiempo intermedio que transcurra entre la entrada en vigencia de la presente ley y la entrada en vigor de la Ley Marco de Cambio Climático, deberán ajustarse a las disposiciones de la ley posterior y, supletoriamente, a lo indicado en el Código de Aguas*. Remite igualmente a un reglamento en el que se establecerá el procedimiento para la elaboración, revisión y actualización, así como el monitoreo y reporte de los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuencas.

En cuanto a la gestión de las sequías, Chile cuenta ya con un procedimiento muy regulado, cuya presentación sería el objeto del caso práctico. Se trataría de presentar el procedimiento de actuación previsto en el Código de Aguas (art 314 y 315) en el caso de presentación de severa sequía, que establece también la obligación de que la Dirección General de Aguas califique previamente, mediante resolución, los criterios que determinan el carácter de severa sequía. Se trataría de presentar sintéticamente el cuerpo normativo desarrollado en esta materia, señalando el objeto de cada norma, el procedimiento previsto para su aplicación y el responsable de dicha aplicación. El cuerpo normativo comprendería, al menos, las siguientes disposiciones:

- Código de Aguas (art 314 y 315)
- Resolución DGA (Exenta) N° 1331 de 2022. Establece criterios que determinan el carácter de severa sequía, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 314 del Código de Aguas.
- Resolución DGA (Exenta) N° 1482 de 2022. Establece requisitos procedimientos y forma de operación en materia de autorizaciones temporales de extracciones de aguas en zonas declaradas de escasez hídrica de conformidad a los dispuesto en el art 314 inciso 7.
- Resolución DGA (Exenta) N° 1104 de 2022. Establece condiciones técnicas mínimas, obligaciones y limitaciones, que deben cumplir los acuerdos de redistribución de las aguas, y establece procedimiento de revisión, conforme al Art 314 del Código de Aguas.

[2.2.4] Consideración del cambio climático en la planificación con visión de GIRH

La afección del cambio climático se produce en un contexto de altos niveles de competencia intersectorial por el agua, entre las zonas urbanas, los sectores de la energía y la agricultura, así como las necesidades de los ecosistemas. En la región, los planes nacionales de desarrollo tienden a reconocer los impactos del cambio climático relacionados con el agua y, en algunos casos, la importancia de la gestión del agua para el desarrollo económico.

Es necesario considerar los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos, y las demandas de agua cuando sea posible y se considere esencial, en los planes hidrológicos y garantizar la consistencia del programa de actuaciones propuesto para la implementación del plan considerando dicha afección.

Criterios propuestos para la consideración del cambio climático en los planes hidrológicos

El cambio climático puede afectar directamente a **tres elementos** fundamentales para la planificación hidrológica: los **recursos hídricos en régimen natural**, las **demandas asociadas a los diferentes usos productivos** del agua y a los **requerimientos ambientales** de las aguas, cuantificados fundamentalmente mediante el caudal ecológico que, dependiendo de la legislación de cada país, pueden constituir una restricción previa a cualquier uso o bien un uso del agua en competencia con el resto. Se trata de variables directamente relacionadas con los dos objetivos básicos de la planificación hidrológica, puesto que condicionan tanto los balances entre recursos y demandas que determinan el reparto del agua, como el estado (calidad), de las aguas. La alteración de estas variables puede afectar a la eficacia de las actuaciones contempladas en el plan hidrológico para alcanzar los objetivos, por lo que debe verificarse la consistencia de las actuaciones con la afección del cambio climático.

El objetivo es proponer criterios generales exclusivamente, puesto que varios de los aspectos indicados serán objeto de análisis detallado dentro de las tareas básicas para la **elaboración de un plan hidrológico** y de las tareas básicas para la **implementación y el seguimiento de un plan hidrológico**.

Conviene tener siempre presente la incertidumbre asociada a las previsiones cuantitativas en esta materia.

Criterios para la consideración de la afección del cambio climático sobre los recursos hídricos en régimen natural

Como es conocido se ha constatado una tendencia creciente de **aumento de la temperatura**. Se trata de una variable climática básica que afecta al resto de variables que determinan el ciclo hidrológico, como la evapotranspiración y la precipitación, alterando tanto su magnitud como su distribución espacial y temporal. Así, la aportación de **recursos hídricos en régimen natural**, es decir, previa a cualquier intervención humana que afecte a los caudales circulantes también **se ve afectada**.

Una consecuencia de la afección del cambio climático sobre los recursos hídricos es la **alteración de la frecuencia y magnitud de las inundaciones y sequías**. No obstante, esta cuestión no se considera en este apartado, puesto que ya ha sido tratada en el apartado dedicado a los Resultados de la planificación hidrológica con visión de GIRH. En él se ha abordado la consideración de estos fenómenos extremos en la planificación hidrológica, con independencia de cuál sea su causa.

Para elaborar un plan hidrológico resulta imprescindible contar con una serie de recursos en régimen natural suficientemente larga con intervalo temporal mensual representativa de la situación producida hasta el momento. Esta serie puede obtenerse mediante diferentes procedimientos, tal como se expondrá en el Inventario de recursos hídricos. Esta serie es un elemento básico para la realización del balance entre recursos y demandas y detectar posibles déficits e incumplimientos de los criterios de garantía de atención a las demandas.

El objetivo que se contempla en el presente epígrafe es disponer de una o varias series representativas de la afección del cambio climático sobre la serie actual. Para ello deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

La **fuente de información básica reconocida para obtener estas series son los escenarios climáticos de los informes del IPCC**, que en 2023 ha publicado los informes de su sexta evaluación. El informe anterior se elaboró en 2013. Este nuevo informe incide en que la región de Centro y Sudamérica es una de las más afectadas por los riesgos asociados a la seguridad hídrica, con un creciente número de personas vulnerables. En estas circunstancias, adaptarse al cambiante régimen de disponibilidad de agua resulta una prioridad. El IPCC pone a disposición pública un conjunto de escenarios climáticos elaborados a escala global por diferentes organismos. Los escenarios climáticos se obtienen simulando el clima global con un modelo de circulación general (MCG) al cual se le ha dado una hipótesis determinada de escenario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). En el informe de 2013 se consideraban cuatro hipótesis de emisiones denominadas Senda Representativa de Concentración (RCP), que permiten contemplar los efectos de las políticas orientadas a limitar el cambio climático, considerando desde la hipótesis más pesimista correspondiente al escenario tendencial hasta el más optimista, correspondiente a la implementación de políticas que permiten la consecución de las mayores reducciones de emisiones.

Sin embargo, la escala de esos escenarios climáticos globales es muy alta para ser utilizada en los estudios de impacto, por lo que es necesario proceder a su regionalización para la obtención de las variables climáticas básicas que permitan calcular la aportación de recursos hídricos en régimen natural afectada por el cambio climático correspondiente al escenario climático considerado. Este proceso, denominado *downscaling* permite obtener los escenarios climáticos regionalizados, también llamados proyecciones climáticas al haberse llevado a cabo una proyección local. La proyección climática es un escenario climático generado por un modelo climático global, bajo un escenario de emisión determinado y regionalizado mediante una técnica dada de proyección local. La proyección climática sí contiene las variables climáticas básicas para obtener, aplicando las técnicas adecuadas, que se exponen en el apartado de contenido y Tareas, la aportación para el escenario climático considerado.

- El **proceso de regionalización de los escenarios climáticos globales** a una escala que permita su empleo en la planificación hidrológica es técnicamente complejo y requiere importantes recursos. (en función de las dimensiones de la cuenca puede ser conveniente a escala de cuenca si esta es muy extensa o bien a escala nacional o incluso regional si se trata de países de pequeño tamaño, como puede ser el caso de Centroamérica). Por ello, esta tarea excede a la planificación hidrológica. Las proyecciones climáticas son un insumo tanto para la planificación hidrológica como para otras planificaciones sectoriales que deben ser facilitadas por el organismo competente en materia climática de acuerdo con la organización de cada país.

En este sentido cabe destacar los trabajos del Proyecto Euroclima, Programa regional de la UE sobre acción climática en América Latina, donde AECID es una de las agencias implementadoras.

A su vez, la situación ideal sería que, una vez disponible la regionalización, que habrá permitido obtener las variables climáticas básicas, la traducción de éstas en series de aportaciones de recursos hídricos en régimen natural mediante un modelo hidrológico fuera realizada por un ente nacional o regional, garantizando la homogeneidad del proceso en todo el territorio considerado. No obstante, si esto no fuera posible, la aplicación del modelo hidrológico podría ser asumida por cada plan hidrológico, puesto que se trata de replicar el procedimiento seguido para obtener la serie de aportaciones en régimen natural representativa de lo realmente sucedido en el período de análisis considerado en el plan hidrológico, tomando como variables climáticas básicas las resultantes de la regionalización de los escenarios.

- La **obtención de los escenarios de cambio climático regionalizados** está sujeto, en los pasos sucesivos que requiere, a **incertidumbres**, que hay que considerar cuando se empleen para **evaluar impactos del cambio climático**, en particular para determinar la **afección sobre los recursos hídricos en régimen natural**. La incertidumbre respecto al posible porcentaje de reducción del recurso deriva sobre todo de los modelos climáticos y, en menor medida, de los modelos hidrológicos. Las principales fuentes de incertidumbre se van acumulando en las distintas etapas del proceso de regionalización. Dichas fuentes son: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las concentraciones GEI y los aerosoles, los modelos globales y las técnicas de regionalización. Las incertidumbres dependen de la variable de que se trate, de la zona geográfica y de la escala y horizonte temporal considerados, creciendo a medida que aumenta el horizonte temporal de la proyección climática.

Hay que tener en cuenta, además, que las proyecciones de las variables climáticas derivadas de los resultados de los diferentes modelos de circulación global facilitados por el IPCC no son coincidentes entre sí, lo que constituye una fuente más de incertidumbre.

El principal desafío consiste en incorporar la incertidumbre de las proyecciones derivadas del cambio climático en la planificación de los recursos hídricos. Por tanto, el objetivo fundamental no debe ser la determinación de un único porcentaje de reducción de los recursos debido a la ocurrencia del cambio climático en un período determinado. Por el contrario, teniendo en cuenta la imposibilidad de eliminar la incertidumbre, como ya se ha señalado, el objetivo debería ser la identificación de tendencias y el análisis de la robustez y de la resiliencia del sistema de gestión de recursos hídricos ante las situaciones de estrés debidas a la materialización del cambio climático para detectar dónde es más vulnerable y proponer las medidas de adaptación necesarias.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se propone, como primera aproximación, **evaluar la afección del cambio climático sobre los recursos hídricos en régimen natural mediante un porcentaje de variación** (habitualmente de reducción, pero que también puede ser de incremento según el modelo de circulación global, la hipótesis de emisiones y las técnicas de regionalización) con respecto a la serie

de aportaciones definida como representativa de lo que ha sucedido realmente, que se haya utilizado para la realización de los balances entre recursos y demandas. Así resulta inmediata la obtención de una serie que incorpora la afección del cambio climático asociada al escenario climático de que se trate. Esta serie constituye un input básico para evaluar la vulnerabilidad del sistema de gestión de recursos hídricos resultante del programa de actuaciones propuesto en el plan hidrológico.

La obtención del **porcentaje de afección** debe realizarse por **comparación entre la serie representativa de lo realmente sucedido y la serie derivada de la proyección climática**. Como se ha indicado la obtención de la serie afectada por el cambio climático puede ser asumida por cada plan hidrológico, pero no así la regionalización de los escenarios climáticos. El empleo de un único coeficiente anual de relación entre las series es una primera aproximación, que puede ser mejorada por el cálculo de varios coeficientes que tengan en cuenta la variabilidad intraanual del porcentaje de reducción.

En principio, como primera aproximación que puede ser refinada en futuras revisiones del plan hidrológico, se propone utilizar un único coeficiente para todo el ámbito territorial del plan hidrológico. No obstante, si se trata de cuencas muy extensas o cuyas características físicas den lugar a diferencias notables de la afección del cambio climático dentro de la cuenca, podrían diferenciarse zonas geográficas dentro de ella con distinto coeficiente de afección. La factibilidad real de aplicar diferentes porcentajes de afección del cambio climático por zonas dentro de la cuenca dependerá del grado de detalle de la distribución geográfica de las variables climáticas básicas de las proyecciones climáticas.

Este proceso debe realizarse con la **selección de proyecciones climáticas** que se considere conveniente. Así se dispondrá de un juego de series de aportaciones representativas de la afección para distintos escenarios climáticos. La realización del balance entre recursos y demandas con estas series de aportaciones permitirá detectar, en su caso, la vulnerabilidad del sistema de gestión de recursos hídricos propuesto en el plan frente al cambio climático, su capacidad de recuperación o resiliencia y, en caso necesario, proponer nuevas medidas de adaptación.

Por último, se recomienda **acotar el número de proyecciones climáticas** consideradas para evaluar la afección del cambio climático sobre los recursos en régimen natural. La combinación de modelos de circulación global, RCPs y técnicas de regionalización puede generar un número muy elevado de proyecciones climáticas. Teniendo en cuenta lo indicado en cuanto a incertidumbre y a que el objetivo es la detección de tendencias y vulnerabilidad del sistema exclusivamente, carece de sentido considerarlas todas. Se recomienda que sea el organismo que ha realizado la regionalización de los escenarios climáticos quien defina los criterios para seleccionar las proyecciones climáticas a considerar o quien efectúe la selección directamente, por ser el que mejor conoce tanto el proceso como la adecuación de la distribución las variables climáticas básicas obtenidas en cada proyección.

La cuestión clave y ajena a la planificación hidrológica es disponer de escenarios climáticos regionalizados de cambio climático que aporten las variables climáticas básicas en la cuenca que permitan la evaluación de las aportaciones en régimen natural para dicho escenario de cambio climático. La determinación de estas aportaciones a partir de dichas variables básicas y del coeficiente o coeficientes de afección de la serie representativa de la situación real para obtener las afectadas por el cambio climático sí podría ser asumida como una de las tareas de elaboración del plan hidrológico. No obstante, la situación idónea sería que esta tarea fuese realizada a nivel nacional, de manera que mediante un procedimiento homogéneo se determinaran los coeficientes de afección para cada ámbito territorial de planificación hidrológica

Si no se dispusiera de escenarios climáticos regionalizados que se apliquen en la cuenca cuyo plan hidrológico se desea elaborar, como primera aproximación hasta que se disponga de ellos se recomienda utilizar coeficientes de afección del mismo orden de magnitud que los utilizados en otras cuencas que en la actualidad presenten similares características climáticas y geográficas.

Criterios para la consideración de la afección del cambio climático sobre las demandas asociadas a usos productivos del agua

Al igual que sucede con los recursos en régimen natural, las demandas asociadas a los diferentes usos del agua también se verán afectadas por el cambio climático, que puede alterar tanto su volumen total como su modulación temporal. Ello es debido a la modificación tanto de la temperatura como de la precipitación, tanto en cuanto a su valor como en cuanto a su distribución temporal. Sin embargo, existe una diferencia sustancial entre la afección del cambio climático sobre los recursos hídricos en régimen

natural y sobre las demandas que justifica una consideración muy diferente de ambas en la planificación hidrológica.

La afección sobre los recursos en régimen natural no puede evitarse ni reducirse, salvo con medidas de mitigación que no corresponden a la planificación hidrológica. La planificación hidrológica solo puede plantear medidas de adaptación para intentar paliar los efectos derivados de la afección del cambio climático sobre los recursos.

En cambio, la afección sobre las demandas sí puede contrarrestarse con medidas de adaptación tomadas por los distintos usuarios, de manera que la modificación de las demandas con respecto a la situación actual puede no ser significativa. Sin embargo, lo más relevante es que, a diferencia de lo que sucede con la afección sobre los recursos naturales, la afección sobre las demandas no obedece solo a previsiones que respondan a fenómenos físicos, con resultados predecibles con mayor o menor dificultad e incertidumbre. Ello es debido a que el hombre, que es quien genera las demandas, puede adaptarlas a la disponibilidad de recursos, intentando que la actividad asociada a ellas persista y mantenga su interés económico. Se analiza seguidamente la posible afección sobre las demandas de abastecimiento humano y las de regadío, que habitualmente son las dos más relevantes.

La demanda de abastecimiento humano se ve afectada por el cambio climático. A mayor temperatura y menor precipitación la demanda aumenta su volumen. No obstante, para que el incremento de la demanda sea sensible son necesarias temperaturas elevadas de forma persistente. Se trata de una demanda bastante rígida, determinada sobre todo por la evolución de la población, y el incremento asociado al cambio climático no es, en general, relevante en el conjunto de demandas. Además, a la incertidumbre inherente, ya señalada, a la obtención de las variables climáticas básicas en el proceso de regionalización de los escenarios, se une la incertidumbre asociada a que no se cuenta, en general, con un procedimiento definido para estimar la modificación de la dotación de abastecimiento y, por tanto, de la demanda, derivada de la modificación de las variables climáticas básicas.

En definitiva, teniendo en cuenta la incertidumbre acumulada en el cálculo de la nueva demanda y su reducida relevancia en el conjunto de demandas, no se considera relevante la modificación de la demanda de abastecimiento respecto a la situación actual a los efectos perseguidos de identificar vulnerabilidades del sistema de gestión de recursos hídricos como consecuencia del cambio climático, por lo que se estima que no es, en general, una tarea prioritaria para la elaboración del plan hidrológico. No obstante, el organismo encargado de la elaboración del plan podrá valorarlo en función de las características de cada cuenca.

La demanda de riego es, sin duda, la más importante cuantitativamente entre todos los usos del agua. Como es lógico puede verse sustancialmente afectada por el incremento de temperatura y la reducción de la precipitación, que aumentaran la dotación requerida por los cultivos para mantener el rendimiento. Sin embargo, ante esta situación existen múltiples posibilidades de reacción, medidas de adaptación, por parte de los usuarios para compensar el incremento de las demandas y que éstas no se vean sustancialmente alteradas con respecto a la situación de partida.

Así, sería factible conocer la dotación neta mensual que correspondería a los cultivos actualmente implantados en cada uno de los escenarios climáticos regionalizados a partir de las variables climáticas básicas obtenidas con la regionalización. A diferencia de lo que sucede con la demanda de abastecimiento, si se cuenta con procedimientos para estimar, a partir de dichas variables climáticas básicas, la modificación con respecto a la situación actual tanto del valor de la dotación anual de cada cultivo, como de la distribución de esta dotación a lo lardo del período de desarrollo del cultivo y también de dicho período, adelantándose o retrasándose con respecto a la situación actual.

No obstante, el valor y modulación de la demanda que es necesario conocer no es la asociada a un cultivo, sino a la distribución de cultivos implantada en las zonas regables que componen cada unidad de demanda. Si de acuerdo con las variables climáticas de los escenarios regionalizados se acentúan los desfases entre la demanda y el volumen que puede recibir el agricultor con respecto a la situación actual, esto generará un proceso de adaptación por parte del agricultor, que o bien modificará la fecha de siembra o bien utilizará otras variedades de cultivos menos consumidoras de agua. Hay que tener en cuenta, además, que la decisión del cultivo a implantar está asociada a variables de mercado cuya previsión excede a la planificación hidrológica.

En consecuencia, se considera discutible el interés de estimar la modificación de la demanda de riego respecto a la situación actual a los efectos perseguidos de identificar vulnerabilidades del sistema de

gestión de recursos hídricos como consecuencia del cambio climático. Ello es debido a que la incertidumbre asociada a la regionalización de los escenarios climáticos para obtener las variables climáticas básicas, se le acumula la incertidumbre derivada de las estrategias de adaptación del agricultor como reacción a la modificación de la disponibilidad de recursos hídricos y a las variaciones del mercado agrario, que condicionan de manera determinante el valor de la demanda. Este conjunto de incertidumbres hace que la verosimilitud de cualquier estimación de modificación de la demanda pueda ser reducida. Por ello, se propone elegir entre una de las dos opciones siguientes, a juicio del organismo responsable de la elaboración del plan hidrológico de cuenca:

- **Prescindir de la consideración de la afección del cambio climático sobre la demanda** manteniendo la estimación de la demanda correspondiente al horizonte u horizontes futuros en ausencia de cambio climático.
- **Considerar la distribución de cultivos supuesta para obtener la demanda en el horizonte u horizontes futuros y calcular la dotación neta de cada cultivo** a partir de las variables climáticas básicas resultantes de la regionalización de los escenarios climáticos considerados. A partir de las dotaciones netas se obtendrá la demanda afectada por el cambio climático en cada escenario.

La elección de la opción a considerar dependerá fundamentalmente de la confianza dada al mantenimiento de la distribución de cultivos estimada para el horizonte futuro en los escenarios de cambio climático considerados. El organismo encargado de la redacción del plan definirá la opción que considera más adecuada entre las dos anteriores o bien otra que considere más conveniente en función de las características de la cuenca considerada.

Criterios para la consideración de la afección del cambio climático sobre el régimen de caudales ecológicos

El régimen de caudales ecológicos de las aguas superficiales es la expresión de las necesidades ambientales en cuanto a flujo de agua de los ecosistemas asociados a dichas aguas. Igualmente, en el caso de las aguas subterráneas deberían llegar a determinarse, siempre que la información disponible lo permita, los niveles piezométricos que garanticen la aportación de los caudales ecológicos bien de los cauces con los que estén conectadas o bien las necesidades ambientales de las zonas húmedas que dependan de ellas. El plan hidrológico debe definir, en la medida de lo posible, el régimen de caudales ecológicos, los niveles piezométricos y las necesidades ambientales que considere necesario de acuerdo con la normativa vigente.

La propuesta de criterios para determinar la afección del cambio climático se va a centrar en los caudales ecológicos[15], entendidos como régimen de caudales mínimos, de los cauces superficiales exclusivamente, pero podría ser aplicable también para los requerimientos de las aguas subterráneas.

En cualquier caso, debe tenerse presente que el caudal ecológico tiene dos concepciones diferentes en los países del ámbito de la CODIA. La primera consiste en que, de acuerdo con su ordenamiento jurídico, en algunos países se considera como una restricción previa, es decir, el volumen destinado a caudal ecológico se retira del sistema previamente al reparto de los recursos entre los diferentes usos. Se trata de un volumen que se detrae sin entrar en competencia con el resto de usos.

La segunda concepción posible consiste en considerar el caudal ecológico como un uso más, de carácter ambiental, que entra en competencia por los recursos con el resto de los usos. Se trata de una demanda más que deberá verificar el criterio de garantía que en su caso se establezca.

Hay que señalar que la determinación del régimen de caudales ecológicos en la situación actual es una tarea compleja, que requiere una gran cantidad de información hidrológica y biológica. La presentación de las diferentes metodologías de cálculo se detallará en el apartado correspondiente de la Guía. Basta

[15] La definición del régimen de caudales ecológicos contempla varios componentes. El fundamental, al cual se refieren los criterios propuestos, es el régimen de caudales mínimos, pero también incluye otros, como la definición de los caudales máximos, que son aquellos que no deben superarse en la gestión ordinaria de las infraestructuras, o la tasa de cambio, que se define como la máxima diferencia de caudal admisible por unidad de tiempo.

decir aquí que los métodos hidrológicos requieren información de caudales diarios y los biológicos conocer las especies características de cada tramo de río y que la tendencia actual es emplear los dos métodos complementariamente.

La afección del cambio climático sobre el caudal ecológico puede plantearse de dos maneras diferentes. La primera consiste en considerar que el cambio climático es una presión sobre las aguas equiparable a otras de origen antrópico, como las extracciones o la contaminación. Por tanto, no puede admitirse con carácter general que se modifiquen las condiciones de los cauces superficiales como consecuencia de esa presión y, por tanto, el régimen de caudales mínimos debería mantenerse invariable en el futuro.

La segunda manera supone considerar que la afección del cambio climático dará lugar a unas condiciones ambientales diferentes que modificarán la distribución de especies actual y, por tanto, el régimen de caudales mínimos asociado.

La primera posibilidad supone que el régimen de caudales mínimos es constante e igual al actual. Este enfoque no parece razonable a largo plazo, puesto que el mantenimiento de la distribución de especies no depende solo del caudal circulante, sino también de otras variables climáticas como temperatura, humedad, etc. Si estas variables cambian, tal como se prevé que suceda por el cambio climático, aunque se mantuvieran los caudales circulantes, cambiarían las especies y, por tanto, debería modificarse el régimen de caudales mínimos.

La segunda posibilidad requiere conocer la distribución de especies correspondiente a las variables climáticas básicas obtenidas en la regionalización de escenarios. Actualmente no se cuenta con las metodologías que permitan predecir cuáles serían esas especies, por lo que no se podrían aplicar los métodos biológicos para la determinación del régimen de caudales mínimos afectado por el cambio climático.

La aplicación de los métodos hidrológicos requiere, como se ha indicado, datos de caudales diarios. La regionalización de escenarios puede permitir obtener las variables climáticas básicas con paso diario. Sin embargo, su transformación en caudal diario requiere modelos complejos, que no son habitualmente empleados en la planificación hidrológica, cuyo paso temporal habitual es el mensual. De hecho, el procedimiento comúnmente empleado para obtener los caudales diarios en la situación actual no es la modelación a partir de datos climáticos diarios, sino la obtención de patrones diarios de la distribución de caudales a partir de registros reales en estaciones de aforo representativas de las condiciones de los tramos en los que se quiere determinar el caudal ecológico. Estos patrones diarios observados no están disponibles, como es lógico, para escenarios futuros, como son los correspondientes a los efectos del cambio climático. Por lo tanto, no es evidente contar con caudales diarios para evaluar los caudales ecológicos correspondientes a la situación de afección por el cambio climático aplicando métodos hidrológicos.

En conclusión, no se considera que la estimación de la modificación del régimen de caudales mínimos respecto a la situación actual pueda aportar información de utilidad suficiente a los efectos perseguidos de identificar vulnerabilidades del sistema de gestión de recursos hídricos como consecuencia del cambio climático. Ello es debido a que no se cuenta con la información necesaria para aplicar los métodos hidrológicos ni tampoco los biológicos, por no disponer de metodologías para estimar cuáles serían las especies características en las condiciones ambientales derivadas de los escenarios de cambio climático. A ello se añade la circunstancia de que en buena parte de los casos aún no está definido el régimen de caudales ecológicos en situación actual, tarea previa necesaria para la identificación de la modificación debida al cambio climático. En consecuencia, se estima que en el estado actual del conocimiento, el análisis de la repercusión del cambio climático sobre el régimen de caudales mínimos no es, en principio, una cuestión prioritaria en la elaboración del plan.

Criterios para la evaluación de la consistencia de las actuaciones previstas en el plan hidrológico con la afección del cambio climático

Según se ha indicado en el apartado de *Resultados de la planificación hidrológica con visión de GIRH* el programa en que se identifican, con una caracterización básica, las actuaciones necesarias para alcanzar los objetivos básicos de la planificación es uno de los resultados fundamentales de un plan hidrológico. Con frecuencia, se trata de actuaciones relevantes, bien desde el punto de vista de la inversión y del plazo de ejecución o bien desde el punto de vista normativo. Por ello, debido tanto al

esfuerzo que puede suponer la materialización de las actuaciones como a su efecto a largo plazo, resulta de sumo interés evaluar la consistencia de dichas actuaciones con la afección del cambio climático. Es decir, se trata de verificar, asumiendo las incertidumbres a las que se ha hecho referencia en los apartados previos, que las actuaciones previstas en el plan hidrológico mantienen su eficacia en los escenarios de cambio climático considerados.

Para ello deben realizarse el balance entre recursos y demandas, así como el análisis de la calidad de las aguas teniendo en cuenta los resultados del balance, considerando la afección del cambio climático sobre las distintas variables. Para introducir la afección del cambio climático en el análisis de consistencia de las actuaciones se recomienda:

- **Recursos hídricos en régimen natural**: introducción en el balance de las series de aportaciones de recursos hídricos en régimen natural afectadas por los coeficientes resultantes para cada uno de los escenarios regionalizados de cambio climático considerado, tal como se ha indicado en el apartado dedicado a la afección sobre los recursos.
- **Demandas**: introducción en el balance de las demandas de acuerdo con la elección de cada país: utilizar las demandas mensuales estimadas para los horizontes futuros prescindiendo de la afección del cambio climático para todos los usos o bien mantenerlas para todos los usos salvo el agrario. En esta hipótesis, la demanda agraria se estimaría suponiendo la distribución de cultivos indicada en el horizonte futuro y las variables climáticas básicas afectadas por el cambio climático.
- **Régimen de caudales ecológicos:** mantener los correspondientes a la situación actual.

Si tras la realización de los balances se detecta que en los escenarios de cambio climático o bien no es posible atender adecuadamente las demandas o bien es previsible un empeoramiento del estado (calidad) de las aguas, se pondrá de manifiesto esta tendencia. Se identificará si el problema puede deberse a insuficiencia de las actuaciones previstas (por ejemplo, necesidad de mayor capacidad -volumen- de depuración o de tratamientos que consigan una mayor reducción de contaminantes, necesidad de mayor capacidad de transporte de conducciones, necesidad de mayor capacidad de almacenamiento de los embalses, etc.) o bien a no idoneidad de las actuaciones (por ejemplo, exceso de capacidad de almacenamiento de los embalses previstos o capacidad de transporte no utilizada de las conducciones previstas, debido a la modificación de las aportaciones, etc.). En ambos casos, pero especialmente en el segundo, se recomienda proceder a la revisión de las actuaciones previstas, y a recomendar posibilidades de adaptación, entre las que puede encontrarse su implementación por fases, en función del resultado de los programas de seguimiento.

[2.2.5] Instrumentos de planificación hidrológica

Se entiende por instrumentos de planificación hidrológica las **figuras de planificación con visión de GIRH previstas en el ordenamiento jurídico de cada país**. Como es obvio, el instrumento clave es el plan hidrológico de cuenca, recogido en la normativa en la mayoría de los países, pero pueden existir también otras figuras asociadas a otros ámbitos territoriales.

El primer escalón de definición del proceso de elaboración y aprobación de los planes, una vez definido su objetivo y contenido, es el establecimiento claro de los **hitos del proceso de elaboración y aprobación** (secuencia de documentos que deben elaborarse y plazos para hacerlo, incluyendo los procesos de participación y los órganos competentes para su aprobación e implementación).El segundo escalón es la definición del **procedimiento para elaborar los documentos indicados**, detallando las tareas que deben llevarse a cabo para ello, incluyendo las tareas técnicas.

Criterios para definir los instrumentos de planificación

Se van a considerar, de acuerdo con la indicado en los antecedentes, **dos instrumentos básicos de planificación**, correspondientes a dos ámbitos territoriales distintos: **el de cuenca** (plan hidrológico de cuenca) **y el nacional** (plan hidrológico nacional). La denominación puede variar de un país a otro, pero la referencia conceptual asociada al ámbito es clara. Para cada uno de ellos se aportarán criterios sobre el contenido mínimo, el procedimiento de elaboración y aprobación y, por último, se planteará la necesidad de coordinación entre ellos.

Conviene señalar que la diferenciación de estos dos instrumentos exclusivamente es compatible con la elaboración de planes para ámbitos territoriales inferiores a la cuenca, pero siempre definidos desde el enfoque de la planificación de la cuenca en su conjunto. Para esta cuestión se remite a apartados anteriores donde se ha abordado este tema con detalle. Igualmente, el plan de cuenca puede tener como ámbito territorial dos o más cuencas vecinas, agrupadas en función de criterios hidrológicos y de gestión, tal como se recoge en **apartados anteriores**, al que se remite para mayor información.

El plan de cuenca es una figura imprescindible, mientras que el plan nacional podría no ser estrictamente necesario en todos los países, si bien, como se indicará después, puede jugar un papel igualmente esencial en función de las circunstancias hidrológicas de cada país. Asimismo, dependiendo de las características de cada país, puede ser conveniente abordar la planificación de cuencas desde una visión nacional.

Se van a presentar dos esquemas posibles, el primero parte de la elaboración de los planes de cuenca y concibe el plan hidrológico nacional como un elemento de coordinación entre los distintos planes de cuenca. El segundo parte del plan nacional como elemento de diagnóstico a nivel nacional, que actúa como orientador y como instrumento de priorización de los planes de cuenca. Ambos enfoques son posibles y cada país deberá optar, si es que en su ordenamiento jurídico no se ha hecho ya, por alguna de las dos opciones. En cualquiera de ellas el contenido mínimo del plan de cuenca es el mismo y su procedimiento de elaboración también, por lo que se presenta este en primer lugar.

En cualquier caso, resulta muy conveniente para su materialización efectiva, o incluso imprescindible en algún caso, que tanto el plan de cuenca como, en su caso, el plan hidrológico nacional, estén contemplados en el ordenamiento jurídico en materia de recursos hídricos.

Plan de cuenca

Contenido mínimo del plan de cuenca

El contenido mínimo del plan de cuenca debe establecerse en función de los objetivos de la planificación hidrológica, que como ya se ha indicado en el criterio correspondiente son dos: la adecuada satisfacción de las demandas y la consecución del buen estado de las aguas, con el enfoque propuesto en dicho criterio. Se trata aquí de presentar brevemente el contenido, sin entrar en el detalle de cómo puede cumplimentarse dicho contenido, que será objeto del apartado de Contenido y Tareas de esta Guía. Algunos contenidos ya han sido abordados en otros criterios, por lo que se remite a ellos.

El **contenido mínimo** propuesto es el siguiente:

- **Descripción del medio físico** que incluya una caracterización geográfica y geológica del ámbito de planificación, la delimitación de la red hidrográfica y la identificación de las masas de agua superficial (ríos, lagos y embalses), así como los límites y localización de las masas de agua subterránea. Igualmente debe incluir la evaluación de los recursos hídricos de la cuenca, superficiales y subterráneos, que comprenda tanto la caracterización de sus regímenes hidrológicos como su calidad. Se considerará también la afección del cambio climático, para lo que se remite a los criterios propuestos para la consideración del cambio climático en los planes hidrológicos, presentados en otros apartados. La presentación y documentación de todos estos elementos debe posibilitar su utilización como datos básicos sobre los que se va a construir el plan. Por ejemplo, la explicación de los rasgos geológicos deberá apoyar la caracterización de los acuíferos, la descripción de los regímenes hidrológicos deberá ser utilizada para calcular los balances entre disponibilidades de agua y demandas, por lo que tendrá que ofrecer el detalle que para ello se requiera. Lo mismo puede decirse de las precipitaciones y de los caudales extremos, ligados a procesos de inundación o de sequías. Igualmente, la presentación de los aspectos cualitativos deberá ser suficientemente explícita como para permitir el diagnóstico y la identificación objetiva de los problemas que el plan deba resolver.
- **Descripción general de los usos, demandas y presiones**, incluyendo al menos la evaluación de los usos y demandas, las presiones por contaminación puntual y difusa y otras afecciones significativas debidas a la actividad humana. También se incluirá la distribución demográfica y de las actividades socioeconómicas vinculadas con los usos del agua en el ámbito territorial de planificación. Esta evaluación, en particular la de usos y demandas, se realizará tanto en situación actual como para el horizonte temporal futuro (uno o varios) considerado en el Plan. La descripción incluirá la identificación de los conflictos entre usos existentes en la cuenca, con

objeto de que puedan servir de calibración y contraste a los balances entre recursos y demandas en situación actual. Se considerará también la afección del cambio climático, para lo que se remite a los criterios propuestos para la consideración del cambio climático en los planes hidrológicos, presentados en un capítulo posterior.

En este apartado debe tener cabida un inventario del patrimonio hidráulico, al menos de los elementos que, como pueden ser los grandes embalses, canales o campos de pozos, posibilitan la regulación de los caudales y la acomodación de la oferta natural de recursos a las demandas.

Nuevamente debe tenerse presente que el detalle que ha de ofrecer toda esta información deberá permitir su inclusión en los modelos numéricos a construir y utilizar para el cálculo de los balances o para la estimación del efecto de las presiones sobre el estado de las aguas, tanto en la situación actual, para su diagnóstico, como en la futura a los horizontes de planificación, para verificar el cumplimiento de los objetivos socioeconómicos y ambientales. En consecuencia, no puede limitarse a una descripción cualitativa, sino que se precisarán datos cuantitativos que permitan poner de manifiesto y explicar con objetividad aquellos problemas que el plan deberá identificar y afrontar, así como la estimación de la eficacia de las diversas soluciones consideradas.

- **Criterios de prioridad, compatibilidad y orden de preferencia entre usos**, bien ya establecidos con carácter general en el ordenamiento jurídico o bien definidos en el Plan, ya sea para todo su ámbito territorial o particularizados por subcuencas o, mejor dicho, unidades de gestión definidas. La finalidad de este trabajo es doble; por una parte, orientará la asignación de los recursos disponibles y, por otra, en el plano de la gestión, puede permitir el establecimiento de procedimientos de expropiación o compra de derechos de unos usos respecto a otros a los que se asocie un menor nivel de prioridad. El abastecimiento de la población, primera prioridad entre todos los usos puede quedar protegido por la ley.
- **Definición de caudales ecológicos**, identificando las masas de agua en las que se establecen y el régimen de caudales propiamente dicho. Interesa nuevamente una definición cuantitativa y clara, de tal forma que permita tanto su posterior aplicación como su consideración en el balance, bien sea como una restricción previa a cualquier uso o un uso propiamente dicho.
- **Evaluación del estado de las masas de agua superficial y subterránea**, a partir tanto de la información de los puntos de control como del análisis de presiones por contaminación puntual y difusa. Como ya se ha indicado en el apartado dedicado al *Criterio para evaluar el estado de la calidad de las aguas* dentro de los objetivos de la planificación, en función de la información disponible, la evaluación del estado puede tener que limitarse inicialmente a la componente fisicoquímica, a la hidromorfológica o bien, si el nivel de conocimiento lo permite, podrá integrar también la componente biológica.
- **Establecimiento de objetivos ambientales para cada masa de agua**. De acuerdo con lo expuesto en el apartado *Criterio para evaluar el estado de la calidad de las aguas*, al que se remite para una explicación más detallada, en las primeras ediciones de los planes con frecuencia es posible que solo sea factible establecer objetivos de calidad conforme a parámetros fisicoquímicos y químicos. Los objetivos se deberán también definir usando parámetros e indicadores concretos, análogos a los de evaluación del estado. Su cumplimiento, de acuerdo con la esperada eficacia de los programas de actuaciones, deberá quedar previsto en la definición de objetivos para un determinado horizonte de planificación, para cuya identificación habrá que considerar el tiempo requerido para implementar las actuaciones y, además, el necesario posterior para que su efecto se haga palpable.
- **Asignación y reserva de recursos para usos actuales y futuros** mediante la realización de balances que tengan en cuenta los recursos, las demandas actuales y futuras y el régimen de caudales ecológicos; así como, en su caso, otras restricciones previas que deban ser tomadas en consideración, como por ejemplo serían las derivadas de los compromisos internacionales sobre las aguas compartidas. En este contenido se hace un reparto de los recursos entre las distintas demandas, de manera que todas puedan ser adecuadamente satisfechas. El cálculo de estos balances va a precisar de una información plurianual desagregada, tanto en lo referido a los recursos hídricos como a las demandas, y por supuesto, respecto a los elementos que se integren como restricciones.

En cuanto a la situación futura, habrá que incluir las características básicas de las potenciales actuaciones que el plan vaya a incorporar en su programa de actuaciones, en especial aquellas que vayan

a servir para mejorar la seguridad hídrica en el futuro, de acuerdo con la programación prevista en el propio plan.

- **Criterios para la consideración de los fenómenos extremos** (inundaciones y sequías). El enfoque con el que se recomienda abordar esta cuestión, que no puede obviarse en el plan de cuenca, es el presentado en el epígrafe *Criterios para la relación entre el plan hidrológico y otros niveles de mayor detalle. Consideración de los fenómenos extremos*. Se remite a este apartado para un mayor detalle, si bien lo esencial es que el plan de cuenca no puede resolver por sí mismo los problemas de gestión de sequías ni de evitar o minimizar los daños asociados a las crecidas, sino que constituye un paso previo.
- **Análisis económico del sector del agua** que identifique la contribución del agua a la economía, así como la sostenibilidad económica del sector del agua con los mecanismos existentes de repercusión del coste de los servicios prestados. Los resultados de este apartado deberán proporcionar información para el diseño de los escenarios futuros (a los horizontes de planificación que se adopten) de demandas y presiones, tomando como base la información socioeconómica y la trayectoria de las políticas sectoriales. Así mismo, este análisis ha de permitir evaluar si la política tarifaria sobre el agua que se viene aplicando en el ámbito de planificación es la adecuada o si precisa correcciones. Igualmente, será necesario recopilar las sendas y las previsiones inversoras de los agentes responsables de la ejecución del programa de actuaciones específicas, así como de sus potenciales colaboradores financieros, para determinar cuál es la dimensión razonable del programa que se vaya a adoptar y el tiempo durante el que, condicionados por unas limitaciones financieras realistas, puede resultar necesario extender la programación de las actuaciones. Todo ello tendrá una directa repercusión en el plazo de cumplimiento de los objetivos de la planificación.
- **Programa de actuaciones** para alcanzar los objetivos ambientales y la adecuada satisfacción de las demandas. Esto último debe corresponderse con la materialización de la asignación y reserva de recursos propuesta en el Plan. Para un mayor detalle sobre esta cuestión se remite al apartado de *Criterios para la definición del programa de actuaciones*, incluido dentro del epígrafe de resultados de la planificación hidrológica con visión de GIRH.
- Descripción del proceso de elaboración del plan, que incluya las medidas de **consulta y participación pública** durante dicho proceso.
- **Programa de seguimiento del plan**, que constituye el medio para verificar si la implementación del plan es adecuada y, en caso contrario, efectuar los ajustes oportunos. Lo relativo al programa de seguimiento del plan ha sido abordado con detalle en un apartado específico, al que se remite, dentro del epígrafe de *Resultados de la planificación con visión de GIRH*.

Se recomienda que este contenido mínimo del plan de cuenca quede reflejado en **disposiciones de rango legal o reglamentario**. Igualmente, como ya se ha señalado para algunos de los contenidos en los criterios correspondientes, se considera de interés que queden reflejados en lineamientos o guías técnicas las tareas y procedimientos concretos para materializar cada uno de los contenidos, algunos de los cuales se reflejarán en el apartado de Contenido y Tareas de la presente Guía.

No obstante, si la definición a nivel legal o reglamentario de este contenido mínimo de los planes de cuenca es compleja debido a la tramitación que requiera, se recomienda, como primer paso, reflejar el contenido mínimo en **lineamientos o guías técnicas** de fácil tramitación, para continuar después con el detalle de los procedimientos técnicos para materializarlos, de manera que puedan comenzar a elaborarse planes de acuerdo con ellos.

Conviene destacar que, a pesar de tratarse de un contenido mínimo para dar respuesta a los objetivos de la planificación, es un listado suficientemente complejo y prolijo. Por ello, con objeto de facilitar la elaboración y, sobre todo, la posterior implementación del plan de cuenca se recomienda ser muy cauto a la hora de incluir contenidos adicionales. Conviene asegurar que, caso de incluirse, dichos contenidos adicionales no desvíen el foco de la gestión de los recursos hídricos propiamente dicha, aproximándose más a un plan de gestión de usos del suelo o de gestión de espacios naturales, por ejemplo, o hagan inabordable en la práctica bien la elaboración del plan o bien su aplicación.

Procedimientos de elaboración

El criterio para la definición del procedimiento de elaboración de los planes de cuenca es que debe cumplir **tres requisitos fundamentales**:

- **Garantizar que se desarrollan los contenidos definidos** para el plan hidrológico.
- **Garantizar que se elabora en coordinación con el resto de planificaciones sectoriales** que afectan a los recursos hídricos, lo que requiere la existencia de unos mecanismos adecuados de coordinación interadministrativa. Se remite al apartado de *Relación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales* para esta cuestión.
- **Garantizar la participación pública** durante el proceso de elaboración y, en su caso, aprobación, que asegure que se ha escuchado a todos los agentes implicados y que se han analizado sus observaciones y sugerencias. La participación pública será objeto de un capítulo específico de la Guía, por lo que aquí se incluyen exclusivamente algunos aspectos esenciales en relación con el proceso de elaboración de los planes de cuenca.

Por último, se efectúa alguna consideración sobre el procedimiento para abordar los trabajos técnicos básicos tanto del Diagnóstico como de la Propuesta de plan. En principio todos los trabajos se realizan a la escala del ámbito territorial del plan de cuenca, como se expondrá en el apartado de Contenido y Tareas de esta Guía. Sin embargo, es indudable que garantizar una homogeneidad entre todos los planes de cuenca en trabajos como la evaluación de recursos hídricos, el análisis de demandas y presiones, la determinación de caudales ecológicos o la evaluación del estado, es una ventaja que asegura la comparabilidad entre los resultados obtenidos por los distintos planes.

Por ello, se considera de interés que cuando el tamaño del país lo permita, se aborden trabajos como los indicados a escala nacional con el detalle suficiente para ser empleados en la planificación de cuencas. Este planteamiento, además de las ventajas de la homogeneidad y comparabilidad ya reseñadas, aporta también otra adicional, la economía de escala asociada a un mayor ámbito de los trabajos.

Plan Hidrológico Nacional

Como ya se ha indicado, existen dos enfoques posibles para el Plan hidrológico nacional: que sea un **elemento coordinador de los planes de cuenca o que sea un elemento orientador de los mismos**.

El enfoque como elemento coordinador implica que el Plan hidrológico nacional debe elaborarse una vez concluidos los planes de cuenca. Su función sería resolver aquellas cuestiones que puedan afectar a más de un plan de cuenca. Existen, al menos, varios **contenidos claros**:

- **Tratamiento de acuíferos compartidos** entre distintos planes de cuenca: delimitación y caracterización del acuífero, asignación de recursos entre los planes de cuenca implicados y definición de objetivos ambientales cuando no sean coincidentes las determinaciones de los diferentes planes de cuenca.
- **Coordinación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales nacionales cuyo ámbito excede al del plan de cuenca**. El caso más claro es la previsión de transferencias entre ámbitos territoriales de distintos planes de cuenca para atender demandas previstas en la planificación sectorial para las que o bien no existen recursos propios suficientes en el ámbito territorial del plan de cuenca en la que se ubican o bien, aun existiendo, se han identificado también otras alternativas con recursos procedentes de otras cuencas, viables ambiental, social y económicamente, que puedan resultar mejores desde el punto de vista del análisis coste-eficacia.
- **Coordinación de los objetivos ambientales entre distintos planes de cuenca**: solo resultará de aplicación en el caso de que el ámbito de un plan de cuenca se encontrará aguas abajo de otro, circunstancia que, en principio, no debería producirse. En este caso, la consecución de los objetivos ambientales del de aguas abajo podría quedar comprometida por las determinaciones del plan de cuenca aguas arriba, debiendo el Plan nacional garantizar la adecuada coordinación.

Si se adopta el enfoque del Plan hidrológico nacional como elemento coordinador, si los planes de cuenca tienen carácter normativo, el Plan nacional también debe tenerlo, y ser de rango superior al de los planes de cuenca, puesto que en función de los contenidos indicados, puede requerir adecuaciones de los planes de cuenca. Tanto su existencia, como su contenido y procedimiento de elaboración y aprobación debería quedar reflejado en la normativa en materia de recursos hídricos del país. Sin pretender condicionar la opción a adoptar por cada país, este enfoque, si bien puede resultar aplicable en cualquier país, puede ser más adecuado en casos en los que exista una institucionalidad del agua bien implantada y que han iniciado ya el proceso de elaboración e implementación de planes de cuenca.

El enfoque del Plan hidrológico nacional como elemento orientador de los planes de cuenca supone que dicho Plan realiza un análisis similar al indicado en el documento de Diagnostico descrito en la etapa 1 del proceso de elaboración del plan de cuenca, pero a escala nacional. Los trabajos de base empleados, en principio, pueden ser de menor detalle que en el caso de un plan de cuenca, si bien esto puede venir condicionado por la extensión del país, como ya se ha indicado en el apartado de proceso de elaboración del plan de cuenca (link al apartado Etapas del proceso de planificación hidrológica).

El resultado del Plan hidrológico nacional, que tendría en cuenta el resto de planificaciones sectoriales, al igual que un plan de cuenca, pero de ámbito nacional, sería la identificación y cuantificación de problemas y el esbozo de soluciones mediante la propuesta de líneas estratégicas a desarrollar para resolverlos. Entre ellas se encontrarían el desarrollo de los planes de cuenca. El plan hidrológico nacional, en función del análisis realizado, podría orientar el contenido de cada plan de cuenca, simplificando la etapa de diagnóstico del propio plan de cuenca. El Plan nacional también podría priorizar entre planes de cuenca en función de la gravedad de los problemas detectados.

Con este enfoque los planes de cuenca son el desarrollo lógico de las líneas estratégicas establecidas en el Plan nacional, de manera que no existe posibilidad de contradicción entre ellos, quedando garantizada la coordinación. Sería conveniente, pero no imprescindible, que la figura del Plan nacional estuviera contemplada en la regulación en materia de recursos hídricos, indicado su finalidad, incluyendo la relación con los planes de cuenca, y su contenido mínimo. En este caso no sería imprescindible tampoco la asignación de un rango normativo al Plan nacional.

Al igual que con el enfoque anterior, sin pretender condicionar la opción a adoptar por cada país, este enfoque del Plan nacional como orientador de los planes de cuenca puede resultar más adecuado en casos en los que no existe aún una institucionalidad del agua bien implantada territorialmente, que no han iniciado aún el proceso de elaboración e implementación de planes de cuenca o bien que, por su reducida extensión, puede abordarse la planificación de cuencas desde el ámbito nacional.

[2.2.6] Relación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales

Como ya se ha señalado en anteriormente, los objetivos de la planificación hidrológica con visión de GIRH deben alcanzarse en armonía con el desarrollo económico y social a nivel nacional, regional y local, con el medio ambiente y los demás recursos naturales. Para ello es necesario **garantizar la coordinación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales**, para las cuales los recursos hídricos son un insumo básico, bien de carácter productivo o bien de carácter ambiental.

Puede decirse que la **planificación hidrológica con visión de GIRH no es un fin en sí misma**, sino que está **al servicio de otras planificaciones sectoriales** que requieren el insumo de los recursos hídricos. La planificación hidrológica tiene el papel fundamental de asegurar el reparto adecuado de estos recursos, ordenando su distribución entre los usos regulados por otras planificaciones (urbanística, agrícola, ganadera, industrial, energética, etc.), asegurando la compatibilidad entre ellas y velando además porque esta asignación de recursos sea compatible con el mantenimiento o la consecución del buen estado de las aguas

Criterios para establecer la relación con otras planificaciones sectoriales

El plan hidrológico debe considerar las necesidades de recursos previstas por otras planificaciones como puede ser la demanda de abastecimiento de los distintos núcleos de población, planificación urbana, incluyendo la demanda estacional asociada al desarrollo del turismo, la demanda de los regadíos tanto existentes como previstos en la planificación agropecuaria, la demanda de abastecimiento de las industrias existentes y previstas en la planificación correspondiente, la demanda existente y prevista para la generación de energía eléctrica en la cuenca, etc.

Una vez recibida esta información debe efectuarle el balance entre recursos y demandas en los horizontes temporales establecidos con el fin de comprobar si es posible atender las demandas existentes y previstas (cumpliendo los criterios de garantía antes definidos), indicando la fuente de recursos de la que debe abastecerse cada una. En caso de no ser posible atender las demandas, el Plan debe definir, a escala de planificación exclusivamente, las actuaciones necesarias para conseguirlo o bien concluir que no es posible atender todas las demandas previstas indicando entonces cuáles no podrán materializarse.

Conviene tener presente que para atender las demandas puede ser necesario plantear actuaciones que no sean competencia de la administración que elabora el plan hidrológico, lo que pone nuevamente de manifiesto la necesidad de coordinación entre distintos sectores y administraciones para garantizar su viabilidad. Por ejemplo, puede ser necesario mejorar la eficiencia en el uso del agua en determinadas zonas regables ya existentes para asegurar la disponibilidad del volumen necesario tanto para dichas zonas como para otras nuevas planteadas en la planificación agraria. La necesidad de la modernización de zonas en explotación es detectada y cuantificada por la planificación hidrológica, pero su implementación, incluyendo la aportación de la financiación necesaria, al menos parcialmente, probablemente será competencia de la administración agraria.

Además de analizar la **disponibilidad del recurso en cantidad**, el plan debe analizar la calidad de la fuente de recursos disponible para cada demanda y si no cumple los criterios establecidos, plantear las actuaciones necesarias para que pase a cumplirlos. Igualmente el plan de cuenca debe analizar también la **repercusión de la derivación de recursos** para la atención de las demandas y de la **reincorporación al medio de los retornos** de dichas demandas sobre el estado (calidad) de las aguas (por ejemplo previendo el efecto sobre la calidad del agua de los retornos del abastecimiento humano o de los retornos de riego). Si se concluye que se produce un deterioro de la calidad que da lugar al incumplimiento de los objetivos de calidad previstos, el plan de cuenca también debe prever las medidas para subsanar esta situación.

Igualmente es necesario tener en cuenta la **planificación ambiental**, considerando, en su caso, los requisitos que impone a los recursos hídricos como consecuencia, por ejemplo, de la definición de zonas protegidas dentro del ámbito territorial del plan de cuenca. Estos requisitos pueden referirse tanto al volumen de agua que debe circular para permitir la conservación de la zona protegida como a la calidad de la misma. Es misión del plan hidrológico asegurar ambas cuestiones.

Puede verse que la elaboración del programa de actuaciones, que es el elemento que define las actuaciones que permiten alcanzar los objetivos de la planificación hidrológica con visión de GIRH, requiere de la coordinación de la planificación hidrológica con las planificaciones sectoriales que utilizan los recursos hídricos como insumo o cuyo resultado repercute sobre el estado, calidad, de dichos recursos.

En definitiva, la coordinación de la planificación hidrológica con visión de GIRH con otras planificaciones sectoriales implica caracterizar las exigencias de dichas planificaciones sobre los recursos hídricos, especificando al menos:

- Volumen de recursos hídricos necesario, indicando su distribución mensual.
- Requisitos de calidad mínimos exigidos para el volumen de demanda.
- Volumen y calidad de los retornos a las aguas superficiales y subterráneas.
- Localización, en su caso, de la demanda a atender.

Esta caracterización será objeto de análisis detallado en el apartado de Contenido y Tareas esta Guía.

Se recomienda que esta necesidad de coordinación entre planificaciones se contemple al menos, mediante cuatro elementos:

- Reflejo en la **legislación de recursos hídricos**, en disposiciones de rango de ley y reglamento, del **principio de coordinación de la planificación hidrológica con el resto de planificaciones sectoriales** que requieren de los recursos hídricos como bien productivo o como bien ambiental o cuyo resultado repercute sobre el estado, calidad, de dichos recursos. Se recomienda que el principio de coordinación consolide que la planificación hidrológica está al servicio de las otras planificaciones sectoriales, ordenándolas en cuanto a disponibilidad del recurso hídrico y garantizando el mantenimiento o la consecución del buen estado (calidad) de este recurso. Si esto no es posible a corto o medio plazo debido a la complejidad de la tramitación de las modificaciones legales requeridas, se propone avanzar en los dos niveles siguientes.
- Previsión en la **legislación de recursos hídricos**, en disposiciones de rango de ley y reglamento, de los **mecanismos de coordinación necesarios**. Esto supone contar con órganos de coordinación para la elaboración del plan hidrológico que permitan el flujo de la información necesaria para que la planificación hidrológica pueda incorporar las determinaciones del resto de planificaciones sectoriales en su ámbito territorial. La configuración de este órgano de coordinación dependerá de la organización administrativa de cada país y del procedimiento establecido para la elaboración del plan de cuenca. En cualquier caso, este órgano de coordinación debe contar, al menos, con representantes de todos los departamentos responsables de las

planificaciones sectoriales implicadas en las diferentes administraciones competentes (nacional, regional o departamental y municipal).

Se recomienda que este órgano de coordinación esté definido en la normativa de recursos hídricos, indicando sus funciones y su composición básica. Es posible que esto requiera modificaciones con rango de ley, reglamento o de nuevos desarrollos reglamentarios, lo que puede no ser posible a corto o medio plazo. Sin embargo, puesto que un objetivo fundamental es facilitar la información de otras planificaciones sectoriales al responsable de elaborar la planificación hidrológica, puede avanzarse, de la manera que cada país estime más adecuada, mediante la constitución de grupos de trabajo con participación de todas las administraciones con competencias que afecten a los recursos hídricos. Dichos grupos de trabajo pueden actuar, dotándose de su propio procedimiento interno de funcionamiento hasta que se materialicen las modificaciones legales pertinentes.

- Previsión en la **legislación de recursos hídricos de los procedimientos técnicos para integrar las planificaciones** sectoriales que afectan a los recursos hídricos en la elaboración de los planes de cuenca. Básicamente se trata de definir el procedimiento para el reparto del agua entre los distintos usos y demandas, asignación y reserva de recursos, mediante el balance entre recursos y demandas, y la definición del programa de actuaciones. Puede ser objeto de ley y reglamento la inclusión de estos elementos como contenido del plan de cuenca. En cambio, la definición del procedimiento para su realización debe ser objeto de disposiciones normativas de rango inferior, fácilmente modificables o incluso de guías o lineamientos técnicos que constituyan recomendaciones exclusivamente.

Si las modificaciones legales o reglamentarias no son posibles a corto o medio plazo debido a la complejidad de la tramitación de las modificaciones legales requeridas, es posible avanzar definiendo los procedimientos técnicos para la elaboración del balance y del programa de actuaciones en guías o lineamientos técnicos que permitan su aplicación práctica. La descripción de estos procedimientos se elaborará de manera detallada en la presente Guía, dentro de los apartados de Contenido y Tareas para la elaboración de un plan hidrológico.

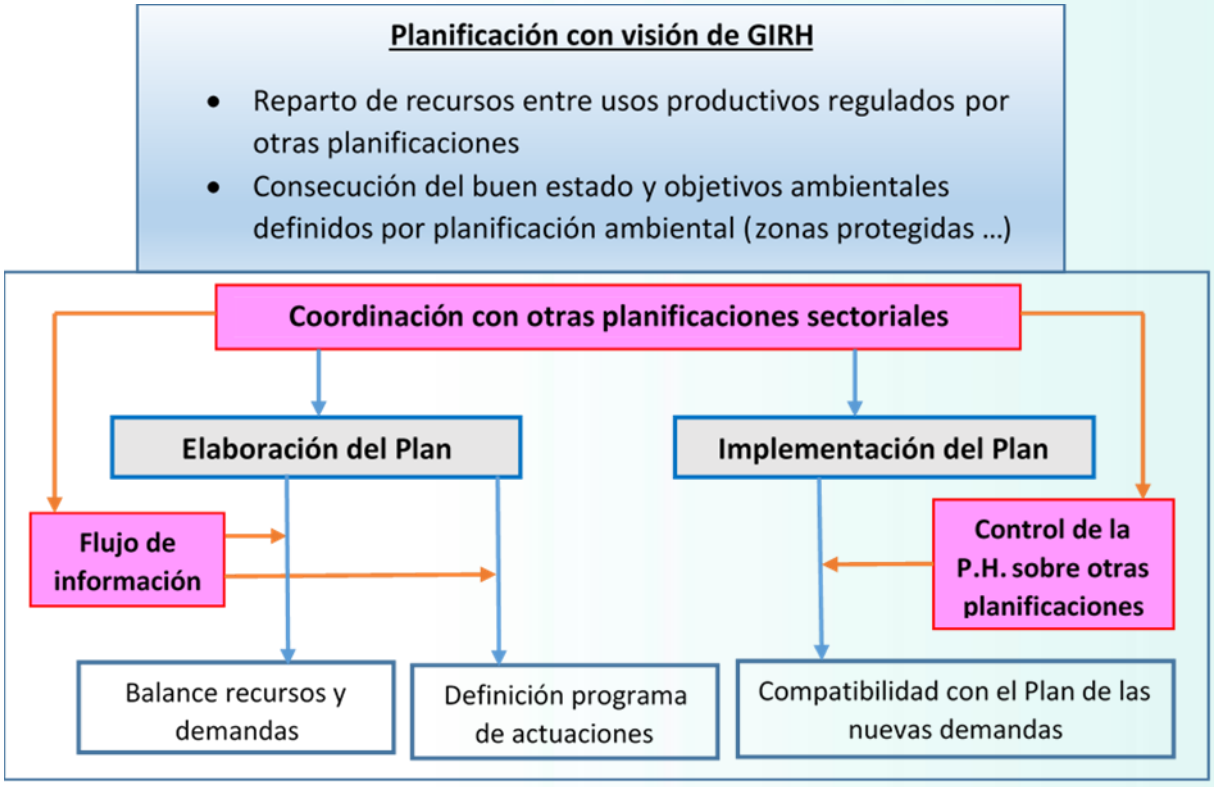
- Previsión de **mecanismos que aseguren la aplicación del plan de cuenca** durante su periodo de vigencia **como elemento de coordinación con otras planificaciones** sectoriales. En la elaboración del plan de cuenca se han repartido los recursos hídricos garantizando la compatibilidad entre los distintos usos y demandas de la cuenca preservando además el estado de las aguas. Para conseguirlo se han seguido los procedimientos técnicos definidos en el punto anterior.

Es necesario verificar que cualquier uso del agua no previsto en el plan sea compatible con lo establecido en él. Es decir que la atención de la nueva demanda sea compatible con la adecuada atención de las demandas consideradas en la elaboración del plan (bien existentes o bien previstas durante su período de vigencia) y con la preservación o consecución del buen estado (calidad) de las aguas. Solo si se comprueba que se cumplen estos requisitos podría autorizarse la nueva demanda.

Por tanto, se recomienda que con el rango legal que corresponda en función del ordenamiento jurídico de cada país, se establezca en la normativa sobre recursos hídricos la necesidad de incorporar este análisis de compatibilidad como condicionante previo para el otorgamiento de autorización o concesión para el nuevo uso que se solicite. La inclusión de este requisito previsiblemente requiera una modificación legal al menos de carácter reglamentario.

Se recomienda también que se regule tanto el contenido del análisis de compatibilidad como quién debe realizarlo. Esto puede ser objeto de una norma de rango menor, fácilmente modificable.

En el esquema siguiente se ha intentado reflejar la relación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales.



Esquema de la relación de la planificación hidrológica con otras planificaciones sectoriales.

[2.2.7] Definición de horizontes y del período de revisión del plan hidrológico

Tal como se indica en el Análisis del marco legal e institucional en relación con la planificación hidrológica en Iberoamérica, la planificación con visión de GIRH es un **proceso cíclico y continuo**, que por tanto debe incorporar como **elementos esenciales el seguimiento y la revisión de los planes hidrológicos**. El seguimiento, al que ya se ha hecho referencia en el epígrafe dedicado a los Resultados de la planificación hidrológica, tiene la misión de verificar si las hipótesis efectuadas en la elaboración del plan se cumplen, si la implementación del programa de actuaciones sigue el ritmo previsto y si sus efectos son los previstos en el plan. En función de los resultados del programa de seguimiento, se procederá a la revisión del plan para introducir los ajustes oportunos y garantizar que se avanza hacia la consecución de los objetivos de la planificación hidrológica. Por revisión se entiende la elaboración de un nuevo plan hidrológico, que actualiza y sustituye al anterior.

Criterios propuestos para la definición de horizontes y del período de revisión del plan hidrológico

Como ya se ha señalado, la planificación debe entenderse como como un **proceso cíclico y gradual**, previendo el seguimiento del plan y su revisión, definiendo un procedimiento y periodo para la revisión. La planificación hidrológica debe tener un **carácter secuencial en la consecución de objetivos**. La definición de la secuencia depende de cuáles sean los problemas fundamentales a resolver y del grado de avance en la implementación de la GIRH en el ámbito territorial de planificación. Por ello no es buena práctica la importación directa de modelos de otros países con problemas y estado de desarrollo muy diferentes. Sin abandonar ninguno de los aspectos a contemplar en la gestión integrada de recursos hídricos (cuantitativo, calidad desde el punto de vista fisicoquímico y calidad desde un punto de vista más general de calidad ecológica), conviene diferenciar aquellos aspectos en los que de una manera realista deben centrarse los esfuerzos en una primera fase, de aquellos en los que solo es posible en una primera fase desarrollar metodologías e implantar redes de medida que permitan su consideración efectiva en una revisión del plan.

El **horizonte u horizontes temporales** a considerar en las tareas a realizar para elaborar un plan hidrológico es un periodo cuya **definición obedece a motivos diferentes a los que determinan la definición del periodo de revisión del plan**.

La definición del horizonte interviene de manera decisiva en la estimación de las demandas futuras y, por tanto, del balance entre recursos y demandas, elemento clave para evaluar la atención de las demandas, que constituye uno de los dos objetivos básicos de la planificación. En consecuencia, el **horizonte futuro que se considere debe ser suficientemente alejado como para poder contemplar un desarrollo significativo de las demandas** que permita **detectar** con el balance aquellas **zonas en las que es previsible que aparezcan problemas de suministro** en el futuro y llevar a cabo en ellas análisis más detallados que permitan concretar las medidas a realizar. La consideración de este horizonte cobra especial interés en países aún en desarrollo, caso frecuente en la región, con países en los que es previsible un crecimiento significativo de la demanda, especialmente de la demanda agraria e industrial, particularmente para producción de energía hidroeléctrica.

La definición del horizonte es igualmente **clave para evaluar la consecución del buen estado**, cumplimiento de los objetivos de calidad del agua, puesto que el estado estará condicionado por el desarrollo de las actividades asociadas al crecimiento de las demandas de agua en el horizonte futuro (vertido de aguas residuales, incremento de los retornos de riego, reducción de los caudales circulantes, etc.).

El **plazo previsto para la revisión del plan debe ser inferior a este horizonte futuro**, de manera que dentro de la revisión pueda verificarse si las proyecciones efectuadas a largo plazo se van cumpliendo, o si es necesario revisarlas y ajustar las medidas que se hayan contemplado para desarrollar las líneas estratégicas definidas. [16]

En función de todas las consideraciones anteriores, se considera adecuado un horizonte futuro, a efectos de realización del balance y de estimación del estado de las aguas que permita identificar zonas con problemas en situación futura bien de atención a las demandas, de consecución del buen estado, objetivos de calidad, o bien de ambos, de **entre 10 y 20 años**, en función de las circunstancias concretas de cada territorio.

El **grado de desarrollo del ámbito territorial** objeto del plan hidrológico también influye en el horizonte futuro a considerar. Así, previsiblemente a mayor grado de desarrollo e implantación de la GIRH en el territorio, la variación de las demandas estará más acotada y los mayores problemas probablemente se concentren en lo relativo al estado de las aguas debidos fundamentalmente a las presiones ya existentes sobre las aguas superficiales y subterráneas. En este caso, el horizonte futuro puede reducirse e incluso coincidir con el periodo de revisión del plan.

Para este horizonte futuro, siempre que sea suficientemente grande, igual o superior a 10 años, si se cuenta con estimaciones que permitan evaluar la repercusión del cambio climático sobre los recursos hídricos (alteración de la escorrentía), podría realizarse el balance en dos hipótesis de recursos: recurso coincidente con el calculado para la situación actual y recurso afectado por el cambio climático.

El **seguimiento y la revisión del Plan se refieren al carácter cíclico de la planificación**. El seguimiento debe evaluar dos cuestiones básicas: si la evolución de las variables básicas se ajusta a lo previsto en el Plan (recursos, demandas, etc.) y, en relación con las actuaciones contempladas en el Plan, si el grado de avance y los efectos de su implementación se ajustan a lo esperado. Por ello, en el programa de seguimiento deben contemplarse indicadores que permitan evaluar estas dos circunstancias.

[16] A título de ejemplo exclusivamente, actualmente en los planes de cuenca en España se consideran dos horizontes futuros. En los dos se realiza el balance entre recursos y demandas. En el primero, de seis años, coincide con el plazo para la revisión del plan de cuenca, se deben establecer las asignaciones y reservas de recursos para las diferentes demandas. El segundo, de 18 años, se considera solo a efectos de evaluación de tendencias a largo plazo, efectuando el balance entre las demandas entonces previsibles y los recursos. En este horizonte se considera también la afección del cambio climático sobre los recursos. En los primeros planes de cuenca (1998), correspondientes a la fase final de un esquema de planificación centrado en la consolidación de una adecuada atención a las demandas, dichos horizontes eran de 10 y 20 años, mientras que el plazo previsto para la revisión de los planes de cuenca era de ocho años.

De lo anterior se desprenden dos condicionantes básicos para definir el plazo de revisión del plan. Como ya se ha indicado, por revisión del plan se entiende aquí la elaboración de un nuevo plan hidrológico, que actualiza y sustituye al anterior. **El plazo, como mínimo debe ser suficiente para poder evaluar el efecto de las actuaciones**, es decir, para permitir que parte de las actuaciones previstas en el plan se hayan ejecutado y lleven un tiempo mínimo en servicio para evaluar su efecto. Este plazo mínimo depende de la naturaleza de las actuaciones. Puede haber actuaciones de carácter normativo, cuya implementación, en principio, podría ser relativamente rápida una vez aprobado el plan. Sin embargo, también habrá otras actuaciones de soluciones basadas en la naturaleza o que requieran la construcción de infraestructuras cuya implementación requiere un tiempo mayor (construcción de depuradoras, de obras de regulación, de nuevas conducciones, etc.) en función de su magnitud.

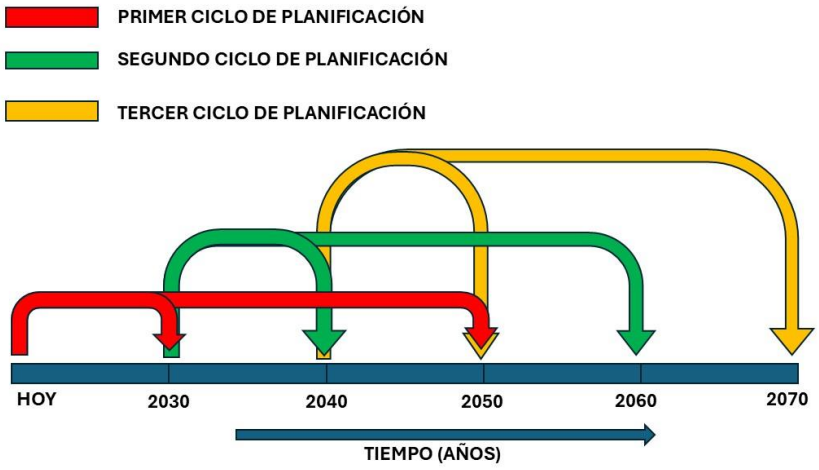
Otro condicionante a tener en cuenta es el **plazo necesario para llevar a cabo los trabajos de la revisión del plan**. Este plazo dependerá de la regulación de cada país, en función del alcance y del procedimiento previstos para la revisión, pero previsiblemente no será inferior a un año y. como máximo, requerirá un tiempo igual al período de elaboración del primer plan. Habitualmente el período necesario para evaluar la eficacia de las actuaciones aplicadas será superior al requerido para elaborar la revisión del plan, por lo que, en general, será la evaluación del efecto de las actuaciones lo que determine el plazo mínimo para la revisión.

Por otra parte, el **plazo máximo debe ser suficientemente reducido para poder detectar a tiempo una evolución no prevista de las variables básicas** (por ejemplo, en la población o en la demanda agraria), que puede requerir una modificación de las medidas previstas.

Teniendo en cuenta los condicionantes anteriores, se recomienda un **plazo mínimo** para la revisión del plan del orden de **seis años y un máximo del orden de ocho o diez** años, aproximadamente igual o inferior a la mitad del horizonte futuro adoptado.

A la hora de definir estos periodos, puede resultar de interés buscar su correspondencia con hitos temporales de otras estrategias o procesos, ya sean nacionales o internacionales, con los que se puedan establecer sinergias. Como ejemplos de alto nivel pueden tomarse en consideración los calendarios de la Agenda 2030, los compromisos de cambio climático para 2050 u otros. Este alineamiento puede ofrecer innegables ventajas, entre las que no será menor el potencial aprovechamiento de las oportunidades de financiación asociadas al cumplimiento de las metas y objetivos de esas otras políticas de alto nivel, con las que el plan GIRH deberá resultar concordante.

Con el exclusivo propósito de ofrecer un ejemplo de posible programación, en la siguiente figura se muestra el calendario de desarrollo de tres ciclos de planificación sucesivos, apuntando siempre a dos horizontes temporales, el primero a corto plazo y el segundo, en el que se evaluarían además los previsibles efectos del cambio climático, a largo plazo. El primer plan (flechas rojas) apunta a los horizontes temporales de 2030 (corto plazo) y 2050 (largo plazo), coincidentes con los importantes compromisos internacionales antes mencionados. En 2030 se revisaría el plan original actualizándolo para su despliegue y aplicación en el segundo ciclo (fechas verdes), con los horizontes temporales desplazados una década; así el primer horizonte de este plan revisado se sitúa en 2040 y el segundo, de largo plazo, en 2060. Diez años después se volvería a revisar el plan para el tercer ciclo (fechas amarillas), con un primer horizonte temporal a 2050 y un segundo horizonte a 2070; y así sucesivamente aplicando el mismo procedimiento.



Esquema temporal de un posible desarrollo de tres ciclos consecutivos de planificación GIRH.

El necesario seguimiento del plan hidrológico es un mecanismo paralelo y continuo que, como se ha explicado en capítulos anteriores, puede evidenciarse a través informes anuales. Lógicamente, si los trabajos de seguimiento ponen de manifiesto importantes desviaciones entre lo planificado y lo objetivamente observado, siempre se podrá acordar proceder a la revisión anticipada del plan hidrológico, ya sea de manera total o parcial.

[3] Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico

[3.1] Introducción

Este punto constituye el núcleo operativo de la **Guía Técnica de planificación hidrológica en el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) dirigida al ámbito Iberoamericano (ODS 6.5)**. Su propósito es detallar, de forma estructurada y metodológicamente fundamentada, los contenidos que debe abordar un plan hidrológico.

Cada apartado identifica los objetivos específicos, los procedimientos técnicos posibles, las fuentes de información requeridas y los criterios mínimos para su formulación, incluyendo variantes metodológicas según el nivel de datos y capacidades disponibles.

No se trata de una simple enumeración de contenidos, sino de una guía metodológica que permite a los equipos técnicos comprender:

- Los objetivos específicos que debe cumplir cada componente del plan.
- Las metodologías disponibles para su desarrollo, con variantes según el nivel de información y capacidades técnicas.
- Las fuentes de información necesarias y las posibles estrategias para su obtención o generación.
- Las opciones metodológicas aplicables, junto con sus respectivas ventajas y limitaciones.
- Los criterios técnicos para la toma de decisiones en cada etapa del proceso.

Se considera, además, la necesidad de adaptar los procedimientos a la realidad de las instituciones responsables de la planificación hidrológica en América Latina, incluyendo situaciones de escasa disponibilidad de datos, estructuras organizativas débiles y desafíos en la articulación intersectorial.

Este punto está estructurado de la siguiente manera:

- Contenido de un Plan Hidrológico: define los elementos estructurales mínimos que debe incluir el documento técnico del plan.
- Tareas básicas para la elaboración: describe las actividades clave para la preparación del plan, desde el análisis diagnóstico hasta la formulación de medidas.

El desarrollo de estos apartados busca proporcionar una base técnica común para los países iberoamericanos, respetando al mismo tiempo su diversidad institucional y normativa. El objetivo último es **fortalecer las capacidades de planificación** a nivel nacional y regional, asegurando que los planes hidrológicos elaborados bajo esta guía contribuyan efectivamente a una gestión sostenible, equitativa y resiliente de los recursos hídricos.

[3.2] Marco de gobernanza

[3.2.1] Marco Legal e Institucional

Definición: El marco legal e institucional en un plan hidrológico hace referencia al conjunto de leyes, normativas, instituciones y competencias administrativas que delimitan las condiciones generales y particulares bajo las que se redacta el plan hidrológico, regulando diversos contenidos propios de la planificación y gestión del agua dentro de una determinada cuenca hidrográfica o unidad territorial de gestión. Este marco constituye la base jurídica y organizativa sobre la que se elaboran y aplican las decisiones relativas a la planificación, distribución, protección y uso sostenible de los recursos hídricos.

Objetivo: Describir y analizar el marco legal e institucional en materia de recursos hídricos que aplica al ámbito territorial del plan, incluyendo la identificación de requisitos de alto nivel que, desde cualquier enfoque, condicionen la redacción y tramitación del plan hasta su aprobación por la autoridad que corresponda. Debe permitir identificar los objetivos con que se abordará el plan hidrológico, así como la definición de actores públicos, privados y comunitarios relevantes para su elaboración e implementación. Esto permite asegurar la viabilidad normativa y organizativa del plan.

El análisis de este marco normativo, identificando las necesidades de ampliación y mejora, facilitará un futuro desarrollo del mismo, en caso de que se considere necesario.

Utilidad: El estudio del **marco legal e institucional** es fundamental en la redacción de un plan hidrológico porque define el contexto normativo y administrativo en el que se gestionan los recursos hídricos. Algunas razones clave para su análisis son:

- **Cumplimiento normativo:** Un plan hidrológico debe ajustarse a la legislación prevalente (leyes de aguas, normativas ambientales, regulaciones de calidad del agua, etc.) para garantizar su viabilidad y evitar conflictos legales.
- **Definición de competencias:** En muchos países, la gestión del agua involucra a múltiples actores (autoridades nacionales, regionales, municipales, organismos de cuenca, etc.). Conocer sus funciones y responsabilidades permite coordinar acciones y evitar superposiciones o vacíos de gestión.
- **Marco institucional para la implementación y seguimiento:** Es necesario identificar qué instituciones serán responsables de coordinar o participar en la ejecución, monitoreo y ajuste del plan hidrológico, asegurando su efectividad en el tiempo.
- **Instrumentos de planificación y gestión:** El marco legal proporciona herramientas de gestión, como concesiones de agua, derechos de uso, mecanismos de financiamiento etc., que deben tomarse en consideración para la redacción del plan.
- **Garantizar el proceso participativo:** El marco normativo debe definir el proceso participativo en todas las fases de la planificación hidrológica, favoreciendo la transparencia, la aceptación social, el compromiso y la corresponsabilidad, incluso la calidad del plan.

- **Vinculación con políticas sectoriales:** Un análisis del marco legal permite alinear el plan hidrológico con otras políticas (agricultura, industria, cambio climático, conservación ambiental, etc.), promoviendo sinergias y facilitando la gestión integrada del agua.
- **Facilitación de financiamiento y cooperación:** Muchos proyectos requieren apoyo financiero de organismos nacionales e internacionales, los cuales exigen que las acciones estén dentro de un marco legal adecuado, bien conocido y, en la medida de los posible, estable.
- **Seguridad jurídica y prevención de conflictos:** Un plan hidrológico bien fundamentado en la normativa vigente ayuda a prevenir disputas por el uso del agua y facilita su aceptación por parte de los distintos actores involucrados.

Contenidos que deben abordarse en un plan hidrológico

Análisis de antecedentes de planificación hídrica

El objetivo de este punto es identificar y analizar los principales antecedentes, estrategias, planes o iniciativas de planificación hídrica previos que hayan tenido lugar para el territorio del plan. Esto permite comprender la evolución del proceso, detectar aciertos o limitaciones, favoreciendo la coherencia del nuevo plan.

✅ **Contenidos clave.**

a) **Inventario de planes, programas, políticas o proyectos anteriores:** Recopilar y sistematizar los instrumentos relevantes aplicados previamente en el territorio, especialmente los que todavía puedan considerarse vigentes, incluyendo: planes de cuenca, estrategias sectoriales (agricultura, energía, saneamiento…), programas de emergencia (sequías, inundaciones), políticas de adaptación al cambio climático y, en su caso, proyectos de cooperación internacional relacionados. Incluir tanto instrumentos formales (con aprobación normativa) como experiencias piloto o iniciativas impulsadas por actores subnacionales o comunitarios que resulten relevantes.

b) **Evaluación del grado de implementación y cumplimiento:** Analizar cuáles de estos instrumentos fueron efectivamente ejecutados, en qué medida alcanzaron sus objetivos y qué factores facilitaron o dificultaron su aplicación (financiamiento, institucionalidad, participación, seguimiento). Esta evaluación ayuda a identificar cuellos de botella recurrentes en la planificación del agua y permite evitar la repetición de errores en el nuevo ciclo de planificación.

c) **Identificación de buenas prácticas y errores críticos:** Destacar experiencias exitosas en planificación, gestión participativa, control de usos o implementación de medidas, así como errores significativos como superposición de competencias, falta de coordinación interinstitucional, metas poco realistas o ausencia de sostenibilidad financiera. Estas lecciones sirven como base para definir principios orientadores del nuevo plan.

d) **Conexión con procesos previos de participación y gobernanza:** Reconocer espacios de diálogo, concertación o cogestión que existan o hayan existido anteriormente, como mesas de agua, comités de cuenca, consejos consultivos o mecanismos de consulta local. Evaluar su grado de representatividad, continuidad y capacidad de incidencia en los procesos de decisión.

e) **Relevancia de los antecedentes en el contexto actual:** Interpretar la vigencia y utilidad de estos antecedentes a la luz de:
   - Cambios normativos recientes (nuevas leyes, reglamentos, sentencias relevantes).
   - Transformaciones institucionales (creación o eliminación de entidades competentes).
   - Condiciones socioeconómicas y demográficas actuales.
   - Nuevas amenazas y desafíos, como el cambio climático, la escasez estructural o los conflictos por el agua.

Recomendación:

Según escala de desarrollo de la planificación

Nivel	Consideraciones específicas
Básico	Puede no haber planes formales; se recomienda recuperar diagnósticos técnicos, iniciativas locales, planes sectoriales o experiencias de gestión comunitaria.
Intermedio	Existen planes previos con escasa implementación. Es clave evaluar causas de ineficiencia (financiamiento, coordinación, gobernanza).
Avanzado	Existen antecedentes consolidados. Se sugiere realizar análisis comparativo y lecciones aprendidas formales como insumo del nuevo plan.

Análisis del marco legal

El marco legal incluye el conjunto de leyes, normativas y reglamentaciones que regulan el uso, distribución, protección y conservación de los recursos hídricos, así como en general, la elaboración de cualquier instrumento de planificación sectorial en el país y, en especial, los vinculados con el agua. La existencia de un marco legal claro, coherente y actualizado es esencial para garantizar que las políticas y acciones contenidas en el plan hidrológico sean viables, eficaces y socialmente aceptadas.

Este análisis también permite identificar **vacíos legales, contradicciones normativas o zonas grises** que pudieran obstaculizar la implementación del plan, así como proponer recomendaciones para su actualización o armonización.

El objetivo de esta tarea es conocer y atender el marco jurídico que regula la gestión del agua en el territorio del plan hidrológico, identificando tanto las normativas generales como aquellas específicas del sector hídrico.

Contenidos clave:

a. Identificación de normas jurídicas aplicables: Sistematizar las leyes, decretos, reglamentos y ordenanzas que rigen:

- Las peculiaridades del proceso de planificación, en particular, si se dispone de normativa específica sobre la planificación hidrológica, si no es así, se tendrán en cuenta los criterios generales adoptados para la planificación sectorial en el país.
- La gestión del recurso hídrico (ley de aguas, códigos hídricos, etc.).
- La protección ambiental (normas sobre calidad del agua, vertidos, ecosistemas).
- El ordenamiento territorial y la planificación sectorial (urbanismo, agricultura, energía).
- Situaciones especiales como emergencias hídricas, desastres o sequías.
- Conveniencia o necesidad de someter el plan hidrológico a evaluación ambiental estratégica.
- Requisitos de participación pública (Aplicación del Acuerdo de Escazú).
- También es relevante incluir convenios internacionales aplicables (sobre cuencas transfronterizas, por ejemplo), legislación indígena o consuetudinaria y normas locales específicas.

b. Régimen de derechos de uso del agua (captación y vertido): Describir el marco legal que regula el otorgamiento, ejercicio, transferencia y extinción de los derechos de uso del agua, y de las autorizaciones de vertido, tanto en lo público como en lo privado. A tal efecto, se debe considerar especial atención a:

- Procedimientos para la obtención de autorizaciones, licencias o concesiones. Situación del registro de aguas o del mapa de derechos.
- Requisitos técnicos, sociales o ambientales exigidos.
- Casos de informalidad, uso no registrado o conflictos de acceso.
- Mecanismos para proteger derechos colectivos o usos tradicionales del agua.

c. Normas sobre la explotación y asignación del recurso: Analizar los criterios legales que determinan:

- La prioridad entre diferentes usos del agua (abastecimiento humano, riego, caudales ecológicos, uso energético, industrial, recreativo, etc.).
- Papel de las restricciones ambientales frente a los usos; en especial, frente a los usos consuntivos.
- La compatibilidad o incompatibilidad entre usos simultáneos.
- Las condiciones de uso por tipo de fuente (superficial o subterránea).
- Las reglas para su aplicación territorial, en particular cuando se trate de subcuencas, sistemas de explotación específicos o cuerpos de agua compartidos.
- Los regímenes tributarios aplicables sobre el agua o los servicios del agua, aplicables tanto al uso como al vertido.

d. Mecanismos legales para la reasignación del recurso: Evaluar los instrumentos jurídicos disponibles para:

- Modificar asignaciones existentes en situaciones de emergencia o escasez.
- Establecer reservas estratégicas de agua (por ejemplo, para consumo humano).
- Expropiar derechos por interés público o redistribuir el recurso ante situaciones de inequidad o sobreexplotación.
- Incorporar principios de equidad, prioridad de usos esenciales y sostenibilidad.

e. Principios en que se sustentará la planificación hidrológica: Se debe obtener la visión sobre estos principios, que para causar verdaderos efectos conviene que estén recogidos en normas jurídicas relevantes, propias del país o bien, si son de carácter internacional, expresamente asumidas por el país mediante la ratificación de los correspondientes acuerdos o convenios. Entre dichos principios pueden mencionarse, por ejemplo, los siguientes:

- Quien contamina paga
- Derecho humano al agua
- Recuperación del coste de los servicios
- Eficiencia hídrica en primer lugar

Importante:

El análisis debe también prever la **posibilidad de incorporar normas específicas dentro del propio plan**, adaptadas a la realidad territorial e institucional del ámbito de planificación, siempre respetando el marco legal nacional.

En países con **institucionalidad frágil o en transición**, este análisis servirá para detectar vacíos legales, incoherencias o áreas sin regulación, lo cual permitirá al plan proponer recomendaciones normativas y acciones estratégicas de mejora.

Recomendación:

Según escala de desarrollo de la planificación.

Nivel	Consideraciones específicas
Básico	Ausencia de ley específica de aguas. Es clave identificar normas ambientales, sanitarias o de orden público aplicables. Considerar también normativas locales.
Intermedio	Adicionalmente, en esta situación y con el objetivo de un futuro desarrollo completo del marco normativo, puede ser de interés consultar la legislación desarrollada en países de la región.
Avanzado	Existe legislación hídrica, pero su aplicación es parcial. Evaluar vacíos legales o contradicciones entre normas sectoriales.

Análisis del marco institucional

El marco institucional hace referencia a las entidades, organismos y estructuras de gobernanza responsables de la gestión del agua y de la ejecución de las actuaciones previstas en el plan hidrológico, incluyendo la identificación precisa de las autoridades responsables. Este análisis tiene como objetivo comprender detalladamente la arquitectura institucional relacionada con los contenidos incorporados en el plan, identificando actores clave, funciones específicas, relaciones interinstitucionales y capacidades operativas, garantizando la asignación clara de responsabilidades para una implementación efectiva y transparente.

El análisis institucional aporta:

- Comprensión de cómo se toman y ejecutan las decisiones relacionadas con el agua en distintos niveles (nacional, regional, local).
- Identificación de posibles solapamientos de funciones, vacíos de responsabilidad o duplicaciones que pueden comprometer la eficiencia del plan.
- Evaluación de las capacidades reales de las instituciones implicadas (recursos humanos, financieros, técnicos, jurídicos) para liderar procesos de planificación, fiscalización y ejecución de acciones.
- Reconocimiento de esquemas de cooperación existentes o potenciales (convenios interinstitucionales, redes de actores, plataformas participativas o mecanismos de asistencia técnica).
- Claridad sobre qué autoridades asumen funciones clave en la elaboración, aprobación, implementación y seguimiento del plan.
- Evaluación del grado de transparencia, acceso público a la información hídrica, canales de participación ciudadana y mecanismos de rendición de cuentas y control social.

Contenidos clave:

a) Mapa de actores relevantes: Identificación y caracterización detallada de actores públicos, privados, comunitarios, tradicionales e indígenas involucrados en la gestión del agua. Se recomienda sistematizar esta información mediante fichas que incluyan nombre de la entidad, ámbito de acción, tipo de actor, funciones principales y nivel territorial, asegurando que todas las competencias necesarias estén cubiertas y sin redundancias.

b) Instituciones con competencias hídricas y prestatarios de servicios del agua: Identificación desde ministerios, agencias reguladoras, autoridades ambientales hasta juntas de usuarios, gobiernos locales y organizaciones comunitarias. Deben documentarse claramente tanto quienes toman decisiones como quienes ejecutan, monitorean o fiscalizan las acciones.

c) Identificación de capacidades institucionales: Evaluación del nivel técnico (disponibilidad y calidad del personal capacitado), financiero (disponibilidad y estabilidad de recursos), humano (estructura y dimensión de los equipos) y operativo (capacidad efectiva para liderar procesos, implementar medidas, generar datos y coordinar acciones).

d) Cooperación interinstitucional: Revisión y evaluación de mecanismos existentes de articulación (comités de cuenca, plataformas de coordinación, convenios, mesas técnicas), considerando su formalización, eficacia y sostenibilidad. Identificación de oportunidades y necesidades para mejorar la cooperación entre sectores (agua, salud, agricultura, energía, ambiente).

e) Transparencia y rendición de cuentas: Evaluación específica del acceso público a información hídrica, canales formales de participación ciudadana en la toma de decisiones y mecanismos efectivos de control social y monitoreo del cumplimiento.

f) Identificación detallada de autoridades responsables: Para cada autoridad, administración u organismo clave, documentar:
   - Nombre oficial y ámbito de competencia: denominación legal completa, nivel de intervención (nacional, regional, local, comunitario), diferenciando oficinas centrales y unidades operativas en territorio.
   - Normativa legal que respalda sus funciones: leyes, reglamentos o actos administrativos específicos relacionados con gestión del agua (diseño, regulación, autorización, fiscalización, protección).
   - Competencias específicas claramente descritas según el ciclo del plan hidrológico:
     - Recolección y análisis de información técnica (diagnóstico).
     - Formulación de políticas, metas o normas (planificación).
     - Evaluación y autorización de usos del agua (regulación).

  - Implementación de acciones (ejecución de obras o medidas).
  - Seguimiento, monitoreo, fiscalización y sanciones (control y cumplimiento).
- Datos de contacto institucional actualizados: unidad o dirección responsable del seguimiento del plan correo electrónico, número telefónico institucional, sede de trabajo y, cuando sea posible, nombre de una persona de referencia.

Importante:

En sistemas institucionales más robustos, el análisis se enfocará en optimizar la colaboración intersectorial y fortalecer la integración entre políticas públicas.

En cambio, en contextos con institucionalidad débil, el plan puede funcionar como catalizador para construir un marco mínimo de coordinación, incluso con soluciones creativas como la formalización de estructuras informales, el impulso de consejos de cuenca o la creación de figuras de articulación técnica.

Recomendación:

Según escala de desarrollo de la planificación.

Nivel	Consideraciones específicas
Básico	Puede haber ausencia de autoridad específica. Relevante definir una entidad coordinadora o crear un espacio institucional ad hoc.
Intermedio	Autoridades identificadas, pero sin funciones claramente delimitadas. Priorizar acuerdos de cooperación y clarificación de roles.
Avanzado	Autoridades con funciones bien definidas. Incorporar mecanismos de evaluación institucional y mejora continua en la ejecución del plan.

Recomendaciones generales para todos los contextos:

- Incluir un **diagnóstico legal-institucional** inicial como base del plan.
- Usar **tablas comparativas** y fichas de actores para una visión clara.
- Proponer un **sistema de mejora progresiva** del marco institucional según capacidades locales.
- Incorporar elementos de **gobernanza del agua**: equidad, transparencia, participación y sostenibilidad.
- Organizar esta información en una **tabla institucional** que permita visualizar de forma clara qué entidad lidera o participa en cada componente del plan. Esto facilita la asignación de responsabilidades y el seguimiento compartido.

Ejemplo de tabla sugerida:

Entidad	Nivel	Funciones principales	Marco legal	Responsable técnico
Autoridad Nacional del Agua	Nacional	Planificación, regulación de uso	Ley de Aguas N° XX	Dirección de Planificación Hídrica
Gobierno Regional	Regional	Ejecución de obras, coordinación territorial	Estatuto Regional	Oficina de Gestión Ambiental
Junta de Usuarios	Local	Distribución de riego, mantenimiento de canales	Ley de Organizaciones de Usuarios	Presidente del Comité Técnico

[3.2.2] Relación con las planificaciones sectoriales

Definición: El agua es un recurso transversal, requerido y afectado por múltiples sectores. La **relación del plan hidrológico con otros planes** implica identificar y describir todos los instrumentos de planificación —sectoriales, territoriales o estratégicos— que impactan o dependen de los recursos hídricos. Esta vinculación garantiza una planificación coherente, evita conflictos entre sectores y promueve sinergias para el desarrollo sostenible..

Objetivo: Hay que asegurar que el plan hidrológico esté alineado con otros planes y políticas públicas relevantes, en todos los niveles de gobierno (nacional, regional, local), para maximizar su eficacia y sostenibilidad, encajando apropiadamente cada uno de estos planes conforme a su posición jerárquica en el conjunto de instrumentos. Puede decirse que la **planificación hidrológica con visión de GIRH no es un fin en sí misma**, sino que está **al servicio de otras planificaciones sectoriales** que requieren el insumo de los recursos hídricos.

Utilidad:

- Evita duplicaciones o contradicciones entre políticas públicas.
- Mejora la eficiencia en el uso de recursos financieros, humanos y naturales.
- Fortalece la coordinación y colaboración intersectorial e interinstitucional.
- Facilita la toma de decisiones informada y coherente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Facilita el acceso a financiamiento internacional o nacional para proyectos de gestión del agua que demuestren coherencia con políticas multisectoriales y de desarrollo. Es pertinente subrayar que asegurar la coherencia del plan hidrológico con agendas globales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (en particular el ODS 6, sobre agua limpia y saneamiento) y el Acuerdo de París sobre cambio climático incrementa significativamente las oportunidades para acceder a financiación internacional, incentivando así a las autoridades nacionales y locales a alinear sus políticas y acciones con estas agendas globales.

Contenidos que deben abordarse en un plan hidrológico

A continuación, se presentan los elementos fundamentales que deben abordarse para analizar de manera adecuada la relación del plan hidrológico con otros instrumentos de planificación sectorial, territorial, ambiental y climática. Esta relación es clave para promover la coherencia entre políticas públicas, evitar superposiciones o contradicciones, y fomentar la gestión integrada de los recursos hídricos en el marco del desarrollo sostenible del territorio.

- **Identificación de planes y programas relevantes.**
- **Coherencia y alineación con políticas sectoriales.**
- **Coordinación institucional y gobernanza.**
- **Normativa y marco regulatorio aplicable.**
- **Estrategias de seguimiento y ajuste.**

Identificación de planes y programas relevantes

El objetivo es reconocer e identificar los instrumentos de planificación existentes —sectoriales, territoriales o ambientales— que inciden en la gestión del agua o que requieren el recurso como insumo.

✅ **Contenidos clave:**

Para cada uno de los instrumentos identificados, se recomienda registrar al menos: el nombre del plan o programa, el sector responsable, el nivel territorial (nacional, regional, local), el período de vigencia, y su relación con la gestión del agua, incluyendo las actuaciones estructurales y no estructurales en ellos programadas, su inversión, autoridad responsable, etc. Los principales tipos de planes a considerar incluyen:

- **Planes nacionales de gestión del agua:** Incluyen planes maestros, estrategias nacionales de recursos hídricos, planes de cuenca previos, políticas marco o planes de inversiones hídricas

a gran escala. Constituyen el marco rector para la gestión del agua a nivel nacional y suelen fijar prioridades de uso, objetivos de sostenibilidad y marcos regulatorios.

Es importante también identificar y analizar la integración del plan hidrológico con los planes nacionales de desarrollo, estrategias de reducción de pobreza y marcos presupuestarios del Estado. En el contexto latinoamericano, esta integración fortalece la institucionalización del plan hidrológico al asegurar que los objetivos relacionados con el agua sean coherentes con las prioridades nacionales y reciban la asignación presupuestaria correspondiente.

- **Planes de ordenación territorial:** Instrumentos que definen el uso del suelo, zonificación, expansión urbana o conservación de espacios estratégicos. Su relación con el agua puede ser directa (protección de zonas de recarga, reservas hídricas) o indirecta (ocupación de zonas inundables, urbanización de márgenes, conflictos por usos agrícolas o urbanos).
- **Planes sectoriales:** Políticas y estrategias que afectan la demanda, presión o calidad del agua desde sectores específicos:
  - **Agricultura:** programas de riego, reconversión productiva, uso de agroquímicos.
  - **Energía:** desarrollo hidroeléctrico (generación y almacenamiento), refrigeración de centrales, bioenergía, …
  - **Industria y minería:** captaciones y vertidos industriales, planes de expansión.
  - **Turismo:** uso recreativo de cuerpos de agua, desarrollo de infraestructura en áreas sensibles.
- **Estrategias climáticas:** Documentos que abordan la adaptación y mitigación al cambio climático, incluyendo:
  - Estrategias nacionales o subnacionales de cambio climático.
  - Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC).
  - Planes de resiliencia que aborden riesgos hídricos como sequías, inundaciones, eventos extremos o vulnerabilidad hídrica.
- **Planes ambientales:** Estrategias de conservación de biodiversidad, protección de humedales, reservas naturales o corredores ecológicos que se vinculan directamente con la disponibilidad y calidad del agua. También se deben considerar planes de restauración ecológica, recuperación de zonas degradadas y estrategias de conectividad fluvial.
- **Planes de saneamiento y abastecimiento:** Documentos de planificación para infraestructura de agua potable, tratamiento de aguas residuales, redes de distribución o control de pérdidas. Tienen un impacto directo en la calidad y cantidad del recurso disponible.
- **Planes de emergencia hídrica:** Protocolos o planes de contingencia para eventos extremos, como sequías prolongadas, avenidas súbitas, inundaciones estacionales o crisis de abastecimiento. Pueden estar dentro del propio plan hidrológico o existir como instrumentos independientes (planes de sequía, planes de gestión de riesgos).

Recomendación:

- Usar una **tabla resumen** con el nombre del plan, su ámbito geográfico, su responsable institucional, y la relación específica con el plan hidrológico.
- Además, es recomendable realizar un análisis breve de lecciones aprendidas derivadas de planes anteriores. Este análisis debería incluir ejemplos concretos de cómo la falta de coordinación intersectorial afectó la implementación de planes previos, identificando claramente cómo el presente plan hidrológico abordará y evitará estos problemas.

Coherencia y alineación con políticas sectoriales

Identificados los planes relevantes, el siguiente paso es analizar la coherencia entre sus objetivos y los del plan hidrológico. El objetivo es analizar cómo los objetivos del plan hidrológico se ajustan o se contradicen con los objetivos de los distintos sectores, y proponer formas de resolver conflictos o aprovechar sinergias. Para ello es importante situar jerárquicamente, si es que ello es posible, los distintos instrumentos de planificación. En principio, los instrumentos que articulen políticas del Estado deberían resultar prevalentes sobre aquellos otros más específicos, bien sea por su temática sectorial o su ámbito de aplicación.

Capítulo 3.

Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico

Contenidos clave:

a. **Evaluación de la integración del plan hidrológico con planes sectoriales existentes:** Analizar cómo el plan hidrológico incorpora, o puede incorporar, objetivos, metas o directrices de planes sectoriales relevantes. Se debe revisar si:
   - Los calendarios y horizontes temporales de planificación son compatibles.
   - Existen objetivos compartidos o complementarios (por ejemplo, uso eficiente del agua, restauración de ecosistemas, seguridad alimentaria).
   - Hay mecanismos formales de coordinación entre instituciones responsables de cada sector.

b. **Identificación de conflictos o incompatibilidades entre sectores:** Detectar posibles tensiones entre la disponibilidad real del recurso y las demandas proyectadas por diferentes sectores. Algunos ejemplos comunes incluyen:
   - **Expansión agrícola o agroindustrial** en zonas con estrés hídrico o que afecten el cumplimiento de caudales ecológicos.
   - **Crecimiento urbano acelerado** en zonas sin capacidad suficiente de abastecimiento o saneamiento.
   - **Proyectos hidroeléctricos o industriales** que modifican el régimen natural de los ríos o generan conflictos sociales.
   - **Turismo en zonas sensibles**, que puede incrementar la presión sobre cuerpos de agua sin la infraestructura adecuada.

c. **Detección de sinergias positivas entre sectores:** Identificar oportunidades donde los objetivos del plan hidrológico pueden reforzar los de otros sectores. Ejemplos:
   - Programas de **eficiencia hídrica en agricultura** que también contribuyen a la mitigación del cambio climático.
   - Restauración de cuencas que mejora tanto la **regulación del agua** como la **biodiversidad y el paisaje rural**.
   - Uso de aguas residuales tratadas en actividades industriales o forestales.
   - Integración de **soluciones basadas en la naturaleza** que fortalecen la seguridad hídrica, climática y alimentaria.

d. **Recomendaciones para el alineamiento intersectorial:** Proponer mecanismos institucionales, normativos o de gobernanza que permitan compatibilizar intereses sectoriales:
   - Mesas técnicas intersectoriales.
   - Incorporación del análisis hídrico en la formulación de nuevos planes de desarrollo.
   - Acuerdos de uso del agua entre sectores con reglas claras, monitoreo y resolución de conflictos.
   - Integración de los principios de la **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)** en los marcos estratégicos nacionales o regionales.

Recomendación:

Según escala de desarrollo de la planificación.

Nivel	Consideraciones específicas
Básico	- Describir usos del agua más relevantes y cómo interactúan entre sí. - Señalar posibles conflictos conocidos o potenciales.
Intermedio	- Realizar un análisis básico de compatibilidad entre metas sectoriales. - Consultar expertos de sectores clave para validar la alineación.
Avanzado	- Elaborar una matriz de coherencia entre planes. - Incluir recomendaciones de ajuste o alineación política. - Incorporar indicadores de sinergia intersectorial.

Coordinación institucional y gobernanza

El objetivo es describir los mecanismos formales e informales existentes para coordinar entre sectores e instituciones, e identificar oportunidades de mejora en la gobernanza integrada.

✅ **Contenidos clave:**

a. **Identificación de mecanismos de articulación institucional existentes**: Examinar si existen estructuras formales de coordinación entre entidades que elaboran y ejecutan distintos planes relacionados con el agua, tales como:
   - Comités interinstitucionales.
   - Mesas técnicas multisectoriales.
   - Protocolos de cooperación o convenios marco.
   - Plataformas de datos compartidos.

Incluir también mecanismos informales (redes técnicas, coordinaciones ad hoc, vínculos personales entre funcionarios) que en la práctica ayudan a resolver cuellos de botella operativos.

Evaluar su nivel de institucionalización, periodicidad, alcance territorial, eficacia para la toma de decisiones y sostenibilidad en el tiempo.

b. **Claridad en la asignación de roles y responsabilidades**: Analizar si existe una distribución explícita de funciones entre instituciones para la implementación del plan hidrológico, en especial en lo referente a:
   - Ejecución de medidas específicas (obras, programas, regulaciones).
   - Seguimiento de indicadores y metas.
   - Control de cumplimiento normativo y uso del agua.
   - Participación ciudadana y resolución de conflictos.

c. **Fomento de espacios de participación intersectorial y territorial:** Evaluar la existencia y funcionamiento de espacios participativos que integren a actores de diferentes sectores y niveles de gobierno, tales como:
   - Comités de cuenca o subcuenca.
   - Consejos técnicos de planificación.
   - Mesas de diálogo territorial o ambiental.
   - Instancias comunitarias de gestión del agua.

Analizar su nivel de representatividad, influencia en la toma de decisiones y capacidades operativas.

Proponer estrategias para fortalecer estos espacios, mejorar su articulación con la institucionalidad formal y asegurar su continuidad más allá de los ciclos políticos o presupuestarios.

Recomendación:

- Representar esta coordinación mediante un **organigrama funcional o diagrama de relaciones institucionales.**
- Adicionalmente, para reforzar la gobernanza integrada, se sugiere considerar la posibilidad de establecer instrumentos formales de coordinación interinstitucional, tales como convenios específicos entre la autoridad del agua y otros sectores clave (ej.: Ministerio de Agricultura, Ministerio de Medio Ambiente) o la creación de una Comisión Multisectorial del Agua, encargada de implementar conjuntamente las acciones definidas en el plan y gestionar conflictos potenciales.

Normativa y marco regulatorio aplicable

El objetivo es conocer el marco legal que regula la interacción entre el plan hidrológico y otros instrumentos de planificación sectorial, ambiental, territorial y climática. Se trata de identificar las disposiciones normativas que habilitan, condicionan o limitan dicha articulación, así como detectar lagunas, contradicciones o vacíos legales que deban abordarse para mejorar la coherencia y eficacia de la planificación intersectorial del recurso hídrico.

✅ **Contenidos clave:**

a. **Revisión de la legislación sectorial aplicable:** Sistematizar las normas legales vigentes que afectan o se vinculan con la gestión del agua desde otros sectores. Estas incluyen:

- Normas ambientales (calidad del agua, protección de humedales, áreas protegidas, biodiversidad).
- Leyes de ordenamiento territorial y urbanismo (zonificación, uso del suelo, planificación urbana y rural).
- Legislación agrícola y de desarrollo rural (fomento del riego, uso de agroquímicos, subsidios productivos).
- Normativa energética (uso del agua para hidroeléctricas, refrigeración, bioenergía).
- Normas sobre saneamiento y salud pública (abastecimiento, tratamiento, control de riesgos).

b. **Disposiciones legales sobre integración de planes:** Analizar si el marco jurídico vigente contempla mandatos, requisitos o incentivos para integrar distintos tipos de planes. Por ejemplo:
   - Leyes que exigen la coherencia entre planes sectoriales y territoriales.
   - Reglamentos que obligan a consultar planes de agua al formular instrumentos urbanísticos.
   - Disposiciones que promueven la armonización entre estrategias de cambio climático y planificación hídrica.
   - Normativas que establecen la jerarquía o preeminencia legal de ciertos instrumentos.

c. **Tratados internacionales, normas regionales o acuerdos multilaterales:** Considerar instrumentos jurídicos que, sin ser nacionales, condicionan la gestión del agua y su planificación, tales como:
   - Convenios sobre cuencas compartidas o transfronterizas.
   - Tratados ambientales multilaterales (Convención Ramsar, Convención de Cambio Climático, etc.).
   - Normas regionales (decisiones comunitarias en bloques regionales como MERCOSUR, CAN, CARICOM, etc.).
   - Acuerdos de cooperación técnica o integración hídrica.

Importante:
Estos tratados pueden contener compromisos específicos que el plan hidrológico debe cumplir o considerar, especialmente en lo relativo a gobernanza, monitoreo, sostenibilidad o derechos humanos al agua.

Recomendación:

Según escala de desarrollo de la planificación.

Nivel	Consideraciones específicas
Básico	- Revisar leyes sectoriales básicas aplicables. - Identificar normas que mencionen el agua como insumo clave.
Intermedio	- Analizar coherencia entre leyes sectoriales y de agua. - Identificar mandatos cruzados o vacíos.
Avanzado	- Elaborar una matriz normativa cruzada. - Proponer reformas o mejoras para la articulación de instrumentos.

Estrategias de seguimiento y ajuste

El objetivo es establecer mecanismos para asegurar que la coherencia entre el plan hidrológico y los demás instrumentos se mantenga en el tiempo y se adapte a cambios en el entorno.

Contenidos clave:

La coherencia entre planes no es estática, requiere mecanismos dinámicos:

a. **Incorporación de indicadores de coherencia intersectorial.** El sistema de seguimiento del plan hidrológico debe incluir **indicadores específicos** que permitan evaluar:
   - **El grado de alineación** entre el plan hidrológico y otros planes en ejecución (por ejemplo: uso del suelo, planificación agrícola, políticas de cambio climático).
   - **La efectividad de la coordinación institucional** durante la implementación de medidas compartidas o interdependientes.
   - **La aparición de conflictos o sinergias** operativas entre sectores o niveles de gobierno, como sobreposición de inversiones, duplicidad de medidas o mejora en el uso conjunto del agua.

b. **Protocolos para el ajuste del plan frente a cambios externos.** Establecer procedimientos claros para revisar, actualizar o ajustar el plan hidrológico en caso de:
   - **Modificación en planes o políticas sectoriales**, como nuevas estrategias agrícolas, energéticas o urbanas que afecten la demanda de agua.
   - **Cambios en el marco normativo**, por ejemplo, una reforma de la ley de aguas, legislación ambiental o normas de ordenamiento territorial.
   - **Actualización de políticas climáticas** (nuevas metas de adaptación o mitigación, revisiones de NDC, estrategias subnacionales).

Estos protocolos deben definir:

- Quién activa el proceso de revisión.
- En qué condiciones o umbrales se revisan metas, medidas o prioridades.
- Cómo se articula la revisión con los sectores involucrados y con los actores locales.

Revisión periódica de la gobernanza y coordinación institucional. Incluir la **evaluación de los mecanismos de coordinación interinstitucional** como parte integral de las revisiones periódicas del plan. Esto implica:

- Valorar si las entidades responsables mantienen niveles adecuados de colaboración.
- Identificar barreras persistentes a la cooperación y proponer soluciones institucionales.
- Incorporar aprendizajes institucionales en nuevas versiones o ciclos del plan

Recomendación:

- En países con baja integración sectorial, incluir acciones para crear puentes institucionales entre sectores clave (agua-agricultura, agua-medio ambiente, agua-planificación urbana).
- Donde exista fragmentación normativa o institucional, el plan hidrológico puede servir como instrumento articulador, proponiendo marcos o mecanismos comunes (como convenios interministeriales o unidades técnicas intersectoriales).
- Incluir experiencias y aprendizajes de otros planes (éxitos y conflictos) como insumos para mejorar la coordinación futura.
- Se recomienda emplear indicadores específicos para evaluar la coherencia intersectorial del plan. Algunos ejemplos prácticos incluyen:
  - Porcentaje (%) de medidas del plan hidrológico que han sido incorporadas explícitamente en los planes territoriales o sectoriales relevantes.
  - Número de conflictos intersectoriales relacionados con el agua resueltos mediante mecanismos de coordinación formal establecidos en el plan.

Importante:
La adecuada integración con otros planes debe reflejarse también en el diseño del programa de actuaciones, la asignación de responsabilidades institucionales y el sistema de seguimiento del plan hidrológico.
Hay que tener en cuenta que para cumplir con los objetivos definidos para la planificación hidrológica será necesario incluir en el programa de actuaciones determinadas medidas estructurales y no estructurales previstas en los distintos instrumentos de planificación, para el período de vigencia del plan hidrológico, relacionadas con la gestión de los recursos hídricos.

[3.2.3] Financiación

Definición: La **financiación en la planificación hidrológica** se refiere al conjunto de mecanismos, instrumentos, fuentes y estrategias que permiten **movilizar, asignar y gestionar recursos económicos** para el diseño, implementación, seguimiento y actualización de las medidas contempladas en los planes hidrológicos.

Este concepto abarca tanto los recursos públicos como privados, nacionales o internacionales, y considera no solo la inversión inicial, sino también los **costos operativos y de mantenimiento**, con el fin de garantizar la **sostenibilidad en el tiempo de las acciones propuestas**.

Objetivo: El objetivo de incorporar la dimensión financiera en la planificación hidrológica es asegurar que las medidas contempladas en el plan **sean viables y ejecutables**, evitando que queden como recomendaciones técnicas sin posibilidad de implementación real.

En concreto, se busca:

- **Identificar y evaluar las necesidades de financiación** para cada línea de acción del plan.
- **Diversificar las fuentes de recursos disponibles**, incluyendo fondos públicos, cooperación internacional y participación del sector privado.
- **Articular mecanismos de recuperación de costes**, cuando corresponda, bajo criterios de equidad y sostenibilidad.
- **Garantizar la sostenibilidad financiera de las entidades operativas** responsables de la gestión del agua.

Utilidad: La consideración explícita de la financiación en el proceso de planificación hidrológica permite:

- **Traducir la planificación en acción**, alineando los recursos disponibles con las prioridades identificadas.
- **Optimizar la asignación de recursos públicos**, al vincular las medidas del plan con presupuestos multianuales o programas de inversión sectorial.
- **Facilitar el acceso a financiamiento externo** (fondos climáticos, cooperación técnica, banca multilateral), mediante proyectos bien estructurados y con respaldo técnico.
- **Fortalecer la gobernanza económica del agua**, al transparentar los costos, fuentes y usos de los recursos financieros.
- **Promover la corresponsabilidad**, generando condiciones para que distintos actores (usuarios, sectores productivos, gobiernos locales) participen en la financiación de medidas que les afectan o benefician.

Contenidos que deben incluirse en un Plan Hidrológico

La incorporación de la **dimensión financiera** en los planes hidrológicos es clave para garantizar que los objetivos definidos en términos de gestión del agua se puedan traducir en acciones reales, sostenibles y sostenidas en el tiempo. Esta dimensión no se limita a identificar fuentes de financiamiento, sino que se integra como parte esencial de la **gobernanza del agua**, permitiendo articular prioridades técnicas con viabilidad económica, promover la eficiencia del gasto público y movilizar recursos desde distintos niveles y actores.

A diferencia de otros componentes más técnicos del plan, la financiación requiere de un enfoque transversal que conecte lo institucional, lo operativo y lo presupuestario, para que las medidas previstas o queden como ejercicios de planificación sin implementación. La sostenibilidad de las inversiones, la corresponsabilidad financiera y el acceso a nuevas fuentes (como fondos climáticos o alianzas público-privadas) son pilares para una gestión moderna del recurso hídrico.

Según las conclusiones sacadas del **Grupo de trabajo sobre financiación,** un plan hidrológico con enfoque en sostenibilidad financiera debería considerar, al menos, los siguientes contenidos estructurados:

1. **Financiación como necesidad en el marco de gobernanza**, entendiendo la planificación no solo como una cuestión técnica, sino también como un ejercicio que requiere respaldo económico para su ejecución efectiva.
2. **Diagnóstico financiero y requerimientos del plan hidrológico**, que identifique los costos estimados de implementación y las brechas existentes en términos de disponibilidad de recursos.
3. **Recuperación de costes y sostenibilidad económica del recurso**, considerando esquemas equitativos de financiación, tarifas y contribuciones que aseguren la viabilidad de largo plazo sin comprometer el acceso equitativo al agua.
4. **Participación del sector privado y articulación institucional**, promoviendo modelos de cooperación financiera, alianzas público-privadas y coordinación entre niveles de gobierno y actores económicos.
5. **Acceso a fondos climáticos y cooperación internacional**, vinculando las medidas del plan con agendas de adaptación y financiamiento verde que permitan escalar inversiones en resiliencia hídrica.
6. **Sostenibilidad operativa y planificación financiera a largo plazo**, incorporando criterios de multianualidad, costos de operación y mantenimiento, y mecanismos de monitoreo financiero.

Este enfoque contribuye a que los planes hidrológicos sean **implementables, evaluables y sostenibles**, alineando objetivos técnicos con capacidades reales de ejecución y fortaleciendo la gobernanza financiera del agua.

Financiación como necesidad en el marco de gobernanza

En el marco de gobernanza de los planes hidrológicos en Latinoamérica, la **financiación** constituye una necesidad fundamental e indisociable para hacer viable la implementación efectiva de las actuaciones planificadas. Este componente es reconocido como uno de los pilares críticos de la planificación y la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), y su relevancia se ha evidenciado tanto en la evaluación técnica como en la práctica institucional y política de los países de la región.

Importancia de la financiación como necesidad estructural

- **Factor habilitante de la gestión y cumplimiento de objetivos:** Sin la garantía de recursos financieros suficientes y estables, resulta inviable alcanzar los objetivos esenciales de los planes hidrológicos: satisfacer adecuadamente las demandas sociales, económicas y ambientales de agua y lograr el buen estado de las masas de agua en las cuencas.
- **Condicionante operativo:** La planificación hidrológica solo se traduce en acción cuando el marco de gobernanza incorpora explícitamente el apartado financiero como un eje central —no accesoria ni marginal—, dotando a las instituciones responsables de la capacidad de movilizar, gestionar y rendir cuentas sobre los fondos requeridos.
- **Vínculo con la gobernanza efectiva:** Las deficiencias en la financiación suelen reflejar vacíos o debilidades en la gobernanza: ausencia de marcos regulatorios habilitantes, escasa coordinación interinstitucional, y limitaciones en la articulación entre actores técnicos, financieros y políticos. Esto restringe el acceso a recursos, la captación de fondos internacionales y la operatividad de los organismos de cuenca o entidades gestoras.

Retos recurrentes identificados

Los países de Latinoamérica presentan desafíos estructurales y coyunturales en materia de financiación:

- **Baja inversión y dificultad en la absorción/desembolso de fondos:** Diversos informes reconocen que la dimensión financiera es una de las más rezagadas en el avance de la GIRH; la ejecución de las medidas, especialmente las que requieren inversiones en infraestructura, está limitada por la escasez presupuestaria, la ausencia de previsión económica y la falta de mecanismos sostenibles para asegurar los recursos en el largo plazo.
- **Desarticulación entre planificación y financiación:** En muchos casos, los planes hidrológicos se diseñan sin una planificación financiera asociada desde la fase inicial, dificultando su implementación real en el territorio y la consecución de resultados concretos.
- **Fragmentación normativa y vacíos institucionales:** Los organismos gestores frecuentemente carecen de atribuciones legales para recaudar recursos propios, gestionar ingresos, o estructurar mecanismos autónomos de financiamiento, lo que genera dependencia constante de partidas presupuestarias públicas sujetas a cambios políticos o económicos.
- **Brecha entre la dimensión técnica y financiera:** Se observa la inexistencia o debilidad de capacidades técnicas para estructurar proyectos viables económica y financieramente, así como para acceder a fuentes externas de financiación o innovar en la gestión de recursos.

Claves técnicas para la incorporación de la financiación como necesidad en la gobernanza

- **Diagnóstico económico-financiero desde la planificación:** Cada plan hidrológico debe incluir, de forma explícita, estimaciones de costes para inversión, operación, mantenimiento y administración de todas las acciones programadas. El diseño del programa de actuaciones debe asociarse, desde su génesis, con modelos de financiación realistas y sostenibles.
- **Definición y asignación de responsabilidades:** El marco de gobernanza debe constituir claramente qué instituciones son responsables de gestionar, ejecutar y controlar los recursos, así como los procedimientos de asignación y justificación de los fondos empleados.
- **Visión de sostenibilidad financiera:** La estructuración de los planes debe considerar la financiación como un proceso cíclico y continuo, midiendo no solo la viabilidad de la inversión inicial, sino la capacidad institucional para cubrir los costes de operación y mantenimiento durante el ciclo de vida de las infraestructuras y servicios vinculados al agua.
- **Integración con otras políticas públicas**: La programación de recursos económicos debe alinearse con políticas de desarrollo territorial, medio ambiente, agricultura, energía y cambio climático, procurando sinergias y evitando duplicidades o enfrentamientos en el acceso a los fondos.

La financiación no debe abordarse como un instrumento técnico aislado, sino como una condición estructural y transversal dentro del marco de gobernanza nacional y local en cada país. Solo reconociendo su carácter de necesidad clave con diagnósticos claros, asignación de responsabilidades y previsiones de largo plazo, será posible pasar de la planificación a la acción, garantizar el logro de los objetivos hidrológicos y avanzar sostenidamente en la mejora de la seguridad hídrica y la resiliencia de las comunidades latinoamericanas.

Diagnóstico financiero y requerimientos del plan hidrológico

El primer paso para asegurar la viabilidad de un plan hidrológico es contar con un **diagnóstico financiero de la situación actual**, que permita comprender tanto los recursos disponibles como los requerimientos económicos para implementar las medidas previstas. Este análisis ayuda a dimensionar la brecha existente entre la planificación técnica y la capacidad real de ejecución.

Muchos de estos elementos se desarrollan en mayor detalle dentro del capítulo de programa de actuaciones, donde se presenta la Estimación de costes, brecha y financiamiento del programa de actuaciones. En este apartado se ofrece una visión resumida y estratégica del enfoque financiero general, que permite articular el resto de los componentes del plan con su viabilidad económica.

El diagnóstico financiero proporciona una **visión transversal** que orienta las decisiones de inversión, priorización de acciones y búsqueda de fuentes de financiamiento. Su utilidad se expresa, además, en la posibilidad de alinear los objetivos del plan con instrumentos presupuestarios y de planificación multianual.

A continuación, se enumeran algunos de los aspectos más relevantes que deberían considerarse al momento de abordar este diagnóstico:

- **Identificación de los costos asociados a las medidas del plan**, tanto estructurales (infraestructura hidráulica, obras de protección, mejora de redes) como no estructurales (gestión, monitoreo, fortalecimiento institucional, educación, planificación).
- **Estimación de requerimientos financieros por líneas estratégicas**, incluyendo una proyección temporal (corto, mediano y largo plazo) que permita vincular las medidas con marcos presupuestarios multianuales.
- **Análisis de las fuentes actuales de financiación**: presupuestos públicos (nacionales, subnacionales), tarifas, tasas, fondos descentralizados, cooperación internacional, aportes del sector privado.
- **Detección de brechas financieras**, es decir, de la diferencia entre el costo estimado de implementación del plan y los recursos garantizados o disponibles, de forma que se pueda desarrollar una estrategia de movilización de recursos.
- **Revisión de marcos normativos y administrativos existentes**, que puedan facilitar o limitar la captación, gestión y uso de recursos para la implementación del plan.

Recuperación de costes y sostenibilidad económica del recurso

La recuperación de costes es un principio ampliamente reconocido en la gestión del agua, que busca **garantizar la sostenibilidad económica del recurso hídrico** mediante mecanismos que permitan cubrir, de manera proporcional y justa, los costos asociados a su uso, operación, mantenimiento, conservación y mejora.

Este apartado ofrece una visión estratégica del tema, pero no pretende sustituir el análisis técnico y normativo que se presenta en el capítulo específico sobre Recuperación de costes, donde se desarrollan con mayor profundidad los criterios, metodologías y propuestas concretas.

Este principio, presente en diversos marcos normativos y en recomendaciones internacionales, no debe interpretarse como una lógica estrictamente tarifaria, sino como una **estrategia de sostenibilidad integral** que articula herramientas financieras con criterios de equidad social, eficiencia económica y protección ambiental.

En el marco de la planificación hidrológica, la recuperación de costes se debe **adaptar a la realidad socioeconómica de los territorios**, considerando las condiciones de vulnerabilidad, el tipo de uso del recurso, la capacidad de pago de los usuarios y la necesidad de mantener tarifas asequibles para garantizar el derecho al agua. La equidad y la progresividad son componentes clave en este enfoque.

Además, es fundamental que estas medidas se **acompañen de estrategias de comunicación y transparencia**, que refuercen la comprensión y la aceptación social de los instrumentos económicos aplicados, y que contribuyan a la construcción de confianza entre los distintos actores del sistema.

A modo de orientación general, el plan hidrológico podría considerar:

- La incorporación de **recomendaciones para implementar tarifas diferenciadas** por tipo de uso (urbano, agrícola, industrial) y por capacidad de pago, estableciendo mecanismos de subsidio cruzado o esquemas solidarios cuando corresponda.
- La **referencia a instrumentos ya existentes en la región**, como fondos hídricos, esquemas de pago por servicios ambientales o mecanismos de compensación, que han demostrado eficacia en contextos diversos de Iberoamérica.
- La **identificación de obstáculos legales, técnicos o institucionales** que puedan limitar la aplicación progresiva de estos esquemas.

La necesidad de fortalecer la **capacidad institucional para la gestión financiera del agua**, especialmente en cuanto al cálculo de costos reales, la transparencia contable y el control de la eficiencia del gasto.

Participación del sector privado y articulación institucional

La implementación efectiva de los planes hidrológicos requiere movilizar no solo recursos públicos, sino también **esfuerzos coordinados entre el sector privado y las instituciones públicas**. Esto no implica una privatización del recurso hídrico, sino una **colaboración estratégica que aproveche capacidades técnicas, tecnológicas y financieras complementarias**, alineadas con el interés público y los objetivos del plan.

En muchos países de la región ya existen experiencias de **alianzas público-privadas (APP)**, convenios con empresas de servicios, asociaciones con sectores productivos (agrícola, energético, industrial) y participación de organizaciones sin fines de lucro en actividades de gestión, conservación y restauración hídrica. Este tipo de participación puede generar valor añadido en la ejecución de medidas del plan, siempre que se rija por principios de **transparencia, equidad, corresponsabilidad y sostenibilidad**.

Para fomentar la participación efectiva del sector privado en la planificación e implementación del plan hidrológico, resulta clave **diseñar entornos habilitantes que brinden seguridad jurídica, incentivos claros y reglas de juego equitativas**. Estos entornos deben construirse a partir de **lineamientos orientadores** que permitan articular la colaboración público-privada sin comprometer los principios de sostenibilidad y equidad. Entre los aspectos esenciales a considerar, se recomienda:

- **Establecer marcos normativos claros y estables**, que definan con precisión los roles, derechos y responsabilidades de los actores privados, así como los mecanismos de control y supervisión pública.
- **Incorporar incentivos financieros apropiados**, tales como exenciones fiscales, acceso preferencial a financiamiento verde, bonos por resultados ambientales o mecanismos de pago por servicios ecosistémicos, para estimular la inversión privada en acciones prioritarias del plan.
- **Diseñar esquemas de riesgo compartido**, que repartan de forma justa los riesgos financieros, técnicos y operativos entre las partes involucradas, reduciendo la incertidumbre para los inversionistas sin trasladar toda la carga al Estado.
- **Aplicar criterios de equidad social y ambiental**, que garanticen que los beneficios derivados de la participación privada no excluyan a comunidades vulnerables ni comprometan el acceso equitativo al recurso hídrico.

Estos elementos deben abordarse desde el inicio del proceso de planificación, de forma coherente con los principios del plan hidrológico y en articulación con las políticas públicas del sector.

Además, se pueden incorporar **criterios para la estructuración de proyectos** que resulten atractivos y viables, tanto desde el punto de vista ambiental como financiero. Es fundamental asegurar que estas iniciativas estén alineadas con:

- Objetivos de sostenibilidad y adaptación al cambio climático.
- Retorno social de la inversión (beneficio a comunidades, mejora de servicios).
- Viabilidad operativa de largo plazo.

También se recomienda:

- **Conformar equipos técnicos interdisciplinares**, con capacidades combinadas en agua, economía y finanzas.
- **Desarrollar esquemas o matrices de gestión de riesgos**, que ayuden a reducir la incertidumbre y generar confianza entre los socios.
- **Promover la articulación interinstitucional**, mediante comités técnicos, mesas multisectoriales o plataformas de coordinación público-privada.

Este componente debe ser abordado como una **oportunidad para diversificar las fuentes de apoyo a la gestión hídrica**, fortalecer la legitimidad del plan y generar mayor eficiencia en su implementación.

A continuación, se presenta un **ejemplo de matriz de gestión y disminución de riesgos** aplicable a proyectos público-privados en el contexto de planificación hidrológica.

Tipo de riesgo	Descripción del riesgo	Probabilidad	Impacto	Responsable principal	Estrategia de mitigación
Financiero	Retraso en desembolsos o falta de recursos del socio privado	Media	Alta	Socio privado / entidad pública	Fondo de garantía parcial, cronograma financiero flexible, cláusula de revisión anticipada
Legal / Regulatorio	Cambios en la normativa de aguas o en marcos de APP	Baja	Alta	Gobierno / entidad reguladora	Cláusula de estabilidad jurídica, análisis previo de riesgos normativos
Ambiental	Impactos no previstos en áreas protegidas o hábitats sensibles	Media	Alta	Unidad ambiental / contratista	Estudio de impacto ambiental actualizado, planes de compensación ecológica
Social / Comunitario	Conflictos por uso del agua o falta de aceptación del proyecto	Media	Alta	Unidad de participación social	Consulta previa, plan de gestión social, mecanismos de resolución de conflictos
Operativo / Técnico	Fallas en la ejecución técnica o bajo rendimiento del sistema	Alta	Media	Operador técnico / contratista	Supervisión externa, sistema de indicadores de desempeño, penalizaciones contractuales
Climático	Eventos extremos que afectan la infraestructura (inundaciones, sequías)	Media	Alta	Todos los socios	Diseño resiliente, seguros climáticos, planes de contingencia

Notas de uso:

- Esta matriz puede adaptarse al tipo de proyecto (infraestructura, conservación, saneamiento, etc.).
- Se recomienda acompañarla de un plan de seguimiento y revisión periódica durante todo el ciclo del proyecto.
- Es compatible con estándares de organismos multilaterales (BID, CAF, BM) y con marcos de APP nacionales.

Acceso a fondos climáticos y cooperación internacional

El cambio climático plantea desafíos crecientes para la gestión del agua, especialmente en regiones que enfrentan **alta variabilidad climática, vulnerabilidad estructural y presión sobre los recursos**. Ante este escenario, los planes hidrológicos deben considerar de forma estratégica el **acceso a fuentes de financiamiento climático** y mecanismos de **cooperación internacional**, tanto para apoyar la implementación de medidas como para fortalecer las capacidades institucionales y técnicas.

Existen múltiples oportunidades de financiamiento disponibles a través de **fondos climáticos multilaterales**, bancos de desarrollo, cooperación bilateral, iniciativas regionales o alianzas público-privadas con enfoque ambiental. Sin embargo, **acceder a estos recursos requiere planificación, articulación interinstitucional y adecuación de los planes hidrológicos a los marcos de elegibilidad y prioridades de cada fondo**.

Elementos clave que el plan hidrológico podría considerar:

- **Identificar líneas de acción del plan que contribuyan directamente a la adaptación al cambio climático**, tales como: mejora de la eficiencia en el uso del agua, restauración de ecosistemas hídricos, fortalecimiento del monitoreo climático-hidrológico, infraestructura resiliente, planes de gestión de sequías e inundaciones, entre otras.
- **Incluir un capítulo o anexo específico de "medidas climáticamente relevantes"**, que permita vincular acciones del plan con los marcos de financiamiento climático (ej. Fondo Verde para el Clima, Fondo de Adaptación, Global Environment Facility, NDC Partnership).
- **Establecer sinergias entre el plan hidrológico y los compromisos climáticos nacionales**, como las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), planes de adaptación, estrategias de desarrollo resiliente o políticas de transición justa.
- **Promover la articulación con puntos focales nacionales o regionales** responsables de canalizar financiamiento climático y preparar propuestas (ej. ministerios de ambiente, cancillerías, agencias de cooperación).
- **Fortalecer capacidades técnicas e institucionales** para la formulación de proyectos climáticos, incorporando equipos multidisciplinarios y herramientas que permitan medir co-beneficios ambientales, sociales y de resiliencia.
- **Explorar oportunidades de cooperación técnica internacional**, no solo para movilizar recursos financieros, sino también para facilitar el intercambio de buenas prácticas, acceso a tecnologías, asistencia en modelización climática o fortalecimiento de la gobernanza del agua.

En este sentido, el plan hidrológico puede funcionar como una **plataforma habilitante** para la cooperación, si logra alinear sus objetivos con agendas globales como el Acuerdo de París, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (especialmente el ODS 6 y el ODS 13), la Agenda de Acción Climática de América Latina y el Caribe o las estrategias de adaptación de organismos regionales.

Dado que muchos de estos fondos cuentan con **requisitos específicos de elegibilidad, enfoque temático y criterios técnicos**, es fundamental que los equipos responsables de la planificación cuenten con **referencias claras, herramientas de apoyo y capacidades institucionales adecuadas**.

A continuación, se presentan **recomendaciones prácticas** que pueden incorporarse en la elaboración e implementación del plan hidrológico, para facilitar el acceso a este tipo de recursos:

1. Plataformas de financiamiento climático disponibles

Existen distintas fuentes de financiamiento internacional que apoyan proyectos relacionados con agua y cambio climático. Los planes hidrológicos pueden beneficiarse de estos fondos si integran objetivos alineados con la adaptación climática, el manejo de riesgos o la protección de ecosistemas hídricos.

Algunas plataformas relevantes incluyen:

- Fondo Verde para el Clima (GCF): financia proyectos de gran escala en adaptación y mitigación climática.
- Global Environment Facility (GEF): con líneas específicas para aguas internacionales y gestión integrada de recursos hídricos.
- NDC Partnership: apoya la implementación de compromisos climáticos nacionales con asistencia técnica y movilización de recursos.
- Climate Funds Update: plataforma que ofrece seguimiento detallado de los flujos financieros climáticos globales.
- Euroclima+: programa regional de cooperación técnica y financiera entre Europa y América Latina.

Los responsables del plan pueden consultar estas plataformas para identificar convocatorias activas, tipos de proyectos elegibles y mecanismos de acceso. Para facilitar este proceso, se recomienda incluir en la guía un **anexo específico con enlaces actualizados y fichas descriptivas de cada fondo**.

2. Herramientas metodológicas para la formulación de proyectos

El acceso a fondos climáticos requiere presentar propuestas técnicas robustas, bien justificadas y alineadas con criterios de impacto, sostenibilidad y co-beneficios. Para ello, es recomendable **proveer en la guía referencias a herramientas prácticas de formulación de proyectos climáticos**, tales como:

- Manuales y guías paso a paso para la elaboración de notas conceptuales y propuestas completas.
- Instrumentos de identificación de medidas climáticamente relevantes dentro del plan.
- Plantillas para diseño de indicadores de adaptación, resiliencia y co-beneficios sociales o ambientales.
- Herramientas de análisis de riesgos climáticos y evaluación de vulnerabilidad.

Algunas herramientas de referencia disponibles en línea incluyen:

- *Enhancing Direct Access Guidelines* (GCF) (**Guía metodológica 1**).
- *Toolkit to Enhance Access to Climate Finance. A Commonwealth Practical Guide* (**Guía metodológica 2**).
- *How to Design Bankable Projects* (NDC Partnership) (**Guía metodológica 3**).
- Guias de apoyo a coordinadores del GEF (Global Environment Facility) (**Guía metodológica 4**).

Incluir estas referencias dentro de la guía o como recurso anexo permitirá **acelerar el proceso de formulación de propuestas** desde los propios equipos técnicos nacionales o subnacionales.

3. Equipos técnicos especializados

Uno de los principales cuellos de botella en el acceso a financiamiento climático es la falta de equipos interdisciplinarios que combinen conocimientos de agua, clima, finanzas públicas y gestión de proyectos.

Por ello, se recomienda que los planes hidrológicos promuevan la **creación o fortalecimiento de equipos técnicos especializados en financiamiento climático**, integrando perfiles como:

- Hidrólogos/as con experiencia en GIRH y cambio climático.
- Economistas o especialistas en finanzas públicas.
- Técnicos en formulación de proyectos.
- Gestores sociales o institucionales para la articulación con actores clave.

Estos equipos pueden estar adscritos a las autoridades del agua, ministerios de ambiente o comisiones de cuenca, y funcionar como nodos articuladores entre los planes hidrológicos y los mecanismos de financiamiento internacional.

Importante:
Si bien los fondos climáticos y la cooperación internacional representan una **oportunidad valiosa para complementar la financiación** de los planes hidrológicos, es importante tener en cuenta que **no deben considerarse como la única fuente de viabilidad económica** del plan.
Estos mecanismos están sujetos a **cambios en las prioridades internacionales, ciclos políticos y disponibilidad presupuestaria**, por lo que su acceso no siempre está garantizado ni responde a los tiempos o necesidades locales.
En este sentido, la estrategia de financiación del plan hidrológico debe combinar recursos externos con **instrumentos nacionales y subnacionales**, como presupuestos públicos, tasas y tarifas del agua, fondos ambientales o esquemas de recuperación de costes. Esto permite garantizar su **sostenibilidad operativa a largo plazo** y una implementación continua, independientemente de factores externos.

Sostenibilidad operativa y planificación financiera a largo plazo

La sostenibilidad de un plan hidrológico no depende únicamente de su diseño técnico o del acceso a financiamiento inicial, sino también de su **capacidad para mantenerse operativo, actualizado y funcional a lo largo del tiempo**. Esto implica prever desde el inicio **una planificación financiera sólida, escalable y adaptativa**, que asegure la ejecución de las medidas propuestas, el mantenimiento de las infraestructuras, la actualización de datos y la continuidad de las capacidades institucionales.

En muchas ocasiones, los planes hidrológicos presentan un **alto nivel de ambición técnica y estratégica**, pero carecen de una estructura financiera compatible con su duración o complejidad. Por ello, es esencial incorporar dentro del plan un enfoque de **viabilidad económica en el tiempo**, que considere tanto los costos de implementación como los de operación, monitoreo, revisión adaptativa y gobernanza.

Uno de los pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad del plan hidrológico es la **incorporación explícita de los costos operativos, de mantenimiento y de administración** como parte del diseño financiero del plan. Estos componentes no siempre están visibilizados con la misma prioridad que las inversiones iniciales, pero resultan esenciales para asegurar la continuidad, funcionalidad y efectividad de las medidas implementadas a lo largo del tiempo.

Esto implica que el plan debe **estimar, presupuestar y justificar los recursos necesarios** para el funcionamiento regular de los sistemas e infraestructuras hidráulicas, incluyendo:

- Costos de operación técnica (energía, personal, monitoreo).
- Mantenimiento de infraestructuras y equipos.
- Gestión administrativa, técnica y logística del plan.
- Actividades periódicas de seguimiento y evaluación.

Incluir estos costos en el plan desde la fase de diseño permite:

- **Evitar interrupciones operativas por falta de recursos.**
- **Identificar brechas de financiamiento estructurales.**
- **Facilitar el acceso a recursos nacionales y de cooperación.**
- **Reforzar la transparencia y credibilidad del plan.**

Este enfoque está alineado con los principios de recuperación de costes establecidos en diversas normativas y políticas regionales, y se desarrolla con mayor profundidad en el en el apartado de **evaluación de la suficiencia y estabilidad de las fuentes de ingreso capítulo de** recuperación de costes.

Para garantizar la viabilidad del plan hidrológico más allá de su aprobación formal, es necesario contar con **instrumentos que permitan evaluar la sostenibilidad financiera a largo plazo de las medidas propuestas**. Esto implica no solo identificar su costo inicial, sino también analizar si esas acciones podrán mantenerse operativas y eficaces a lo largo del tiempo, considerando los flujos de recursos disponibles y la capacidad institucional.

Entre los principales instrumentos a considerar se incluyen:

- **Análisis de costos totales por medida**, diferenciando inversión inicial, costos operativos recurrentes y costos de reposición.
- **Evaluación de retorno social y ambiental de la inversión**, para priorizar medidas que maximicen beneficios en relación con su costo.
- **Escenarios financieros proyectados**, que analicen diferentes combinaciones de fuentes de financiamiento (públicas, privadas, tarifas, cooperación).
- **Matrices de riesgo financiero**, que identifiquen los posibles factores que podrían comprometer la sostenibilidad de cada medida (como dependencia de financiamiento externo o capacidades técnicas locales insuficientes).
- **Vinculación con instrumentos de planificación presupuestaria plurianual**, que aseguren la integración de los compromisos financieros del plan en los marcos fiscales de los países o regiones.

Contar con estos instrumentos permite tomar decisiones más informadas, priorizar intervenciones factibles y evitar la inclusión de medidas que no cuenten con respaldo financiero realista.

Este enfoque se desarrolla con mayor profundidad en el **capítulo de programa de actuaciones,** donde se abordan los criterios de priorización, la planificación por etapas y la vinculación con fuentes de financiamiento concretas.

Una planificación hidrológica eficaz no puede desvincular la sostenibilidad financiera de los mecanismos de monitoreo y evaluación. Por ello, es altamente recomendable **incentivar el desarrollo e incorporación de indicadores específicos de sostenibilidad financiera** dentro del sistema de seguimiento del plan hidrológico.

Este tipo de indicadores permiten:

- **Medir si las fuentes de financiamiento están respondiendo a las necesidades reales del plan.**
- **Detectar a tiempo riesgos de subejecución, desfinanciamiento o desequilibrio entre costos y recursos.**
- **Ajustar la priorización o calendarización de medidas en función de la disponibilidad financiera.**
- **Informar a los tomadores de decisiones y a los organismos de control sobre el estado de viabilidad del plan.**

Algunos ejemplos de indicadores clave incluyen:

- Porcentaje de ejecución financiera frente al presupuesto planificado.
- Proporción de costos operativos cubiertos con fuentes permanentes.
- Diversificación de fuentes de financiamiento (número y tipo).
- Nivel de dependencia de financiamiento externo (en porcentaje).
- Variación anual del presupuesto asignado al plan.
- Número de medidas del plan con respaldo financiero asegurado.

Además, estos indicadores deben estar articulados con las **capacidades institucionales reales**. Es decir, el monitoreo financiero debe considerar también los recursos humanos, técnicos y administrativos disponibles para la gestión del plan, de modo que permita una **lectura integral del desempeño financiero e institucional**.

La inclusión de estos indicadores en los informes de seguimiento y evaluación fortalece la transparencia, facilita la rendición de cuentas y brinda elementos concretos para la revisión adaptativa del plan. Así, la sostenibilidad financiera deja de ser solo una declaración de intención y pasa a convertirse en una dimensión tangible del ciclo de gestión.

Guías y referencias

GUÍA 1: GREEN CLIMATE FUND (2021). *Enhancing Direct Access Guidelines (EDA).*

https://www.greenclimate.fund/document/eda-guidelines

GUÍA 2: THE COMMONWEALTH (2022). *Toolkit to Enhance Access to Climate Finance. A Commonwealth Practical Guide.*

https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Toolkit_to_Enhance_Access_to_Climate_Finance_UPDF.pdf

GUÍA 3: CLIMATE DEVELOPMENT AND KNOWLEDGE NETWORK (CDKN) (2017). *Understanding 'bankability' and unlocking climate finance for climate compatible development.*

https://cdkn.org/resource/understanding-bankability-unlocking-climate-finance-development

GUÍA 4: GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY (GEF) (2017). *Guía práctica del Programa de Apoyo a los Coordinadores del FMAM en los Países. Guía práctica para acceder a los recursos en el marco del Programa de Apoyo a los Coordinadores en los Países*

https://www.thegef.org/sites/default/files/publications/CSP_Toolkit_Spanish.pdf

Capítulo 3.

Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico

[3.3] Descripción general de la cuenca o unidad

Definición: La descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión se refiere a la caracterización integral del espacio geográfico sobre el cual se aplicará el plan hidrológico. Incluye sus límites físicos y administrativos, principales rasgos naturales y socioeconómicos, así como su relevancia en términos de recursos hídricos y dinámicas de uso del agua. Esta descripción sirve de marco espacial y contextual para todas las acciones del plan.

Objetivo: Establecer un conocimiento sintético pero comprensivo del territorio de planificación, identificando sus principales características físicas, sociales, ambientales y económicas. Esto permite adaptar las estrategias del plan a las condiciones específicas de la cuenca o unidad territorial.

Utilidad:

- Delimita el ámbito de aplicación del plan, facilitando la organización del análisis y la implementación.
- Permite definir y entender el ciclo hidrológico (balance hídrico natural) y las variables que lo integran y disponer de la información para definir parámetros de modelación.
- Aporta una visión sistémica del territorio, integrando aspectos biofísicos y humanos clave para la gestión del agua.
- Permite reconocer heterogeneidades internas (zonas urbanas/rurales, altas/bajas, húmedas/áridas) que afectan la planificación.
- Sirve de referencia común para todos los actores involucrados en el proceso de planificación.
- Facilita la comparación entre unidades similares y el monitoreo de cambios territoriales a lo largo del tiempo.

La descripción territorial debe facilitar la generación de parámetros de entrada para los modelos utilizados, lo que exige **articular la caracterización física con el modelo de datos estructurado del plan**. Se recomienda utilizar matrices de vinculación entre capas geográficas y variables modelo (p. ej., tabla que relacione tipo de suelo con parámetros de infiltración o uso del suelo con coeficientes de escorrentía).

[3.3.1] Sistemas de información

Definición: La gestión y planificación eficaz de los recursos hídricos requiere contar con una base de información sólida, estructurada y actualizable. En este contexto, la tarea de revisión, obtención y organización de la información básica, junto con la generación de un modelo de datos, constituye una etapa crítica dentro de cualquier proceso de planificación hidrológica. Su adecuada ejecución garantiza que las decisiones se tomen sobre una base objetiva, trazable y técnicamente sólida.

Capítulo 3.

Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico

Objetivo: Esta sección de la Guía tiene como objetivo proporcionar una metodología clara y operativa para abordar esta tarea, orientando a los equipos técnicos responsables del diseño y ejecución del plan hidrológico. Se ofrece una secuencia estructurada de pasos que permite desde la conceptualización del modelo hasta su implementación y mantenimiento, adaptada a distintos niveles de capacidad institucional y disponibilidad de datos.

Utilidad: La elaboración de un modelo de datos bien estructurado permite organizar de forma coherente toda la información disponible y anticipar la que será necesaria para el desarrollo del plan. Este modelo debe abarcar tanto datos existentes como aquellos que deban generarse, y debe incluir diferentes tipos de información:

- **Datos alfanuméricos**: series temporales de variables meteorológicas e hidrométricas (precipitación, caudales, temperatura), consumos por uso del agua, estadísticas de calidad, información socioeconómica, etc.
- **Datos geográficos**: localización de cuencas y subcuencas, red hidrográfica, estaciones de monitoreo, zonas protegidas, puntos de captación y vertido, usos del suelo, etc.
- **Información documental**: antecedentes normativos, planes previos, estudios técnicos, informes de consultorías y diagnósticos, entre otros.

Tareas

Paso 1: Definición del modelo conceptual de datos

Antes de iniciar con la revisión, obtención y organización de la información básica, se recomienda definir un modelo conceptual de datos. Este modelo representa a grandes rasgos, la estructura lógica del sistema hídrico y los elementos clave que deben ser considerados en el plan.

Descripción Metodológica:

- Identificar las entidades clave: masas de agua, estaciones de control, usos del agua, usuarios, actuaciones, zonas territoriales.
- Determinar atributos esenciales para cada entidad: tipo, ubicación, variable medida, volumen, fecha, fuente.
- Establecer las relaciones entre entidades: un usuario usa una fuente; una actuación se aplica sobre una zona; una estación mide una variable.
- Representar estas relaciones mediante un diagrama entidad-relación (E-R), tabla conceptual o esquema gráfico comprensible.

Recomendación:

Emplear herramientas sencillas (dibujos, tablas, esquemas en procesadores de texto o presentaciones -Word, PowerPoint o diagramadores online-) y compartirlos con los equipos técnicos antes de avanzar al diseño del modelo físico.

Importante:

No debe confundirse con el modelo geográfico o de base de datos. Este paso es conceptual y busca alinear la comprensión de los datos entre todos los actores, antes de cualquier digitalización o análisis técnico.

Paso 2: Definición del esquema general de información necesaria

Con el paso 1 se establece el modelo conceptual que permite **saber** qué elementos forman el sistema y cómo se relacionan entre sí. El paso 2 se centra en obtener una lista estructurada y priorizada de datos a buscar, por tipo y temática.

Descripción Metodológica:

Se identifican todos los tipos de datos requeridos en el plan, agrupándolos por categoría y tipo de información.

- **Alfanumérica**: series temporales (caudales, precipitaciones, demandas), estadísticas de calidad del agua, datos socioeconómicos.
- **Geográfica**: cuencas, ríos, estaciones de monitoreo, zonas protegidas, coberturas de uso del suelo, etc.
- **Documental**: planes previos, normativas, estudios técnicos, diagnósticos previos.

Recomendación:

Estrategias en contexto de información limitada

- Usar entrevistas a actores clave para identificar variables críticas.
- Elaborar un listado de variables mínimas por tema (ej. 'uso del suelo', 'captaciones').
- Clasificar los datos en tres niveles: esenciales, deseables, complementarios.
- Aplicar enfoque progresivo: se empieza con lo disponible, se amplía en fases.

Paso 3: Revisión y registro de fuentes de información

Llegados a este punto ya se deben conocer los datos que se necesitan, ahora toca preguntarse: **¿existen? ¿dónde están?** Se realiza una revisión exhaustiva de instituciones y actores que podrían disponer de datos relevantes.

Descripción Metodológica:

- Contactar con autoridades del agua, institutos meteorológicos, instituciones y organismos relacionados con la gestión del aguay el medio ambiente, departamentos u oficinas implicadas en la planificación hidrológica, universidades, etc.
- Recolectar documentación previa de planes, informes de consultorías, bases de datos, publicaciones, etc.
- Registrar la información en una **ficha estandarizada por fuente** (tipo, cobertura temporal y espacial, calidad, acceso).
- Además de identificar qué fuentes existen, es importante **registrar quién es el responsable institucional** de cada conjunto de datos, bajo qué condiciones puede accederse a ellos (público, técnico interno, confidencial) y en qué formato se encuentran.

Recomendación:

- Crear un catálogo digital que sirva como base para otras tareas y pueda actualizarse progresivamente.
- **Estrategias en contexto de información limitada**
  - Realizar un mapeo rápido de instituciones locales y actores comunitarios.
  - Usar formularios simples para entrevistas técnicas.
  - Consultar archivos físicos (actas, informes impresos, registros manuales).
  - Utilizar fuentes indirectas como proyectos anteriores o informes de prensa.

Importante:
Verificar la **vigencia** y **fiabilidad técnica** de cada fuente antes de integrarla al modelo de datos.

Paso 4: Identificación de vacíos o limitaciones de información

Se contrastan los datos necesarios con los disponibles, para identificar lo que falta o tiene baja calidad.

Descripción Metodológica:

- Cruce (comparación) de la información deseada vs. la disponible.
- Mapa de disponibilidad geográfica y temática.
- Diagnóstico de calidad de los datos.
- Detectar qué variables, zonas o periodos **no tienen datos**, o los tienen en forma **incompleta, poco confiable o desactualizada**.
- Documentar claramente los vacíos de información detectados.

Recomendación:
Prioriza los vacíos críticos según su relevancia para el diagnóstico y las decisiones del plan (por ejemplo, ausencia de datos de caudal en zonas con alta presión por riego).

Paso 5: Estrategias para suplir la ausencia de información

En este punto, se pasa del análisis del problema (falta de datos) al diseño de soluciones prácticas y adaptadas al contexto. No siempre se pueden cubrir todos los vacíos, pero sí definir cómo manejarlos con base técnica.

Descripción Metodológica:

- Uso de estimaciones por similitud (cuencas de similar comportamiento hidrológico, estaciones análogas).
- Modelos de simulación hidrológica o interpolación espacial.
- Participación comunitaria para validación o levantamiento de datos.
- Imágenes satelitales y productos de observación remota (para uso del suelo, humedad, NDVI).

Importante:
No sobrecargar el análisis con datos estimados sin validación; indicar claramente el grado de incertidumbre.

Recomendación:
En algunos casos, los datos existen pero no están disponibles públicamente. Se recomienda explorar acuerdos de colaboración, convenios interinstitucionales o mecanismos de acceso controlado, especialmente cuando se trata de datos sensibles (como vertidos industriales, extracciones privadas, etc.).

Paso 6: Definición del modelo de datos

En este paso se debe decidir cómo organizar toda la información en una estructura que sea coherente, accesible y escalable, permitiendo la incorporación futura de nuevos datos o capas temáticas. Para ello, se recomienda diseñar una estructura lógica que pueda ser implementada en una base relacional, hoja de cálculo o sistema SIG, según las capacidades disponibles

Descripción Metodológica:

- Definir las entidades (objetos de información) y sus atributos (características).
- Establecer las relaciones entre entidades (uno a muchos, muchos a muchos).
- Incorporar metadatos: fuente, unidad, frecuencia, cobertura, calidad, fecha de actualización.
- Garantizar la compatibilidad con herramientas de análisis, consulta y visualización.

Recomendación:

No es necesario partir directamente con una base compleja. Un modelo de datos puede empezar con plantillas en hojas de cálculo (Excel o Google Sheets), con pestañas por entidad (ej. estaciones, series, usos) y columnas bien definidas.

Una vez diseñada esta estructura, es importante aplicar **principios de homogeneización y modularidad** para asegurar su aplicabilidad en diferentes contextos institucionales. Las siguientes recomendaciones orientan ese proceso:

- **Núcleo mínimo común de datos**: Incorporar entidades básicas como cuerpos de agua, estaciones de monitoreo, usuarios, usos y variables hídricas, para facilitar la comparabilidad y garantizar un modelo funcional básico.
- **Estandarización de definiciones y atributos**: Utilizar listas controladas para unidades, tipos de uso y variables, promoviendo la interoperabilidad entre instituciones.
- **Diseño modular y escalonado**:
  - *Nivel 1 – Básico*: Hojas de cálculo estandarizadas para datos hidrológicos simples.
  - *Nivel 2 – Intermedio*: Base de datos relacional con variables adicionales (calidad, infraestructura, usos).
  - *Nivel 3 – Avanzado*: Integración con SIG, análisis de escenarios y modelado.
- **Formatos abiertos y estándares comunes**: Usar WaterML, GeoJSON, CSV, y servicios OGC (WMS/WFS) para favorecer el intercambio y la reutilización de datos.
- **Gobernanza y sostenibilidad:** Establecer roles claros de carga, validación y actualización de datos. Impulsar acuerdos interinstitucionales, por ejemplo con institutos meteorológicos e instituciones u organismos que por la distribución de competencias, puedan respaldar la alimentación continua del sistema.

Paso 7: Implementación del sistema de almacenamiento y consulta

Es necesario poner en funcionamiento un sistema de información que permita cargar, almacenar, consultar, actualizar y mantener la información generada y recopilada en el plan hidrológico, de forma estructurada, accesible, escalable y segura.

Un sistema de información es un conjunto organizado de recursos humanos, tecnológicos y metodológicos diseñado para gestionar datos de manera eficiente y segura. En el contexto del plan hidrológico, su objetivo principal es centralizar y administrar toda la información relacionada con los recursos hídricos, facilitando así la toma de decisiones, la planificación y el seguimiento de las acciones.

Descripción Metodológica:

Este paso **convierte el modelo de datos diseñado en el paso anterior en una herramienta operativa**. Implica decidir el tipo de sistema más adecuado según el contexto, crear la estructura de datos y asegurar su sostenibilidad técnica e institucional.

1. **Selección del tipo de sistema**

La elección dependerá del nivel de capacidades locales, volumen y complejidad de datos, conectividad, y necesidad de colaboración.

Nivel	Herramienta recomendada	Características
Básico	Hoja de cálculo estructurada (Excel, Google Sheets)	Sin requerimientos técnicos, útil en contextos locales.
Intermedio	Base de datos relacional (Access, PostgreSQL)	Permite mayor control, consultas avanzadas y consistencia.
Avanzado	SIG con base de datos conectada (QGIS + PostGIS)	Ideal para integrar información espacial, analizar y visualizar.
Colaborativo	Plataforma web (GeoNode, CKAN, PowerBI, dashboards)	Facilita publicación, consulta y edición compartida.

2. **Diseño e implementación de la estructura técnica**

La estructura del sistema debe reflejar **el modelo lógico definido previamente**, e incluir:

- Tablas o capas temáticas (entidades): estaciones, usos, vertidos, medidas, zonas.
- Campos bien definidos (atributos): nombre, ubicación, tipo, valor, fecha, fuente, coordenadas.
- Claves únicas y relaciones entre tablas (ej. un uso pertenece a un usuario, una estación mide variables).
- Reglas de validación de datos (formatos, dominios, integridad referencial).

3. **Carga e importación de datos**

- Se realiza una **depuración y validación previa** de los datos: formato, coherencia, cobertura, duplicados.
- Se importan al sistema mediante cargas masivas (CSV, Excel, shapefile, SQL scripts).
- Se verifican **relaciones cruzadas** entre entidades (ej. estación sin serie, uso sin cuerpo de agua vinculado).

4. **Prueba y validación operativa del sistema**

- Verificar si el sistema **responde correctamente a consultas básicas**:
  - ¿Se puede filtrar por fecha, variable, zona?
  - ¿Se puede consultar por tipo de uso, calidad del agua u otras variables relevantes?
  - ¿Se pueden exportar datos correctamente?
- Validar la **integridad de relaciones** (ej. no deben existir registros huérfanos).
- Detectar errores en datos cargados, formatos o estructuras.

Además de la funcionalidad interna del sistema, es recomendable que el diseño contemple desde el inicio su compatibilidad con estándares técnicos internacionales. Esto favorece la interoperabilidad, facilita el intercambio de información con otros actores y garantiza la sostenibilidad técnica a largo plazo.

- **Estándares del OGC** (Open Geospatial Consortium): Se recomienda que los sistemas desarrollados puedan operar o exportar información compatible con servicios web como WMS/WFS (para capas geográficas) y con formatos como WaterML (para series de tiempo hidrológicas), ampliamente adoptados por organismos internacionales.
- **INSPIRE Hydrography** (UE): Aunque diseñado para Europa, el modelo de datos INSPIRE ofrece especificaciones útiles para estructurar información de redes hidrográficas, cuerpos de agua y cuencas, que pueden adaptarse a contextos latinoamericanos.
- **Modelo conceptual HY_Features:** Proporciona una estructura lógica para vincular entidades hidrológicas (cuencas, tramos, estaciones) de forma jerárquica y compatible, ideal para sistemas que deban crecer en complejidad o escalar a nivel regional.

- **Integración en IDE (Infraestructuras de Datos Espaciales**): Incluir el modelo de datos del plan hidrológico dentro de una IDE nacional o sectorial permite conectar la información hídrica con otras capas clave (uso del suelo, clima, población) y facilita su difusión pública.
- **Buenas prácticas de la OMM – WHOS**: Para países que compartan datos hidrológicos a nivel regional o global, se recomienda contemplar la publicación mediante servicios compatibles con el World Hydrological Observing System (WHOS), que promueve el uso de WaterML y APIs estandarizadas.

Estas consideraciones no implican una complejidad adicional inmediata, pero su incorporación desde el diseño evita futuras limitaciones técnicas y posiciona al sistema dentro de un ecosistema más amplio de datos ambientales.

5. **Capacitación y entrega a la institución responsable**
   - Capacitar al personal técnico en:
     - Uso del sistema (consultas, edición, exportación).
     - Carga de nuevos datos.
     - Criterios de control de calidad.
   - Entregar documentación básica del sistema: estructura de tablas, manual de usuario, glosario de campos.
   - Asignar responsables por temática o tipo de dato (ej. una persona para calidad, otra para usos).
6. **Plan de mantenimiento y sostenibilidad**
   - Establecer un **protocolo de actualización**: periodicidad, responsables, validación.
   - Implementar **rutinas de respaldo de la base de datos** (en local y nube si es posible).
   - Definir canales de soporte técnico o institucional.
   - Evaluar si se requiere migración futura a un sistema más robusto o compartido.

Recomendación:

En contexto de información limitada

- Utilizar una carpeta digital con servicio en la nube (Google Drive o OneDrive) con subcarpetas por tema.
- Nombrar archivos y versiones de forma coherente y cronológica.
- Crear un documento resumen con vínculos a los principales archivos o tablas.
- Respaldar copias digitales en discos duros externos al menos mensualmente.

Importante:

- No implementar sistemas que superen la capacidad operativa local: **mejor una hoja de cálculo (Excel) bien estructurada que una base de datos abandonada**.
- Evitar que el conocimiento del sistema quede concentrado en una sola persona.
- Controlar el acceso y las ediciones para mantener la integridad de los datos.
- El sistema debe contemplar **perfiles de acceso diferenciados**, definidos desde su diseño, que permitan gestionar distintos niveles de uso: personal técnico, responsables institucionales y, cuando corresponda, público general. Esta configuración debe alinearse con las políticas internas de acceso, garantizando seguridad y gobernanza de los datos. Para los mecanismos de publicación de datos abiertos y criterios de acceso ciudadano, se remite al **Paso 9**, donde se detallan los enfoques y herramientas recomendadas.

Paso 8: Documentación y mantenimiento del modelo de datos

Es necesario asegurar que sea comprensible, práctico, reproducible y sostenible en el tiempo. Sin documentación, el sistema se convierte en una "caja negra" que nadie más puede usar o mantener cuando cambia el personal técnico.

Descripción Metodológica:

- Se genera una guía técnica del modelo, que incluya:
  - La estructura de entidades, atributos y relaciones.
  - El contenido de cada tabla o capa (definiciones, unidades, fuentes).
  - Protocolos de carga, validación, actualización y control de calidad.
  - La trazabilidad de los datos (origen, fecha, nivel de confianza).
  - Control de versiones de la estructura del modelo, documentando cambios y responsables.
- Se crean ejemplos prácticos de carga, validación y consulta para facilitar la formación y la continuidad operativa.
- Toda la documentación debe mantenerse organizada en un repositorio técnico institucional digital, accesible y actualizado, que incluya fichas de datos, manuales, catálogos, esquemas gráficos, scripts de carga y versiones anteriores del modelo.
- Se designan responsables por temática o componente del sistema, con roles claros en la revisión y mantenimiento de la documentación y del propio modelo.
- Se establecen rutinas de respaldo digital (local y en la nube) y de validación periódica del sistema de datos.
- Como parte del aseguramiento de calidad, se recomienda programar auditorías externas o revisiones técnicas por parte de universidades o agencias especializadas al menos una vez por ciclo de planificación.

Importante:
Esta tarea constituye la base informacional sobre la cual se sustentará todo el análisis del plan hidrológico. La calidad, organización e interoperabilidad de los datos condicionarán la solidez del diagnóstico, la formulación de medidas y la implementación de sistemas de seguimiento. Por ello, se recomienda revisar y actualizar el modelo de datos a lo largo del proceso de planificación, adaptándolo a nuevas necesidades y fortaleciendo su capacidad de integración con otros sistemas de información sectoriales o nacionales.
Otro aspecto importante a considerar es la necesidad de personal técnico especializado para ese mantenimiento.

Recomendación:
Para asegurar la sostenibilidad operativa, puede ser útil definir una matriz RACI (Responsable, Aprobador, Consultado, Informado) para cada categoría de datos o módulo del sistema.

Paso 9: Información pública y acceso ciudadano

El modelo de datos y el sistema de información resultante deben considerar desde su diseño la dimensión del acceso público. Esto no solo favorece la transparencia y la rendición de cuentas, sino que también fortalece la participación ciudadana informada en los procesos de planificación del agua.

Descripción Metodológica:

- Identificar qué conjuntos de datos son de interés público (ej. delimitación de cuencas, series de caudales, puntos de monitoreo, mapas de uso del suelo).

- Establecer criterios para su publicación: formato abierto, frecuencia de actualización, metadatos asociados.
- Definir canales de publicación: portales web institucionales, sistemas de datos abiertos, infraestructuras de datos espaciales.
- Diseñar perfiles de acceso diferenciados dentro del sistema: público general, técnicos, instituciones colaboradoras.
- Evaluar necesidades de visualización pública: tableros, visores interactivos, informes periódicos comprensibles.

Recomendación:

Se recomienda articular esta dimensión con los principios de gobierno abierto y las políticas de acceso a la información vigentes en el país o región. Además, facilitar el acceso a datos puede generar sinergias con comunidades locales y otros actores clave.

Ejemplos de modelos de América Latina

México: La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) opera el *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)*, establecido por ley para integrar datos sobre **cantidad, calidad, usos y conservación del agua** gob.mx. El SINA consolida una base de datos *estadística y geográfica* que difunde información hídrica mediante reportes, gráficas y mapas interactivos gob.mx. Por ejemplo, el SINA reúne indicadores de disponibilidad, uso del agua por sectores, calidad del agua y obras hidráulicas, presentándolos en una plataforma única de libre acceso. Este modelo de datos integral ha permitido a México contar con productos informativos robustos (ej. Atlas del Agua, anuarios estadísticos) y satisfacer diversas necesidades de información del sector hídrico ine.gov.pyine.gov.py. La evolución del SINA –desde datos básicos hacia informes especializados– muestra cómo un sistema bien establecido puede ampliarse progresivamente manteniendo la coherencia de los datos ine.gov.pyine.gov.py.

Brasil: La Ley de Aguas de Brasil (1997) creó el *Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)* como instrumento de la Política Nacional de Aguas. El SNIRH, coordinado por la Agencia Nacional de Águas e Saneamento (ANA), tiene por objetivo **reunir, dar consistencia, compartir y actualizar permanentemente datos** sobre la cantidad y calidad de los recursos hídricos gov.br. Este sistema provee información sobre la disponibilidad y demanda de agua en todo el país, sirviendo de insumo para la elaboración de planes de recursos hídricos gov.br. Para lograrlo, **integra subsistemas informáticos, bases de datos unificadas, infraestructura tecnológica y recursos humanos especializados** gov.br. Brasil adapta su modelo de datos a una escala continental, incorporando redes hidrometeorológicas extensas, registros de usos (otorgamiento de derechos de agua) e incluso alertas de eventos hidrológicos, todo interoperable bajo el paraguas del SNIRH. La fortaleza institucional de ANA ha permitido un sistema robusto, pero también modular, donde distintos módulos (cantidad, calidad, usuarios, monitoreo) se integran gradualmente según avanzan las capacidades técnicas.

Argentina: La Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica implementa el *Sistema Nacional de Información Hídrica (SNIH)* como **base de datos hidrológica integrada** a nivel nacional bibliotecasredam.wordpress.com. Su objetivo es **recolectar, procesar y almacenar datos básicos** de la Red Hidrológica Nacional, incluyendo registros históricos de estaciones hidrométricas propias y de otros organismos adheridosbibliotecasredam.wordpress.combibliotecasredam.wordpress.com. El SNIH brinda acceso libre a series de caudales, niveles y precipitaciones, unificando décadas de observaciones de múltiples fuentes en un solo repositorio argentina.gob.arbibliotecasredam.wordpress.com. Asimismo, Argentina ha desarrollado herramientas de *cartografía digital y sistemas georreferenciados* para estructurar la información hídrica y vincularla a datos espaciales bibliotecasredam.wordpress.com. Un ejemplo práctico es el portal público del SNIH, donde usuarios pueden visualizar y descargar datos históricos diarios y mensuales de cientos de estaciones en todo el país. Este modelo de datos integrado facilita el **conocimiento del estado y dinámica de los recursos hídricos** (en cantidad y calidad) como base

para planes de infraestructura y gestión sostenible bibliotecasredam.wordpress.com. Argentina demuestra que, aun con capacidades técnicas en desarrollo, es posible unificar datos hidrológicos dispersos mediante estándares comunes y ofrecer una plataforma central de información.

Perú: La Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Perú encabeza el *Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH)*, concebido como una **red tecnológica e institucional** para dar soporte a la toma de decisiones en la gestión del agua ana.gob.pe. En la práctica, Perú ha desarrollado el *Observatorio del Agua*, una plataforma web interactiva que integra múltiples conjuntos de datos: estadísticas de **demanda de agua por cuenca**, inventarios de **pozos** con sus características, registros históricos de **embalses**, información sobre proyectos de formalización de derechos de uso de agua, entre otros datosabiertos.gob.pedatosabiertos.gob.pe. Esta plataforma presenta la información de forma amigable, accesible tanto al público general como a autoridades locales y usuarios organizados datosabiertos.gob.pe. El modelo de datos peruano está organizado por componentes (cantidad, calidad, infraestructura, usuarios) y emplea visores geográficos para mapear cuencas y fuentes hídricas. Se adapta a una realidad institucional donde diversas direcciones de ANA y otros sectores aportan datos; por ello, el SNIRH peruano enfatiza la *articulación interinstitucional* y la capacitación técnica para alimentar un sistema único. El enfoque modular le permite crecer en etapas: por ejemplo, iniciando con datos de oferta hídrica y ampliando luego a incluir calidad del agua y ecosistemas según se fortalezcan las capacidades.

Chile: La Dirección General de Aguas (DGA) de Chile ha desarrollado sistemas de información enfocados en sus prioridades legales: la administración de derechos de agua y el monitoreo hidrometeorológico. Si bien Chile no cuenta aún con un solo portal nacional integrado como otros países, sí dispone de **bases de datos especializadas**. Por ejemplo, la DGA mantiene un *Catastro Público de Aguas* (registro unificado de derechos de aprovechamiento de aguas) y opera una red nacional de estaciones hidrométricas cuyos datos (caudales de ríos, niveles de aguas subterráneas, calidad de aguas) son publicados regularmente en informes y plataformas en línea. En la última década, Chile ha avanzado en la **infraestructura de datos espaciales (IDE)** del sector hídrico, integrando capas de información geográfica de cuencas, cauces y obras hidráulicas en visores oficiales. El modelo de datos chileno se ha adaptado a **capacidades técnicas altas en monitoreo**, pero con cierta dispersión institucional: distintos departamentos de la DGA manejan bases de datos que ahora tienden a interconectarse bajo el enfoque GIRH. Un desafío identificado es evolucionar desde sistemas aislados (e.g. archivo de datos hidrológicos, registros administrativos) hacia un sistema integrado de planificación hídrica; para ello Chile está fortaleciendo la estandarización interna y la interoperabilidad de sus sistemas existentes.

Colombia: En Colombia, la gestión de la información hídrica está distribuida entre varias entidades. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) centraliza gran parte de los **datos hidrometeorológicos** (red nacional de estaciones de lluvia y caudal) y elabora evaluaciones periódicas sobre oferta y demanda de agua. A su vez, el Ministerio de Ambiente, a través del *Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC)*, integra datos de calidad del agua, ecosistemas acuáticos y reportes de las autoridades ambientales regionales. Este enfoque multinodal ha significado que el **modelo de datos hídricos colombiano** deba coordinar diferentes fuentes: bases de datos del IDEAM, sistemas regionales de corporaciones autónomas, registros sectoriales (por ejemplo, del sector agrícola y energético en uso de agua) y las cuentas nacionales de agua que prepara la autoridad estadística. La experiencia colombiana muestra la adaptación a **capacidades institucionales fragmentadas**: en lugar de un único sistema central, se avanza en la interoperabilidad entre subsistemas. Por ejemplo, Colombia impulsa estándares comunes para el intercambio de datos entre IDEAM y entidades regionales, y utiliza la plataforma de *datos abiertos* nacional para publicar indicadores hídricos. No obstante, este modelo enfrenta retos similares a otros países con información dispersa: la heterogeneidad de métodos y formatos dificulta la consolidación en una sola base unificada ine.gov.py. Para superarlo, se está reforzando la coordinación institucional y la adopción de procedimientos estandarizados, reconociendo que la calidad de los datos mejora cuando todos usan **definiciones y clasificaciones uniformes** en el país ine.gov.py.

España: En España se dispone de diversos sistemas de información de datos hidrológicos y de planificación hidrológica según sus fines específicos, aunque a efectos de presentar uno especialmente desarrollado como herramienta de apoyo para la preparación de un plan hidrológico se sugiere ver el ejemplo que ofrece: MÍRAME-IDEDuero. Se trata de un sistema de base de datos que combina una

infraestructura de datos espaciales acorde con los principios INSPIRE, con una potente base de datos alfanumérica en la que se reúne información sobre los elementos naturales, las infraestructuras y la socioeconomía de la parte española de la cuenca del Duero. El sistema también ofrece diversos tipos de servicios para la visualización, consulta y descarga de los datos. Dispone de una parte privada y de otra pública accesible en: https://mirame.chduero.es/chduero/public/home

Otras experiencias: Además de los países mencionados, otras naciones han desarrollado soluciones ajustadas a sus realidades. Por ejemplo, *Uruguay* ha creado el sistema "Sistema Nacional de Agua" apoyado en su red hidrológica y meteorológica, con énfasis en alertas tempranas, mientras *Honduras* y *El Salvador* han recibido apoyo internacional para establecer bases de datos de cuencas y balances hídricos básicos. Cada caso muestra distintos niveles de sofisticación técnica: desde simples hojas de cálculo estandarizadas y SIG de escritorio en instituciones con recursos limitados, hasta sistemas web centralizados con servicios en la nube en instituciones más avanzadas.

La adaptación a diferentes capacidades es evidente: países con mayores recursos han implementado modelos de datos integrales en tiempo casi real, mientras que otros comienzan unificando datos históricos y meta-datos de fuentes diversas como primer paso.

[3.3.2] Ámbito territorial

El objetivo de la delimitación del ámbito territorial es establecer con precisión el ámbito geográfico sobre el que aplica el plan hidrológico, definiendo los límites físicos e institucionales que lo configuran. Esta caracterización espacial constituye la base para el análisis técnico, la articulación interinstitucional y la planificación operativa.

✅ **Contenidos clave:**

A continuación, se enumeran los elementos fundamentales que deben considerarse para una adecuada caracterización de la delimitación territorial dentro del plan hidrológico:

1. **Identificación del ámbito geográfico del plan:**
   - Determinar si el plan se aplica sobre una **cuenca hidrográfica**, una **subcuenca**, un **sistema hídrico interconectado**, o un conjunto de unidades territoriales adyacentes con gestión compartida.
   - Señalar si se trata de una unidad física-natural (por ejemplo, cuenca endorreica, exorreica, transfronteriza) o de una unidad funcional (por ejemplo, región de gestión integrada del agua, zona de planificación prioritaria).
   - Incluir un **mapa de referencia** con límites hidrográficos principales y secundarios.
2. **Descripción del modelo de división administrativa:**
   - Listado y localización de las unidades político-administrativas comprendidas total o parcialmente en el territorio del plan: **provincias, departamentos, municipios, comunas u otras subdivisiones oficiales**, con atención en su caso a la cuestión transfronteriza.
   - Relación entre límites administrativos y límites naturales (correspondencias, superposiciones o disyunciones).
   - Identificación de autoridades administrativas relevantes en cada nivel.
   - Notar si existen **zonas con gobernanza compartida o disputada** entre jurisdicciones.

Recomendación:

Incorporar una matriz de correspondencia entre unidades hidrológicas y divisiones administrativas, que facilite la implementación y seguimiento del plan.

Importante:
En cuencas compartidas entre distintas jurisdicciones, es clave identificar mecanismos de cooperación interinstitucional ya existentes o que deban establecerse, con énfasis en la gestión coordinada de recursos y competencias.

[3.3.3] Geomorfología y relieve

El análisis geomorfológico y del relieve permite comprender la forma y dinámica del terreno, lo cual es esencial para interpretar el comportamiento hidrológico del territorio, definir zonas de riesgo y orientar decisiones de infraestructura, conservación y uso del suelo.

Los siguientes aspectos deben ser considerados:

✅ **Contenidos clave:**

- **Caracterización de unidades geomorfológicas:**
  - Identificación y delimitación de las principales unidades del paisaje (valles, planicies aluviales, terrazas fluviales, montañas, piedemontes, depresiones, etc.).
  - Relación entre las formas del relieve y los procesos hidrológicos, como la retención de agua, la generación de escorrentía o la recarga de acuíferos.
  - Evaluación del grado de modificación antrópica de las unidades geomorfológicas (urbanización, canalización, deforestación, minería).
- **Análisis de pendientes:**
  - Clasificación de las pendientes según intervalos de inclinación y su distribución espacial.
  - Evaluación de su influencia sobre la velocidad de escurrimiento, la erosión superficial, la retención de humedad y la acumulación de sedimentos.
  - Identificación de áreas críticas para la implantación de prácticas de manejo del suelo o soluciones basadas en la naturaleza (SBN).
- **Zonas de riesgo geomorfológico:**
  - Delimitación de áreas propensas a procesos de remoción en masa (deslizamientos, flujos de lodo), erosión acelerada o formación de cárcavas.
  - Consideración de factores desencadenantes como tipo de suelo, pendiente, cobertura vegetal y régimen de lluvias.

Relevancia de estos riesgos para la infraestructura hídrica, la población expuesta y la planificación territorial.

Importante:
La comprensión del relieve es particularmente crítica en cuencas de montaña o con fuerte gradiente altitudinal, donde pequeñas intervenciones pueden generar impactos hidrológicos significativos aguas abajo.

Recomendación:
Incluir mapas de relieve sombreado, curvas de nivel, y pendientes clasificadas, idealmente generados a partir de modelos digitales de elevación (MDE), que permitan un análisis espacial detallado y fácilmente interpretable.

[3.3.4] Suelos y cobertura vegetal

El análisis de los suelos y de la cobertura del suelo es esencial para entender los procesos de escorrentía, infiltración, recarga de acuíferos y erosión, así como para evaluar la interacción entre usos del

territorio y el ciclo hidrológico. La calidad, uso y manejo del suelo influye directamente en la sostenibilidad de los recursos hídricos.

Se deben considerar los siguientes elementos clave:

Contenidos clave:

- **Clasificación de tipos de suelo:**
  - Identificación y mapeo de las principales clases de suelo presentes en la unidad territorial, según su textura, estructura, capacidad de infiltración y retención hídrica.
  - Evaluación de propiedades relevantes para la dinámica hídrica: profundidad efectiva, capacidad de campo, conductividad hidráulica, contenido de materia orgánica.
  - Determinación de la vulnerabilidad a procesos de degradación como compactación, salinización o pérdida de fertilidad.
- **Distribución de usos del suelo:**
  - Análisis espacial de la cobertura del suelo actual: áreas agrícolas, forestales, urbanas, industriales, naturales o degradadas.
  - Evolución histórica de los usos del suelo y su relación con cambios en la oferta o calidad del recurso hídrico.
  - Identificación de prácticas de manejo del suelo que favorezcan o afecten la infiltración y la retención de humedad (por ejemplo, labranza conservacionista, forestación, urbanización no planificada), en particular zonas impermeabilizadas por desarrollo urbano o asimilable que puedan provocar concentraciones o puntas de escorrentía.
- **Impacto sobre el régimen de escorrentía y recarga de acuíferos:**
  - Evaluación de cómo los distintos tipos y usos del suelo modifican la escorrentía superficial, la infiltración y la generación de escurrimientos concentrados.
  - Identificación de zonas de recarga natural de acuíferos y su relación con la cobertura actual del suelo.

Relevancia de áreas con cobertura vegetal densa (bosques, pastizales naturales) en la regulación del ciclo hidrológico y la protección del suelo frente a la erosión.

Importante:
Las intervenciones sobre el suelo pueden tener efectos acumulativos o irreversibles sobre el recurso hídrico. Por ello, es clave vincular esta caracterización con medidas de gestión territorial, restauración ecológica y conservación del suelo.

Recomendación:
Integrar datos de suelos y cobertura en sistemas de información geográfica (SIG) que permitan superponer esta información con mapas de pendiente, uso del agua y recarga, facilitando una visión integrada del comportamiento hidrológico del territorio.

Erosión y sedimentación

Los procesos de erosión y sedimentación constituyen variables geomorfológicas críticas que inciden directamente en la dinámica hidrológica y la calidad de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas. La aceleración antropogénica de estos procesos, sumada a los efectos del cambio climático, provoca impactos adversos como la colmatación de embalses, degradación del hábitat acuático y alteración de la capacidad de almacenamiento, afectando la provisión de servicios ecosistémicos y el funcionamiento hidráulico tanto en infraestructuras como en redes de drenaje naturales. Por lo tanto, su consideración en el plan hidrológico es imprescindible para garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos y la integridad ambiental.

Aspectos a considerar para su estudio, caracterización y evaluación:

Caracterización Integral de procesos erosivos y sedimentarios

a) Inventario y cartografía
   - Compilación de datos geológicos, edáficos, climatológicos, geomorfológicos e hidrológicos.
   - Análisis de la información de las redes de monitoreo sedimentométrico.
   - Uso de tecnologías de teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para identificar zonas de erosión activa y potencial, así como áreas de acumulación sedimentaria.
   - Clasificación del grado de erosión considerando variables como topografía, tipo de suelo, cobertura vegetal y régimen climático.

b) Modelación de la erosión y el transporte Sedimentario:
   - Aplicación de modelos matemáticos para la cuantificación de la pérdida de suelo y el mapeo espacial del transporte de sedimentos.
   - Integración de análisis hidrológicos y geomorfológicos para la simulación del régimen sedimentario en función de eventos hidrológicos.

c) Evaluación morfológica y estado de hábitats acuáticos
   - Estudio de la geomorfología fluvial para identificar procesos de colmatación, cambios en el perfil longitudinal y su efecto en la biodiversidad acuática.

d) Análisis de Presiones Antropogénicas
   - Documentación y evaluación de intervenciones antrópicas que alteran el régimen natural sedimentario (presas, obras lineales, actividades extractivas, cambio de uso del suelo).

Evaluación de Impactos sobre los cuerpos de agua

- Evaluación cuantitativa y cualitativa del impacto de la sedimentación en la calidad del agua (turbidez, contenido de nutrientes y contaminantes asociados).
- Determinación del impacto sobre la capacidad y operatividad de embalses y su vida útil, mediante análisis de colmatación y balance sedimentario.
  - Cuantificación precisa de la carga sedimentaria mediante muestreos y análisis granulométricos, cálculo del balance sedimentario y uso de modelos hidrosedimentológicos para simular la evolución de la colmatación.
  - Monitoreo regular mediante batimetrías y estaciones sedimentológicas, con énfasis en la detección temprana de pérdida de capacidad.
- Análisis de la afectación a los ecosistemas acuáticos y riparios, incluyendo pérdida de hábitats y alteración de la biodiversidad.

Análisis Predictivo y Escenarios de Cambio Climático

- Integración de escenarios hidrológicos y sedimentológicos futuros, incorporando proyecciones de cambio en el uso del suelo y escenarios climáticos regionalizados.
- Modelación dinámica para anticipar tendencias de erosión y sedimentación bajo condiciones variables, facilitando la planificación proactiva y resiliente.

Necesidad de medidas actuaciones y medidas para su gestión

a) Medidas en la cuenca
   - Implementación de prácticas conservacionistas que reduzcan la erosión (reforestación, terrazas, agricultura sostenible).
   - Ordenación territorial enfocada en minimizar la escorrentía sedimentaria.

b) Medidas en embalses
   Desarrollo de estrategias operativas para mantenimiento y prolongación de la vida útil del embalse, incluyendo dragado y manejo hidráulico para la evacuación controlada de sedimentos.
   - Intervenciones estructurales: dragado, liberación controlada de sedimentos, drenaje de fondo.
   - Incorporación de dispositivos para la captura y retención sedimentaria en embalses nuevos (trampas sedimentarias).

c) Medidas no estructurales

- Programas de educación ambiental, capacitación técnica para usuarios agropecuarios y comunitarios, y fortalecimiento institucional para manejo sostenible del suelo y agua.

d) Plan de monitoreo y gestión adaptativa
- Instalación y operación de estaciones hidrométricas equipadas para medición de caudales y concentración de sedimentos en suspensión y arrastre sólido.
- Desarrollo de protocolos para el seguimiento continuo de variables hidrosedimentológicas. Realización de análisis granulométricos periódicos y levantamientos batimétricos en cauces y embalses para evaluar la evolución sedimentaria.
- Evaluación periódica de la eficacia de las medidas implementadas, con capacidad de ajuste en función de los resultados.

[3.3.5] Geología e hidrología

La geología y la hidrogeología del territorio definen las características estructurales y dinámicas del subsuelo, las cuales determinan el almacenamiento, circulación y disponibilidad de los recursos hídricos subterráneos. Este análisis es clave para comprender la relación entre el sistema hídrico superficial y el subterráneo, así como para planificar un uso sostenible del agua en el largo plazo.

A continuación, se presentan los componentes esenciales que deben abordarse:

✅ **Contenidos clave:**

- **Cartografía de formaciones geológicas principales:**
  - Identificación de unidades litológicas dominantes (rocas ígneas, sedimentarias, metamórficas) y su disposición espacial.
  - Análisis de estructuras geológicas relevantes: pliegues, fallas, fracturas, diaclasas.
  - Relación entre la geología y las propiedades hidrológicas del terreno (retención, filtración, drenaje natural).
- **Identificación de acuíferos y unidades hidrogeológicas:**
  - Delimitación de acuíferos libres, confinados y semiconfinados presentes en el territorio.
  - Caracterización de su extensión, profundidad, capacidad de almacenamiento, recarga natural y conectividad con fuentes superficiales.
  - Localización de zonas de recarga y descarga, así como su grado de vulnerabilidad ante contaminación.
- **Características estructurales del subsuelo:**
  - Evaluación de parámetros hidrogeológicos como la permeabilidad, porosidad efectiva, transmisividad y coeficientes de almacenamiento.
  - Presencia de fracturas o discontinuidades geológicas que faciliten el flujo subterráneo o actúen como barreras hidráulicas.
  - Influencia de las condiciones del subsuelo en la viabilidad de pozos, captaciones, infraestructura de recarga artificial u obras subterráneas.

Importante:
La geología no solo condiciona la oferta subterránea, sino también la calidad del agua. Formaciones ricas en sales, minerales o materiales orgánicos pueden afectar los usos posibles del recurso (abastecimiento, riego, industria).

Recomendación:

Utilizar mapas hidrogeológicos actualizados, perfiles geológicos transversales y datos de sondeos o perforaciones, que permitan estimar con precisión la disponibilidad y sostenibilidad del agua subterránea.

[3.3.6] Contexto climatológico

El contexto climatológico de la unidad territorial de planificación constituye un elemento esencial para comprender la disponibilidad, distribución temporal y variabilidad del recurso hídrico. Esta primera aproximación es especialmente relevante en la definición del modelo conceptual que sirve como base para la elaboración del **inventario de recursos hídricos**. Las condiciones climáticas determinan los patrones de precipitación, evapotranspiración, temperaturas extremas y eventos hidrometeorológicos, los cuales tienen efectos directos sobre el régimen hidrológico y los riesgos asociados.

✅ **Contenidos clave:**

A continuación, se describen los elementos clave que deben ser considerados para una adecuada caracterización climática del territorio:

- **Caracterización del clima predominante:**
  - Clasificación del territorio según sistemas climáticos reconocidos (como Köppen-Geiger, Holdridge u otros), con una breve descripción de las condiciones propias de cada zona.
  - Delimitación de zonas climáticamente homogéneas y detección de gradientes o transiciones que puedan generar contrastes hídricos internos importantes (por ejemplo, entre zonas húmedas y semiáridas dentro de una misma cuenca).
- **Precipitación:**
  - Análisis de la distribución espacial y temporal de las lluvias, incluyendo promedios anuales, variaciones estacionales y distribución intraanual.
  - Evaluación de la frecuencia e intensidad de eventos extremos de precipitación (lluvias intensas o concentradas), así como de años secos o húmedos según registros históricos.
  - Identificación de zonas que presentan déficit hídrico persistente o excesos puntuales que afectan el balance hídrico y el diseño de infraestructuras hidráulicas.
- **Temperatura y evapotranspiración:**
  - Descripción de las temperaturas medias anuales, así como de los rangos térmicos extremos durante el año, especialmente en relación con los cultivos, la salud humana y el consumo de agua.
  - Estimación de la evapotranspiración potencial (ETP) y real (ETR), fundamental para calcular la demanda hídrica ambiental, agrícola y urbana.
  - Relación entre temperaturas altas, evaporación superficial de cuerpos de agua y estrés térmico en ecosistemas o actividades productivas.
- **Eventos hidrometeorológicos extremos:** **Fenómenos Extremos**
  - Registro de sequías meteorológicas, hidrológicas y agrícolas recurrentes, con énfasis en su duración, severidad y áreas más afectadas.
  - Análisis de eventos de inundaciones relacionadas con precipitaciones intensas o mal drenaje natural, incluyendo sus impactos históricos en infraestructuras, asentamientos y ecosistemas.
  - Evaluación de la capacidad de respuesta del territorio ante estos eventos, considerando aspectos como sistemas de alerta temprana y medidas de prevención.
- **Tendencias y escenarios de cambio climático:** **Cambio Climático**
  - Revisión de estudios o escenarios regionalizados de cambio climático disponibles para la zona de planificación, considerando diferentes horizontes temporales (Ej.: 2030, 2050, 2100).
  - Análisis de las principales variables proyectadas: aumento o disminución de la precipitación, incremento de temperaturas, cambios en la estacionalidad o en la frecuencia de eventos extremos.

Implicaciones sobre la gestión del agua, tales como disminución de caudales base, mayor competencia por el recurso, necesidad de adaptación de cultivos o infraestructura resiliente.

[3.3.7] Hidrología y red fluvial

La hidrología y la red fluvial constituyen el esqueleto funcional del sistema hídrico superficial de la unidad territorial. Su estudio permite comprender los flujos de agua a través del paisaje, su variabilidad temporal, los mecanismos de recarga y descarga, así como los riesgos y oportunidades asociados a su gestión. Este conocimiento es clave para definir estrategias de uso, conservación y adaptación frente a la variabilidad climática.

Capítulo 3.

Contenidos y tareas para la elaboración de un plan hidrológico

Contenidos clave:

A continuación, se detallan los elementos fundamentales que deben abordarse en esta sección:

- **Estructura de la red hidrográfica**
  - **Identificación de cursos de agua:** Se debe elaborar un inventario detallado de los ríos, arroyos, quebradas y otros cauces —permanentes o estacionales— presentes en el territorio, indicando su longitud, caudal medio estimado y ubicación en el sistema de drenaje.
  - **Jerarquización de la red**: Utilizar sistemas de codificación como el orden de Strahler o Shreve para clasificar los cauces según su posición jerárquica. Esto permite entender la complejidad y conectividad de la red fluvial.(tareas de Inventario de los recursos hídricos).
  - **Delimitación de subcuencas**: Dividir la cuenca principal en unidades menores de análisis (subcuencas y microcuencas) según criterios hidrológicos. Estas unidades permiten desagregar el análisis y facilitar la planificación descentralizada.
  - **Análisis de conectividad fluvial**: Evaluar el grado de continuidad del sistema fluvial, identificando interrupciones o fragmentaciones producidas por presas, derivaciones, encauzamientos, obras de paso o infraestructura urbana. La conectividad es clave para la migración de especies, el transporte de sedimentos y la regulación natural del caudal.

Recomendación:

Utilizar modelos digitales de elevación (MDE) y sistemas de información geográfica (SIG) para representar la red de drenaje y su relación con otros elementos físicos del territorio.

- **Régimen hidrológico**
  - **Variabilidad temporal del caudal**: Analizar las series de caudal histórico en estaciones hidrométricas disponibles, identificando caudales medios mensuales, caudales máximos (crecidas) y mínimos (estiajes). Este análisis permite establecer la estacionalidad y estabilidad del régimen.
  - **Estacionalidad e indicadores hidrológicos**: Determinar la duración, intensidad y regularidad de los períodos húmedos y secos. Identificar los meses de mayor vulnerabilidad para cada uso del agua (agrícola, doméstico, ecológico).
  - **Eventos extremos**: Evaluar la frecuencia, magnitud y recurrencia de eventos de inundación o sequía. Determinar su impacto potencial sobre infraestructura, poblaciones, ecosistemas y productividad económica.
  - **Alteraciones del régimen natural**: Identificar las principales causas de modificación del flujo (embalses, captaciones, cambios de uso del suelo, urbanización), así como su impacto en el comportamiento hidrológico y en los caudales ecológicos.

Recomendación:

Incluir gráficos comparativos de caudales, coeficientes de escorrentía y curvas de permanencia, para facilitar el análisis técnico y la comunicación con actores locales.

Importante:

Un régimen hidrológico saludable no solo sostiene el abastecimiento humano y productivo, sino que mantiene los procesos ecológicos esenciales en los ríos y humedales. El análisis debe considerar tanto la oferta hídrica como la resiliencia del sistema frente al cambio climático.

[3.3.8] Redes de monitoreo

Definición: Las redes de monitoreo son sistemas estructurados de observación que permiten registrar de forma sistemática, representativa y continua una o varias variables relacionadas con el recurso hídrico, en términos de cantidad, calidad o uso. Están conformadas por un conjunto de estaciones fijas o móviles, manuales o automáticas, distribuidas espacialmente en la demarcación hidrográfica, y diseñadas para captar información útil sobre el estado y la dinámica de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como de las condiciones climáticas e hidrogeológicas que los afectan.

Objetivo: El objetivo de las redes de monitoreo es generar información técnica fiable, trazable y continua sobre el estado de los recursos hídricos y sus presiones asociadas, que permita sustentar el diagnóstico, seguimiento y evaluación del plan hidrológico. Esto incluye la cuantificación del recurso disponible, el control de la calidad del agua, el análisis del uso y explotación del recurso, así como la detección temprana de alteraciones relevantes (naturales o antrópicas), con el fin de facilitar la gestión integral, la toma de decisiones y el cumplimiento de los objetivos ambientales y normativos establecidos.

Utilidad: Las redes de monitoreo constituyen la base operativa del sistema de información hidrológica del país o la cuenca. Su utilidad principal radica en:

- Apoyar la elaboración y actualización de los planes hidrológicos, mediante diagnósticos basados en datos empíricos.
- Respaldar la evaluación del estado de las masas de agua y el cumplimiento de objetivos de calidad y cantidad.
- Sustentar los balances hídricos y análisis de riesgos, incluyendo sequías, avenidas, contaminación y sobreexplotación.
- Validar y alimentar modelos hidrológicos y de calidad del agua, aumentando la robustez de las proyecciones y escenarios.
- Facilitar la toma de decisiones públicas y privadas, mediante indicadores verificables y registros históricos.
- Garantizar la transparencia, trazabilidad y confiabilidad de la información técnica.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

El plan hidrológico debe reflejar **las características técnicas de la red de monitoreo**, presentando de forma sintética las redes de monitoreo existentes, la justificación de su diseño y los datos que produce en términos de cantidad y calidad del agua. Esta información es esencial para respaldar los diagnósticos del estado del recurso hídrico, orientar las decisiones de gestión y evaluar el cumplimiento de los objetivos ambientales.

El plan hidrológico debería incluir como contenidos mínimos:

1. **Tipos de redes de monitoreo**
2. **Diagnóstico técnico del estado de la red de monitoreo existente**
3. **Diseño y justificación de la red**

Tipos de redes de monitoreo

La gestión integrada de los recursos hídricos requiere de información precisa, continua y confiable sobre las distintas dimensiones del agua: su disponibilidad, calidad, uso y evolución en el tiempo. Para ello, el plan hidrológico debe apoyarse en un conjunto de **redes de monitoreo** que cubran diversos aspectos del ciclo hidrológico y las interacciones socioambientales asociadas.

Estas redes constituyen la base técnica sobre la cual se sustenta el diagnóstico, la evaluación de presiones e impactos, y el diseño de medidas de gestión. Si bien la configuración exacta de las redes puede variar entre países o regiones, existen cuatro tipos principales de redes que suelen ser imprescindibles en cualquier planificación hidrológica.

1. **Red meteorológica:** Esta red proporciona información climática esencial, como precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación solar o velocidad del viento. Estos datos son fundamentales para entender la dinámica del ciclo hidrológico, calcular balances hídricos, modelar escenarios de escasez o inundación, y analizar impactos del cambio climático.

- **Responsables típicos**: Servicios meteorológicos nacionales o regionales. En muchos casos, estas redes son operadas por entidades distintas a las autoridades del agua, lo que exige mecanismos de coordinación e intercambio de datos.

2. **Red hidrológica:** Se encarga de monitorear las variables cuantitativas del agua: caudales en ríos y canales, niveles en lagos o embalses, y niveles piezométricos en acuíferos. Los datos registrados en esta red pueden ser usados para estimar la disponibilidad del recurso en tiempo real y a largo plazo, evaluar la recarga de sistemas subterráneos y modelar el comportamiento de cuencas hidrográficas.
    - **Responsables típicos**: Autoridades del agua (nacionales, regionales o de cuenca), a menudo con el apoyo de instituciones técnicas o científicas.
3. **Red de calidad de las aguas y control de vertidos:** Esta red tiene por objetivo recopilar datos que sirvan para evaluar la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. A través del muestreo de parámetros fisicoquímicos, químicos y biológicos, permite detectar contaminación, clasificar masas de agua según su estado y verificar el cumplimiento de los objetivos ambientales establecidos en la normativa.
    - **Responsables típicos**: Autoridades del agua. En algunos casos, también se utilizan datos generados por operadores del servicio de abastecimiento, saneamiento o actividades industriales con sistemas de autocontrol.
4. **Red de uso del agua:** Monitorea el volumen de agua extraída y utilizada en los distintos sectores (abastecimiento urbano, agricultura, industria, energía, etc.), así como los retornos al medio hídrico. Este seguimiento permite realizar balances de oferta y demanda, estimar niveles de presión sobre el recurso y verificar el cumplimiento de derechos de uso o concesiones.
    - **Responsables típicos**: Autoridades del agua y concesionarios. La información puede provenir de medidores instalados, declaraciones de usuarios o sistemas de control volumétrico automatizado.

En función del contexto territorial o institucional, pueden existir **otras redes auxiliares o especializadas**, como redes de monitoreo de zonas protegidas, humedales, calidad del sedimento o intrusión salina. Además, muchas redes están parcialmente automatizadas, con estaciones de transmisión en tiempo real, lo que permite desarrollar programas de alerta o mejorar la eficiencia de la toma de decisiones.

El análisis detallado de estas redes se complementará en otros apartados de la guía, en particular los relacionados con el modelo de datos, el inventario de recursos, la calidad de las aguas y los usos y demandas.

El conocimiento detallado de los distintos tipos de redes y de la información que generan permite establecer la base técnica sobre la cual se apoya la planificación hidrológica. Sin embargo, no basta con identificar su existencia: es necesario evaluar su estado actual, funcionamiento real, grado de cobertura y adecuación frente a los objetivos del plan. Por ello, a continuación, se desarrolla los principales elementos que debe contener un diagnóstico técnico de la red de monitoreo existente, que permitirá identificar fortalezas, limitaciones y posibles necesidades de mejora para garantizar una gestión del agua basada en información confiable y suficiente.

Diagnóstico técnico del estado de la red de monitoreo existente

El conocimiento detallado de los distintos tipos de redes y de la información que generan permite establecer la base técnica sobre la cual se apoya la planificación hidrológica. Sin embargo, no basta con identificar su existencia: es necesario evaluar su estado actual, funcionamiento real, grado de cobertura y adecuación frente a los objetivos del plan. Por ello, en el presente apartado se desarrolla los principales elementos que debe contener un **diagnóstico técnico de la red de monitoreo existente**, que permitirá identificar fortalezas, limitaciones y posibles necesidades de mejora para garantizar una gestión del agua basada en información confiable y suficiente.

A continuación, se presentan los contenidos técnicos que se recomienda que se contemple en el plan hidrológico respecto al estado actual de la red, su nivel de confianza, detección de carencias y las actuaciones necesarias para su fortalecimiento.

Caracterización de la red actual

El primer paso para una correcta planificación hidrológica basada en datos es realizar una **caracterización detallada de las redes de observación y registro existentes**. Este análisis debe ofrecer una visión clara, completa y sistemática de la configuración actual del sistema de monitoreo en el ámbito territorial del plan, abarcando los distintos tipos de redes que generan información relevante para la gestión integrada de los recursos hídricos.

Elementos clave a considerar en la caracterización:

- **Cantidad y ubicación de estaciones**: Localización geográfica y distribución espacial de los puntos de monitoreo, diferenciando entre aguas superficiales y subterráneas, redes automáticas o manuales, y estaciones activas o inactivas.
- **Variables medidas y tipos de parámetros**: Debe incluirse una clasificación de los parámetros registrados, distinguiendo entre:
    - Variables hidrológicas (caudales, niveles, piezometría).
    - Variables meteorológicas (precipitación, temperatura, humedad, etc.).
    - Parámetros de calidad (fisicoquímicos, químicos, biológicos).
    - Datos sobre el uso del agua (extracciones, retornos, consumos).
- **Frecuencia y calidad de los datos recolectados**: Análisis de la resolución temporal (horaria, diaria, mensual) y la disponibilidad histórica de los datos. También se debe valorar la existencia de vacíos, inconsistencias o necesidad de calibración.
- **Responsable de la red, operador y disponibilidad de la información**: Identificación de las entidades responsables de la operación, mantenimiento y gestión de los datos (organismos públicos, operadores privados, agencias meteorológicas, etc.), así como la accesibilidad y el formato en que se dispone la información.

La caracterización de la red actual no es un fin en sí mismo, sino un insumo básico para otros componentes del plan, como:

- El **modelo de datos y la base de información hidrológica**.
- El **inventario de recursos hídricos disponibles**.
- El análisis de la **calidad de las aguas**.
- La evaluación de los **usos y demandas del agua**.

Además, esta caracterización permitirá identificar posibles debilidades en la red que requieran **acciones de mejora o expansión**, las cuales se deben considerar dentro del Programa de Medidas del plan hidrológico

Evaluación del nivel de confianza de la red

Para que los datos generados por una red de monitoreo sean útiles en el contexto de la planificación hidrológica, es imprescindible conocer y documentar el grado de confianza que ofrecen. Esto implica evaluar la representatividad espacial y temporal de las mediciones, y a través de los responsables de las redes, la precisión técnica de los equipos y procedimientos, y el nivel de incertidumbre asociado a las observaciones.

Un alto nivel de confianza en los datos respalda la validez de diagnósticos, balances hídricos (**Balance demandas-recursos y asignación de recursos**), evaluaciones de la calidad de las aguas (**Evaluación de calidad de aguas**) y modelaciones predictivas, mientras que un bajo nivel de confiabilidad puede comprometer las decisiones de gestión y planificación.

El plan hidrológico debe incluir una descripción clara de la **metodología utilizada para evaluar la confiabilidad de las redes de monitoreo**, independientemente de su tipología (cuantitativas, cualitativas, de uso, meteorológicas, etc.). Esta evaluación permite verificar si la información generada por las redes es técnicamente robusta, representativa y adecuada para sustentar el diagnóstico, el diseño de medidas y la toma de decisiones.

La metodología puede estar basada en un conjunto de **indicadores cualitativos y/o cuantitativos**, que valoren aspectos clave del funcionamiento y calidad de las redes, tales como:

- **Cobertura espacial suficiente** para cada tipo de variable medida (cantidad, calidad, uso del agua, clima), garantizando representatividad geográfica en función de la heterogeneidad del territorio.
- **Densidad de estaciones y ubicación estratégica**, considerando la localización de las masas de agua, las zonas de presión o interés prioritario, y los puntos críticos del sistema hidrológico.
- **Continuidad y completitud de las series de datos históricas**, incluyendo la existencia de registros con suficiente antigüedad, baja proporción de lagunas o interrupciones, y consistencia temporal.
- **Aplicación de protocolos estandarizados de medición y muestreo**, de acuerdo con normativas técnicas reconocidas o guías nacionales e internacionales.
- **Trazabilidad y validación de los datos**, es decir, la capacidad para conocer el origen, condiciones y proceso de generación de los datos, incluyendo registros de calibración y mantenimiento.
- **Capacidad institucional y técnica de los operadores**, laboratorios y entidades responsables, lo cual influye directamente en la calidad y sostenibilidad del sistema de monitoreo.

En ausencia de una **metodología nacional estandarizada**, se recomienda adaptar **marcos de referencia internacionales** (como los propuestos por la OMM, UNESCO, UE, entre otros) y construir una **valoración técnica específica** mediante un conjunto de indicadores seleccionados, con **niveles de cumplimiento definidos** (por ejemplo: alto, medio, bajo), asociados a criterios verificables y medibles.

La documentación del **nivel de confianza de las redes** debe incorporarse al **registro técnico del plan**, asegurando que todas las decisiones apoyadas en datos observados puedan ser **auditadas y reconstruidas** sobre una base de información trazable, consistente y técnicamente justificada.

Detección de potenciales carencias

Como parte del diagnóstico del nivel de confianza de la red de monitoreo, es importante identificar posibles carencias que afecten la calidad, representatividad o continuidad de los datos. Estas carencias pueden estar relacionadas con una cobertura insuficiente en ciertas zonas del territorio, frecuencias de medición inadecuadas, equipos obsoletos o falta de medición de ciertos parámetros relevantes. Reconocer estas limitaciones permite orientar acciones de mejora específicas y justificar técnicamente la necesidad de ajustes en el diseño o la operación de la red. Hay que ser conscientes de que el plan hidrológico deberá redactarse, fundamentalmente, con la información disponible y que, todas estas oportunidades de mejora que se identifiquen podrán causar efectos en las siguientes revisiones del plan.

Fortalecimiento y propuestas de mejora

Con base en el diagnóstico técnico, el plan hidrológico debe plantear medidas o actuaciones para optimizar la red de monitoreo, asegurando una mejor cobertura, representatividad y utilidad de los datos generados. Estas propuestas deben incluir:

- **Identificación de vacíos o duplicaciones**: detección de zonas sin cobertura o con redundancia innecesaria de estaciones, que permitan una redistribución eficiente de recursos.
- **Recomendaciones para ampliación, actualización tecnológica o reubicación**: propuesta de nuevas estaciones en puntos críticos, mejora o automatización de estaciones existentes, y traslado de estaciones mal ubicadas o poco representativas.
- **Inclusión en el programa de medidas del plan**: todas las acciones de fortalecimiento propuestas deben integrarse en el programa de medidas del plan hidrológico, con una priorización temporal (corto, medio y largo plazo) y estimación de recursos técnicos y económicos requeridos.

Este apartado constituye el puente entre el diagnóstico técnico de la red de monitoreo y la planificación operativa de sus mejoras. Las actuaciones propuestas deben trasladarse al **Programa de actuaciones** del plan hidrológico, acompañadas de su correspondiente justificación técnica, cronograma, coste estimado y fuentes de financiación.

Diseño y justificación de la red

Este apartado presenta los elementos técnicos que sustentan la configuración de la red de monitoreo utilizada en el plan hidrológico, basada en la red actualmente operativa y los resultados del diagnóstico de su estado y confiabilidad.

El propósito no es definir una "nueva red ideal", sino consolidar la red disponible como punto de partida, identificar sus limitaciones y, en su caso, proponer mejoras específicas que permitan aumentar su representatividad, cobertura y utilidad para los objetivos del plan.

Se parte del principio de que la planificación debe ajustarse a las condiciones reales de monitoreo, trabajando con la red existente, pero planteando un diseño funcional progresivo que permita su fortalecimiento en fases sucesivas. Este diseño técnico debe reflejar criterios hidrológicos, operativos e institucionales, orientados a garantizar la viabilidad, sostenibilidad y utilidad de la red en el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Importante:
El diseño debe mantener un enfoque funcional y realista, considerando la información disponible, las capacidades operativas y los recursos técnicos e institucionales del país o demarcación, evitando modelos normativos inalcanzables o descontextualizados.

Elementos técnicos del diseño funcional de la red

El diseño funcional de una red de monitoreo hidrológico debe responder a un enfoque sistemático y proporcional, alineado con los objetivos del plan hidrológico y con criterios técnicos que garanticen la generación de datos útiles, representativos y comparables. A continuación, se enumeran y desarrollan, de forma sintética, los principales elementos técnicos que sustentan un diseño funcional de una red de monitoreo de la red de monitoreo:

1. **Determinación de los objetivos del monitoreo**: Todo diseño debe partir de una delimitación clara de los fines que se busca cumplir con la red. En función de estos, se establecerán las variables a medir, la tecnología a emplear y la organización del sistema. Algunos de los objetivos más comunes incluyen:

    - Evaluar la **disponibilidad del recurso hídrico**, a través del seguimiento de caudales, niveles de embalses y piezometría.
    - Controlar la **calidad del agua**, midiendo parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos.
    - Supervisar el **uso del agua**, mediante el control de extracciones y retornos.
    - Monitorear **variables climáticas** asociadas al ciclo hidrológico, como precipitación, temperatura o evapotranspiración.
    - Verificar el **cumplimiento normativo** o la eficacia de las **medidas de gestión adoptadas**.
    - Detectar y anticipar **eventos extremos** o alteraciones relevantes, como sequías, avenidas, intrusión salina o contaminación puntual.

Una red eficaz debe diseñarse con un propósito definido, evitando configuraciones genéricas o sobredimensionadas que comprometan su operatividad o sostenibilidad.

2. **Identificación de zonas estratégicas**: La ubicación de las estaciones no debe ser aleatoria ni uniforme, sino orientada por criterios de relevancia hidrológica, ambiental y de gestión. Deben priorizarse:

    - **Cabeceras de cuenca**, zonas de recarga de acuíferos y otras áreas de importancia funcional en el ciclo del agua.
    - **Ecosistemas sensibles o protegidos**, donde la calidad o cantidad del agua es determinante para la biodiversidad.
    - **Zonas con fuertes presiones antrópicas**, como vertidos industriales, captaciones intensivas o usos agrícolas extensivos.

- Áreas de **interés social o potencial conflictividad**, por la competencia de usos o escasez estructural del recurso.
- **Puntos obligatorios por normativa**, como estaciones de control en masas de agua protegidas, zonas de baño o cuerpos de agua en riesgo.

La selección estratégica de sitios de observación optimiza la representatividad y permite focalizar recursos donde más se necesitan.

3. **Selección de tipo de red y parámetros a medir**: La red de monitoreo se compone de distintos subsistemas, que deben coordinarse entre sí:

   - Redes de cantidad: estaciones hidrométricas, piezómetros, aforos.
   - Redes de calidad: puntos de muestreo de parámetros fisicoquímicos, biológicos o microbiológicos.
   - Redes de control de uso: monitoreo de captaciones, retornos y volúmenes consumidos.
   - Redes meteorológicas: estaciones climáticas para seguimiento de precipitación, temperatura, humedad, etc.

Para cada red deben definirse los parámetros específicos a registrar, en función del tipo de cuerpo de agua (superficial, subterráneo, costero), los usos predominantes en la zona y los riesgos o presiones identificadas en el diagnóstico del plan.

4. **Frecuencia de observación:** a periodicidad de las mediciones debe justificarse con base en:

   - La **variabilidad temporal esperada** de los parámetros.
   - El **objetivo del monitoreo** (seguimiento rutinario, alerta temprana, validación de medidas).
   - La **capacidad operativa disponible**.

A modo orientativo:

- **Caudales**: medición diaria o subdiario (varias mediciones dentro del mismo día) mediante sensores automáticos. (**Inventario recursos hídricos**)
- **Niveles piezométricos**: semanal o mensual, dependiendo de la variabilidad. (**Inventario recursos hídricos**).
- **Calidad fisicoquímica**: mensual a trimestral. (**Evaluación de calidad de las aguas**)
- **Bioindicadores**: estacional o anual, según ciclos ecológicos. (**Evaluación de calidad de las aguas**).
- **Usos del agua**: mensual, o conforme a la frecuencia de control de concesiones. (**Usos y demandas**).

Importante:
Es recomendable establecer rangos orientativos de frecuencia según tipo de variable, medio monitoreado y relevancia para los objetivos del plan.

5. **Capacidades mínimas de detección y precisión operativa:** El diseño debe garantizar que los datos recogidos tengan la resolución, sensibilidad y exactitud adecuadas para su uso técnico y normativo. Esto implica establecer umbrales mínimos según el tipo de variable:

   - **Calidad del agua**: límites de detección acordes con valores guía o normativos (p. ej. para nitratos, metales pesados, coliformes). (**Evaluación de calidad de las aguas**).
   - **Caudales**: sensores con capacidad para registrar tanto caudales bajos como picos súbitos. ((**Inventario recursos hídricos**).
   - **Niveles piezométricos**: equipos con resolución fina y estabilidad frente a interferencias externas. ((**Inventario recursos hídricos**).
   - **Clima**: pluviómetros sensibles a precipitaciones ligeras, termómetros con registros horarios.
   - **Extracciones**: medidores capaces de detectar volúmenes mínimos definidos por la regulación o el tipo de uso. (**Usos y demandas**).

Importante:
Estas exigencias deben alinearse con estándares nacionales o internacionales aplicables, pero pueden adaptarse progresivamente a las capacidades locales mediante planes de mejora tecnológica, actualización de sensores o incorporación de métodos indirectos de medición.

Justificación de la red

La definición de una red de monitoreo no debe limitarse a la enumeración de puntos de medición, sino que debe estar respaldada por una justificación técnica clara y coherente. Este apartado del plan hidrológico debe explicar de forma concisa los criterios empleados para mantener, modificar o ampliar la red existente, así como su adecuación a los objetivos estratégicos del plan. A continuación, se enumeran elementos a considerar en la justificación:

- **Mantenimiento de componentes existentes:** Se debe explicar qué estaciones o dispositivos de la red actual se conservan, señalando su valor operativo, ya sea por la continuidad de las series históricas que ofrecen, su ubicación estratégica dentro de la cuenca, o la calidad y estabilidad de los datos que generan.
- **Ajustes propuestos y su fundamento técnico:** Toda modificación (instalación de nuevas estaciones, reubicación de puntos existentes, eliminación de estaciones obsoletas o redundantes) debe estar debidamente justificada. Las razones pueden incluir cambios en los patrones de uso del agua, necesidad de cubrir zonas sin monitoreo, evitar duplicidades o responder a nuevas presiones ambientales identificadas.
- **Detección de vacíos o redundancias en la red:** El análisis debe identificar si existen áreas críticas sin cobertura suficiente (vacíos espaciales o temáticos), o si hay puntos de monitoreo que no aportan valor adicional significativo (redundancia). En ambos casos, deben plantearse soluciones proporcionales, como la implantación progresiva de estaciones, la priorización por fases, o el uso complementario de métodos indirectos (teledetección, modelación, aforos móviles).
- **Alineación con los objetivos del plan hidrológico:** El diseño propuesto debe estar claramente vinculado con los fines que persigue el plan. Debe explicarse cómo la red permite:
    - Diagnosticar la disponibilidad y calidad del recurso.
    - Hacer seguimiento de medidas e intervenciones previstas.
    - Verificar el cumplimiento de objetivos ambientales o normativos.
    - Monitorear zonas sensibles, cuerpos de agua en riesgo o áreas prioritarias.
    - Detectar y anticipar impactos derivados del cambio climático o eventos extremos.

En conjunto, esta justificación técnica permite asegurar que la red de monitoreo no solo es técnicamente sólida, sino también relevante, eficiente y orientada a las necesidades reales del sistema de gestión del agua.

Importante:
Todas las decisiones derivadas del diseño técnico deben trasladarse al **Programa de actuaciones**, con indicación de su prioridad, recursos necesarios y cronograma de implementación.

[3.3.9] Patrimonio hidráulico

Además de los elementos naturales, la cuenca cuenta con infraestructura y herencia cultural en la gestión del agua, su 'patrimonio hidráulico'. El patrimonio hidráulico comprende el conjunto de infraestructuras actuales que permiten el aprovechamiento de las aguas, así como los sistemas tradicionales y elementos culturales relacionados con el manejo del agua que han sido construidos, utilizados o conservados a lo largo del tiempo en la unidad territorial de planificación. Su reconocimiento permite no solo valorar su importancia histórica y funcional, sino también integrar sus aprendizajes, valores y potenciales en la gestión actual del recurso hídrico.

Contenidos clave:

A continuación, se describen los elementos fundamentales que deben ser considerados para caracterizar el patrimonio hidráulico de la cuenca o región:

- **Infraestructura hidráulica actual**
  - Obras de regulación (embalses) y de transporte (canales y conducciones) que desempeñen un papel significativo en el aprovechamiento de los recursos.
  - Obras de captación (azudes, campos de pozos, etc) que faciliten la integración de los recursos en los sistemas de explotación.
  - Obras de recogida y tratamiento de las aguas.

En todos estos casos, además de su localización, se requerirá disponer de la información requerida por las herramientas numéricas con las que se vayan a realizar los **balances de recursos-demandas**. Básicamente se tratará de capacidades máximas y mínimas de almacenamiento, transporte o producción; curvas volumen embalsado versus superficie de lámina de libre, y toda otra información que pueda tener significado a la hora de simular el comportamiento del sistema de aprovechamiento.

- **Infraestructura hidráulica histórica**
  - Inventario de obras relevantes construidas en diferentes épocas (acueductos, represas, canales, molinos, norias, cisternas, puentes hidráulicos, etc.) que hayan contribuido al desarrollo territorial.
  - Descripción de su diseño, materiales, antigüedad y estado de conservación.
  - Análisis de su funcionalidad actual (en uso, en abandono, en proceso de restauración) y su vinculación con usos contemporáneos del agua.
  - Valoración de su integración en el paisaje y su relevancia como testimonio del conocimiento hidráulico tradicional.
- **Sistemas tradicionales de gestión del agua**
  - Identificación de prácticas comunitarias e indígenas relacionadas con la captación, almacenamiento, distribución y uso del agua (acequias, albarradas, jagüeyes, andenes, terrazas, etc.).
  - Análisis de su lógica de funcionamiento, estructura organizativa, reglamentación consuetudinaria y mecanismos de control social.
  - Relevancia de estos sistemas en la gestión sostenible, la equidad y la resiliencia hídrica local.
  - Estado actual: activos, en riesgo de desaparición, adaptados a nuevos contextos, integrados a sistemas modernos.
- **Elementos culturales y simbólicos asociados al agua**
  - Registro de expresiones culturales vinculadas al agua: rituales, festividades, creencias, toponimia, arte popular o patrimonio oral.
  - Reconocimiento de sitios sagrados o espirituales relacionados con fuentes de agua, especialmente en contextos indígenas o rurales.
  - Relevancia del agua como eje articulador de la identidad territorial y del vínculo entre comunidades y naturaleza.
- **Conservación y valorización del patrimonio hidráulico**
  - Evaluación de los riesgos de deterioro, pérdida o desvalorización del patrimonio material e inmaterial vinculado al agua.
  - Propuestas de conservación, restauración, uso educativo, turístico o comunitario.
  - Integración del patrimonio hidráulico en estrategias de gestión integrada del recurso hídrico, ordenamiento territorial y desarrollo sostenible.

Recomendación:

Incluir un inventario georreferenciado del patrimonio hidráulico, fichas descriptivas de elementos relevantes, y relatos comunitarios que complementen la información técnica con saberes locales.

Importante:
Reconocer y proteger el patrimonio hidráulico no es solo un acto cultural, sino una herramienta de planificación que fortalece la gobernanza del agua rescata soluciones adaptativas probadas y promueve una gestión con identidad territorial.

[3.3.10] Delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua

La delimitación y caracterización de los cuerpos de agua constituye una tarea esencial para comprender la disponibilidad hídrica, su distribución espacial, calidad, funciones ecosistémicas y grado de presión o vulnerabilidad. Incluye tanto cuerpos de agua superficiales (tramos de río, de lagos, embalses, humedales) como cuerpos de agua subterráneos (acuíferos), cuya interacción define el comportamiento integral del sistema hídrico territorial.

El concepto de «cuerpo de agua», ya sea superficial o subterráneo, lleva a la identificación de unidades discretas de análisis sobre las que se realizarán los diagnósticos y se acumulará información. A la hora de delimitar o identificar los cuerpos o masas de agua, habrá que tener en cuenta lo siguiente:

- Su dimensión debe ser adecuada para responder a los objetivos y al detalle perseguido con el plan hidrológico, racionalizando los esfuerzos de planificación conforme a los resultados perseguidos.
- Como criterio general debe considerarse que un cuerpo de agua responderá a un diagnóstico, si se requiere diferenciar su situación por zonas es más simple dividir el cuerpo de agua en tantas partes como zonas con diagnóstico diferenciado se identifiquen.
- Análogamente, puede no tener sentido considerar dos cuerpos de agua contiguos con caracterización y diagnóstico similares. Esto es importante para no llegar a una subdivisión tal que sea incompatible con una adecuada gestión.

✅ **Contenidos clave:**

Este análisis permite identificar recursos estratégicos, zonas prioritarias de conservación, riesgos de sobreexplotación y oportunidades para el manejo sostenible del agua.

1- **Cuerpos de agua superficial**
   - **Inventario general:** Realizar un listado georreferenciado de los cuerpos de agua presentes en la unidad territorial, diferenciando entre naturales (tramos de río, ríos, lagos, lagunas, humedales) y artificiales (embalses, represas, canales regulados).
   - **Caracterización morfométrica:**
     - Superficie, profundidad media y máxima, volumen estimado, estacionalidad (permanente o temporal).
     - Descripción del régimen de llenado y vaciado en el caso de embalses regulados.
     - Cuencas de aporte directo y principales fuentes de alimentación (precipitación directa, escorrentía, afluentes, recarga subterránea).
   - **Usos predominantes y funciones:**
     - Destinar los cuerpos de agua a su uso actual o planificado: abastecimiento humano, riego, generación de energía, recreación, conservación, pesca o múltiples usos.
     - Evaluar su rol en la regulación hídrica natural: amortiguación de crecidas, recarga de acuíferos, regulación térmica y depuración natural.
   - **Estado de conservación y amenazas:**
     - Identificar signos de degradación: eutrofización, sedimentación, pérdida de biodiversidad, invasiones biológicas, contaminación puntual o difusa.
     - Evaluar presiones antrópicas actuales: extracción excesiva, ocupación del borde, vertidos no tratados, urbanización acelerada.
     - Relación con zonas de riesgo: cuerpos de agua en áreas propensas a desbordamientos, colmatación o pérdida de conectividad.

Recomendación:

Usar imágenes satelitales de distintas épocas para observar evolución de superficie y condiciones. Incluir fichas técnicas por cuerpo de agua con variables clave y fotografías de referencia.

2- **Cuerpos de agua subterránea (acuíferos)**
- **Delimitación hidrogeológica:**
  - Identificar y mapear las cuerpos de agua subterránea existentes en el área: acuíferos libres, confinados o semiconfinados, y zonas de transición.
  - Establecer sus límites espaciales (areal y vertical), condiciones geológicas, y conexión con cuerpos superficiales o entre acuíferos.
- **Características físico-hidrogeológicas:**
  - Tipo de material geológico (rocas fracturadas, gravas, arenas, materiales finos).
  - Parámetros esenciales: porosidad, permeabilidad, transmisividad, almacenamiento específico.
  - Capacidad de recarga: directa (por precipitación o riego) o indirecta (por escorrentía o filtración desde cuerpos superficiales).
- **Captaciones y usos actuales:**
  - Localización de pozos, galerías, perforaciones y norias existentes.
  - Volumen extraído anual, niveles piezométricos, balance hídrico estimado.
  - Usos principales: consumo humano, agrícola, industrial o ecosistémico.
  - Detección de pozos ilegales o usos no regulados.
- **Estado y riesgos:**
  - Identificar acuíferos en situación de sobreexplotación, descenso de niveles freáticos, subsidencia o salinización.
  - Análisis de calidad del agua subterránea: conductividad, nitratos, metales pesados, contaminación por agroquímicos u origen geogénico.
  - Vulnerabilidad a la contaminación superficial, en función del tipo de suelo, profundidad del acuífero, prácticas agrícolas y disposición de residuos.

Recomendación:

Utilizar mapas hidrogeológicos regionales, estudios técnicos, datos de perforaciones y redes de monitoreo piezométrico. Incorporar participación de usuarios del agua subterránea para validar la información de usos y detectar conflictos.

3- **Interacción entre aguas superficiales y subterráneas**
- Analizar la relación funcional entre ríos, humedales y acuíferos: zonas de recarga y descarga, flujos cruzados, retroalimentación durante estiajes o crecidas.
- Identificar tramos de ríos con pérdida o ganancia de caudal por interacción subterránea.
- Evaluar el impacto de la explotación de aguas subterráneas sobre humedales, manantiales o cursos de agua permanente.
- Considerar medidas de gestión integrada y restauración ecológica para mantener el equilibrio hidrológico entre sistemas.

Tipificación de cuerpos de agua

La tipificación de cuerpos de agua constituye una etapa esencial dentro del proceso de planificación hidrológica, al permitir agrupar unidades superficiales y subterráneas con características físicas, hidrológicas y ecológicas homogéneas. Esta clasificación funcional posibilita establecer objetivos de calidad técnicamente coherentes, definir condiciones de referencia para la evaluación ecológica, diseñar redes de monitoreo representativas y aplicar medidas de gestión diferenciadas por tipo de cuerpo de agua. Para llevar a cabo esta tipificación el Plan deberá tener en cuenta:

1. Diferenciación por tipo hidrológico-funcional

Clasificación inicial por tipo genérico:

- **Aguas superficiales:** ríos, arroyos, lagos, lagunas, embalses, humedales, aguas costeras.
- **Aguas subterráneas:** acuíferos confinados, libres, semiconfinados, manantiales.

Esto define las categorías base para aplicar criterios específicos de tipificación.

2. Tipificación ecológica de aguas superficiales

Para cuerpos de agua superficiales, la tipificación debería basarse en atributos que determinan la estructura ecológica esperada y las condiciones de referencia.

Variables mínimas sugeridas:

Variable	Tipo	Justificación ecológica
Altitud	Abiótica	Condiciona temperatura, oxígeno, comunidades
Geología	Abiótica	Influye en conductividad, hábitat, sedimentos
Orden fluvial / tamaño	Hidrográfica	Relacionado con conectividad y caudal
Régimen hidrológico	Hidrológica	Permanente / intermitente / efímero
Tipo de lecho / substrato	Morfológica	Influye en disponibilidad de hábitats
Clima / temperatura media	Climática	Afecta la biota esperada
Uso del suelo circundante	Presión antrópica	Indica grado de alteración potencial

3. Tipificación funcional de acuíferos

Para cuerpos de agua subterráneos, la tipificación considera aspectos hidrogeológicos y de funcionamiento hidráulico:

- Tipo de acuífero (libre, confinado, semiconfinado)
- Litología (rocas fracturadas, arenas, calizas, etc.)
- Profundidad y espesor saturado
- Tipo de recarga (directa, indirecta)
- Vulnerabilidad a la contaminación
- Conectividad con cuerpos de agua superficiales

La combinación de estos criterios permite diferenciar unidades hidrogeológicas con distinta sensibilidad a presiones externas y distintos objetivos de calidad requeridos.

4. Asignación de unidades tipológicas

Cada cuerpo de agua debe ser asociado a una **tipología codificada**, que se utilizará para:

- Definir objetivos de calidad adaptados al tipo.
- Establecer condiciones de referencia ecológica (para evaluación biológica).
- Agrupar tramos o masas de agua en la red de monitoreo.
- Diseñar indicadores e índices específicos (según tipo de masa de agua).

Por ejemplo, un río de montaña alta, permanente, con substrato rocoso y sin alteración significativa podría codificarse como **R-MH-P-R-SIN-A**.

Sería deseable obtener como resultado:

- Un **listado tipificado** de todos los cuerpos de agua inventariados.
- Una **asociación explícita** de cada masa de agua a una tipología definida.
- Un **sistema de codificación estandarizado** dentro de la base de datos del plan hidrológico.

[3.3.11] Inventario de los recursos hídricos

Definición: El Inventario de Recursos Hídricos es un proceso técnico mediante el cual se identifica, cuantifica y caracteriza la **disponibilidad, calidad, distribución y estado** de los recursos hídricos en una cuenca o unidad de planificación. Incluye tanto las **aguas superficiales como las subterráneas**, así como las **fuentes no convencionales** derivadas de la acción humana. Este inventario constituye un **conjunto ordenado de información** que sirve como base técnica para la **planificación, asignación y protección** del recurso hídrico.

Objetivo: El objetivo del inventario de recursos hídricos es explicar el funcionamiento cuantitativo del ciclo del agua en el ámbito territorial de planificación, proporcionando una base cuantitativa y espacialmente explícita con la que sustentar la planificación, gestión y asignación del agua en una cuenca o unidad de gestión, identificando la disponibilidad del recurso en diferentes condiciones y momentos del tiempo.

Utilidad: La utilidad del inventario de recursos hídricos radica en que permite evaluar la disponibilidad y distribución del agua para diferentes fines, apoyar la toma de decisiones en la planificación hidrológica, calcular balances hídricos para identificar déficits o excedentes y, entre otros fines, facilitar la gestión sostenible del recurso en el territorio.

Si no se realiza un inventario de recursos, se corre el riesgo de tomar decisiones basadas en información incompleta o errónea, lo que puede generar impactos negativos como la sobreexplotación, la degradación ambiental y la pérdida de oportunidades para el desarrollo sostenible.

Importante:
En el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), el inventario constituye la referencia base para comprender el sistema hídrico, evaluar presiones actuales y futuras, y fundamentar la toma de decisiones sobre usos, protección de las aguas y adaptación al cambio climático.
El inventario de recursos hídricos ha de servir como conjunto de datos de entrada para diversos trabajos del plan hidrológico, los cuales podrán abordarse con mayor o menor nivel de precisión, en función de la calidad y el grado de detalle con que haya sido elaborado el inventario. Por tanto, su nivel de detalle y alcance debe estar alineado con los usos previstos de la información que este inventario proporciona.

Contenidos que deben abordarse en un Plan Hidrológico

El inventario de recursos hídricos en un plan hidrológico debe explicar, en términos areales, cualitativos y cuantitativos, cómo se manifiesta el ciclo hidrológico en el ámbito territorial de planificación correspondiente. Además, su elaboración puede aportar datos de entrada para otros análisis a realizar en el propio plan hidrológico, tales como:

- Balances recursos/demandas, que requieren de información sobre aportaciones, disponibilidad y demandas (**Balances recursos-demandas y Asignación y reserva de recursos**).
- Determinación de los regímenes de caudales ecológicos (**caudales ecológicos**).
- Estimación de los caudales de avenida (**Fenómenos extremos y Cambio Climático**).
- Caracterización de sequías (**Fenómenos extremos y Cambio Climático**).
- Cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos para determinar la demanda agrícola utilizando la estimación de la ETP realizada en la elaboración del inventario de (**Descripción general de usos y demandas**).

Para la elaboración efectiva del inventario de recursos hídricos de un Plan hidrológico, este debe contemplar el siguiente **contenido:**

a) Modelo conceptual y esquematización y zonificación de los recursos hídricos naturales
b) Descripción e interrelación de las variables hidrológicas: modelización numérica.
c) Estadísticos de las series hidrológicas
d) Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales

e) Evaluación del efecto del cambio climático

Modelo conceptual, esquematización y zonificación de los recursos hídricos naturales

Desarrollo del contenido en Tarea 1: Modelo conceptual, esquematización y zonificación de los recursos hídricos naturales

El **modelo conceptual** describe el funcionamiento del ciclo del agua en el ámbito territorial de estudio, lo que permite identificar las zonas de generación de recursos hídricos y las áreas de salida o descarga natural. También facilita la localización de los aprovechamientos existentes y la caracterización de la evolución de la calidad del agua a lo largo de su recorrido dentro del área de planificación. Comprender estos aspectos es fundamental para preparar adecuadamente las tareas posteriores de simulación y cálculo numérico.

Aunque la **zonificación** no es un requisito imprescindible para comprender y representar el modelo conceptual de la cuenca en estudio, constituye una herramienta de apoyo útil. Ya sea aplicando una zonificación o adoptando un enfoque integral, es necesario, antes de iniciar los cálculos numéricos (basados en bibliografía y datos disponibles), tener claridad sobre los siguientes aspectos:

- La distribución espacial de la precipitación en el área de estudio, incluyendo la posible influencia de la nieve y el hielo, así como el tratamiento de la estacionalidad anual.
- Los factores locales que afectan la distribución de precipitaciones y temperaturas, como la altitud.
- Las principales zonas generadoras de recursos hídricos y las áreas propicias para la infiltración y recarga natural de acuíferos.
- La interacción río-acuífero, identificando tramos fluviales que actúan como ganadores o perdedores de caudal, en función de su conexión con la escorrentía subterránea.

Este análisis conceptual permitirá tomar decisiones clave de diseño para el cálculo del inventario, ajustadas a la disponibilidad de información, tales como:

- La resolución temporal del estudio (paso y rango temporal).
- La configuración espacial a utilizar (modelo discreto o distribuido).
- El tipo de resultados esperados, en función del uso previsto del inventario dentro del plan hidrológico.

Para establecer la delimitación hidrográfica de la zona de estudio, idealmente coincidente con un cuenca o agrupación de cuencas hidrográficas, y habiendo tenido en cuenta la problemática de esa división expuesta en **definición del ámbito territorial**, se recomienda llevar a cabo cuatro actividades:

1) identificación de límites administrativos,
2) identificación de aguas superficiales,
3) identificación de aguas subterránea y
4) zonificación de las áreas hidrográficas sobre las que construir el inventario.

Límites administrativos

En el inventario de recursos hídricos se debe incluir una descripción de los límites administrativos de la unidad de gestión hídrica de la que es objeto dicho plan y, por tanto, del inventario de recursos hídricos naturales. Este marco administrativo y de gestión incluye la superficie total de la cuenca o unidad de gestión hídrica elegida, así como aspectos relacionados con la distribución y porcentaje de representación de los diferentes territorios con competencias propias dentro de la misma.

Importante:
La dimensión transfronteriza, presente en la mayoría de las cuencas iberoamericanas, puede ser un aspecto clave, especialmente cuando el área de estudio se ubica aguas abajo de otro Estado del cual proviene una parte significativa de las aportaciones hídricas, ya sean superficiales o subterráneas. En estos casos, es fundamental considerar este contexto para una adecuada delimitación y evaluación de los recursos. (Cuestión transfronteriza).

También es recomendable establecer el número de habitantes de la cuenca y numero de núcleos urbanos de tal manera que, en caso de resultar precisas determinadas ponderaciones, quede representado el peso de la contribución de cada territorio involucrado en términos de superficie y población.

Identificación de aguas superficiales

El inventario de recursos hídricos naturales debe incorporar una descripción detallada de la red de drenaje de la cuenca objeto del plan hidrológico. Esta descripción debe comprender la identificación y descripción de los cursos de agua principales y secundarios, sus afluentes, lagos, lagunas, humedales, y demás cuerpos de agua naturales presentes en el territorio.

Asimismo, debe incluir información sobre la jerarquía y el orden de los cauces, los patrones de flujo, la dirección del escurrimiento superficial, así como la localización de zonas de confluencia y divisorias de aguas.

Cuando la información esté disponible, se recomienda la recopilación de los hidrogramas característicos de este tipo de flujo, estimando magnitudes y coeficientes de escorrentía que puedan ser utilizados como información de referencia a la hora de plantear la simulación numérica.

Glaciares

Como reservas naturales de agua dulce, los glaciares y la nieve desempeñan un papel central en la regulación del ciclo hidrológico en regiones de montaña. Almacenan agua en forma sólida durante los meses fríos y la liberan gradualmente en temporadas secas o estivales, amortiguando la escasez hídrica. Esta función es especialmente relevante en cuencas que carecen de embalses de cabecera, donde los glaciares actúan como reguladores naturales del caudal.

Su dinámica influye directamente en la disponibilidad de agua, la estabilidad de los ecosistemas, la calidad del recurso hídrico y la gestión del riesgo. Por lo tanto, su estudio de los glaciares debe ser considerado como parte integral de la caracterización y el diagnóstico de una cuenca, deben incluirse en los programas de monitorización y en el modelo de gestión hídrica y tenerlos en cuenta a la hora de definir el programa de actuaciones, si fuera necesario.

Al plantearse el estudio, caracterización y monitorización de los glaciares, se debe de determinar la tipología del glaciar y por lo tanto, su funcionamiento. Un ejemplo concreto es la distinción entre los glaciares fríos y templados, los cuales poseen comportamientos distintos. Este comportamiento debe de ser analizado teniendo en cuenta el cambio climático.

Aspectos a considerar para su estudio, caracterización y evaluación:

Inventario y Cartografía Glaciar

- **Objetivo:** Identificar, delimitar y cuantificar la extensión y volumen actual de los glaciares presentes en la cuenca.
- **Metodología recomendada:** Uso de imágenes satelitales (Landsat, Sentinel), fotografías aéreas, cartografía geológica y topográfica, y validación en terreno.
- **Comparación temporal:** Se recomienda realizar comparaciones con datos históricos para identificar tendencias de retroceso o avance glaciar.

Caracterización Física y Dinámica

Determinación del balance de masa glaciar, pendientes, exposición solar, altitud, procesos de acumulación y ablación. Estos parámetros condicionan la dinámica de cada glaciar y su aporte potencial a los caudales. Para el balance de masa, se recomienda realizar dos campañas anuales in situ, una campaña de acumulación y otra de ablación. Estas campañas sirven para calibrar y validar los modelos hidrológicos.

Evaluación del aporte hídrico glaciar

- **Modelación hidrológica:** Aplicación de modelos que integren temperatura, radiación solar y volumen de hielo para estimar el caudal derivado del deshielo.
- **Estimaciones estacionales:** Relevancia del aporte glaciar en ríos de régimen nival-glaciar, especialmente durante el verano.
- **Calidad del agua:** Evaluación de parámetros físico-químicos y sedimentarios asociados al deshielo, incluyendo turbidez y presencia de sedimentos.
- **Identificación de riesgos:** Monitoreo de lagos proglaciares, desprendimientos y posibles eventos de vaciamiento súbito (GLOFs).

Evaluación del Impacto del Cambio Climático

Cuantificación del Retroceso Glaciar

Mediante la comparación entre inventarios históricos y actuales, se puede determinar la pérdida de masa y superficie glaciar, observando tendencias de reducción que varían según altitud, pendiente y orientación.

Incidencia en el Régimen Hidrológico

Se recomienda modelizar el efecto del retroceso glaciar sobre los caudales estacionales, destacando la disminución del aporte durante el verano y sus implicancias para los usos del agua y los ecosistemas asociados.

Escenarios Futuros

Se sugiere aplicar modelos climáticos regionalizados para proyectar la evolución futura de los glaciares y su impacto en la disponibilidad de agua, utilizando como referencia experiencias y marcos internacionales ajustados a zonas montañosas.

Estrategias de Adaptación

Es fundamental incorporar medidas como:

- Desarrollo de sistemas de alerta temprana ante riesgos asociados a glaciares.
- Monitoreo continuo del retroceso glaciar.
- Incorporación de criterios de resiliencia climática en obras e infraestructura hídrica.
- Fomento de la investigación y cooperación interinstitucional.

Brechas de información y necesidades de gestión

En muchas cuencas de montaña existe una limitada disponibilidad de información sobre el estado actual y funcionamiento de los glaciares. Esta carencia dificulta la validación de modelos hidrológicos y reduce la certeza de las proyecciones. Se recomienda:

- Reforzar las redes de monitoreo.
  Las redes de monitoreo permiten contrastar datos observados y simulados, mejorar la precisión de los modelos de balance hídrico y anticipar cambios relevantes en la oferta hídrica estacional.
  - Estaciones meteorológicas y fluviométricas asociadas a cauces de origen glaciar.
  - Redes glaciológicas y rutas de nieve, útiles para calcular acumulaciones estacionales.

  - Estaciones en lagos glaciares y zonas de permafrost, orientadas al seguimiento de riesgos y transformaciones en el paisaje de alta montaña.
- Mejorar la precisión de los modelos.
- Aumentar la inversión en estudios específicos de glaciares y nieves.
- Promover estrategias de gestión adaptativa frente a la incertidumbre climática.

Identificación de aguas subterráneas

El inventario de recursos hídricos naturales debe incluir una descripción detallada de las aguas subterráneas en la cuenca objeto del plan hidrológico. Esta descripción debe contemplar la identificación y caracterización de los acuíferos presentes, sus límites geográficos e hidráulicos, su estructura geológica, los tipos de materiales permeables que los componen y su espesor saturado.

Asimismo, se debe documentar la dinámica de recarga y descarga, las direcciones del flujo subterráneo, la situación de la superficie piezométrica, la interrelación con los cuerpos de agua superficiales, y los niveles piezométricos observados.

A estos efectos, es esencial contar con mapas que indiquen la localización de manantiales y zonas de rezume representativas del afloramiento de las aguas subterráneas. Igualmente, es importante identificar los tramos de río influentes que permitan estimar la localización de las zonas de recarga.

Será igualmente importante registrar, cuando estén disponibles, los parámetros hidrogeológicos fundamentales, como la transmisividad, la conductividad hidráulica y el almacenamiento específico, su vulnerabilidad a la contaminación y el estado de explotación de los acuíferos.

Zonificación y criterios para delimitación

En la realización del inventario de recursos hídricos naturales, la cuenca hidrográfica objeto de trabajo se podrá dividir en zonas y subzonas, siempre que su dimensión así lo aconseje, para compartimentar el territorio en unidades que guarden ciertas analogías y que por sus dimensiones resulten comparables. La división se hará en cada caso atendiendo a criterios hidrográficos, hidrogeológicos, administrativos, socioeconómicos, medioambientales u otros que en cada supuesto se estime conveniente tomar en consideración.

Importante:
Esta zonificación debe facilitar el uso de los resultados del inventario de recursos hídricos en otros aspectos de la planificación hidrológica como, por ejemplo, el cálculo de **caudales ecológicos**, el cálculo de **balances recursos-demandas** o la **asignación y reserva de recursos**.

Descripción e interrelación de las variables hidrológicas: modelización numérica

Desarrollo del contenido en Tarea 2: Descripción e interrelación de las variables hidrológicas: modelización numérica

El propósito de este segundo apartado es construir el inventario de recursos hídricos mediante la simulación numérica de la transformación precipitación–aportación, contrastando los resultados con datos observados en estaciones de aforo y piezómetros.

El objetivo final es generar **series temporales homogéneas**, con igual longitud y resolución temporal, de las variables clave que explican el ciclo hidrológico en el ámbito territorial de planificación. Estas variables serán la base para el desarrollo de otros componentes del plan hidrológico, en coherencia con el nivel de detalle y alcance que se pretenda dar al propio plan.

Para alcanzar este resultado, se recomienda llevar a cabo tres actividades:

1) Estudio de la disponibilidad de información, afrontando el relleno y completado de las series.
2) Selección del método de estimación y cálculo del inventario.
3) Presentación de resultados.

Estudio de la disponibilidad de información: relleno y completado de series

El apartado de disponibilidad de información en el inventario de recursos hídricos debe identificar y describir las fuentes de datos existentes, incluyendo las series históricas de las variables de la fase atmosférica y de la fase terrestre. Como elementos de partida se ha de disponer de dos conjuntos de datos homogéneos:

1) Conjunto con los componentes primarios del ciclo, básica y necesariamente precipitación y temperatura.
2) Conjunto con resultados para el contraste de los datos modelados en forma de hidrogramas de caudal y piezometría.

Las estaciones utilizadas en el estudio deberán quedar perfectamente identificadas y localizadas espacialmente (longitud, latitud y altitud), indicando la ventana o ventanas temporales con datos y el tipo de datos disponible.

En cuanto a los componentes primarios del ciclo hidrológico:

Se debe incluir la descripción de los datos disponibles de las diferentes variables de la fase atmosférica que sean necesarios. Entre los elementos que deben describirse se encuentran:

- **Precipitación**: Datos de precipitación acumulada (mensual, diaria o de menor paso temporal) obtenidos de estaciones meteorológicas o productos climáticos interpolados. Se debe indicar el número de estaciones disponibles, la duración de las series y la calidad de los datos (homogeneidad, continuidad, correcciones aplicadas).
- **Temperatura**: Registros de temperatura media, máxima y mínima. Su análisis permite estimar procesos como la evapotranspiración potencial o el deshielo en cuencas de alta montaña. Se deben especificar las fuentes de datos, resolución temporal y posibles métodos de interpolación.

Otros datos climatológicos relevantes pueden limitarse a zonas de interés, entre estos se pueden considerar:

- la evaporación en lámina libre en tanques o evaporímetros será de interés donde este factor intervenga en los cálculos. Por ejemplo, en lagos o embalses con amplio espejo, sobre los que la evaporación pueda suponer una salida significativa de recursos, o
- el régimen de vientos o de la radiación solar, de interés para un cálculo de la ETP que vaya más allá de los métodos más básicos o para evaluar la fusión y acumulación de nieve y hielo, condicionando la posible utilización de modelos de cálculo más o menos sofisticados.

Por otro lado, también habría que recoger y describir los datos de caudales observados en estaciones de aforo e indicar si corresponden, o no, a cursos de agua en régimen natural los, es decir, aquellos registros no alterados significativamente por regulaciones, derivaciones o usos consuntivos. Se debe detallar:

- La localización de las estaciones.
- El periodo de registro disponible.
- La resolución temporal de los datos (mensual, diaria o menor paso temporal)
- La calidad y continuidad de las series.

Además, debe evaluarse la representatividad de los aforos respecto a las condiciones hidrológicas naturales de la cuenca, identificando posibles limitaciones o la necesidad de ajustes para su uso en el cálculo de las aportaciones.

Adicionalmente, deberán recogerse y analizarse los **datos piezométricos** disponibles desde el punto de vista espacial y temporal.

Completado y relleno de series:

El relleno de lagunas en las series de datos es un paso fundamental imprescindible para dar continuidad a la modelización hidrológica. El funcionamiento del modelo numérico seleccionado requerirá de series de datos meteorológicos continuas.

Interesa que la longitud de las series sea, al menos, de 30 años, siguiendo las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial para la caracterización del clima.

El ámbito territorial en que se localicen estas estaciones interesa que sea algo mayor que el de planificación, puesto que, para el relleno de datos, el trazado de isoyetas u otros análisis, convendrá disponer de información de apoyo situada más allá de las divisorias hidrográficas de las zonas de estudio. Hay que tener en cuenta que en este caso el problema transfronterizo puede ser importante y condicionar el trabajo a realizar.

Al margen de las necesidades especiales de los estudios de avenidas, sería deseable contar con datos a nivel diario. Este paso temporal se considera suficiente para la mayor parte de los trabajos que requiere el plan hidrológico.

Importante:
La información primaria, como precipitación y temperatura, suele estar más disponible y puede completarse con métodos relativamente simples o mediante interpolación espacial. En cambio, otros datos como caudales o niveles piezométricos presentan mayores dificultades, ya que reflejan el comportamiento integrado del sistema y pueden estar alterados por usos antrópicos. Su restitución al régimen natural es más compleja, requiere mayor precaución metodológica y está sujeta a un grado de incertidumbre mayor.

Programa de seguimiento cuantitativo de los recursos hídricos

En el marco de la elaboración de los planes hidrológicos, resulta fundamental disponer de una red cuantitativa sólida y bien mantenida que permita representar de forma adecuada el ciclo hidrológico. Esta red constituye la base para el análisis del estado cuantitativo de las masas de agua, el cálculo del inventario de recursos hídricos y la proyección futura del balance entre oferta y demanda.

En los contextos en que dicha red no esté consolidada o se encuentre incompleta, se recomienda establecer una hoja de ruta para su desarrollo progresivo, en coordinación con los ciclos sucesivos de planificación. En este sentido, se sugiere vincular el diseño del programa de seguimiento con las acciones del plan hidrológico o bien incorporarlo como parte de la adaptación frente al cambio climático, dado que el monitoreo sistemático también es clave para detectar tendencias y variabilidad en la disponibilidad hídrica.

Este programa debería centrarse en las variables clave para la estimación de recursos, tanto superficiales como subterráneos, y orientarse hacia la mejora de la cobertura espacial y temporal, la calidad de los datos y la coordinación institucional para el mantenimiento de las redes. Los elementos básicos de su estructura serían:

1. Identificación y sistematización de redes existentes

- Catalogación de las redes de estaciones meteorológicas, hidrológicas y piezométricas operativas en el territorio.
- Verificación de la cobertura espacial y temporal de las series disponibles.
- Evaluación de la calidad, frecuencia de actualización, grado de automatización y mantenimiento de cada estación.

2. Evaluación de la representatividad y cobertura de las variables clave

- Verificar que las redes cubren adecuadamente los principales gradientes climáticos, fisiográficos y usos del suelo de la cuenca.
- Identificar vacíos de información que comprometan la caracterización espacial o temporal de variables como precipitación, temperatura, caudal o nivel piezométrico.

3. Protocolo de integración de fuentes complementarias

- Incorporar datos de satélite, reanálisis climáticos o modelos regionales como apoyo a las redes físicas, especialmente en áreas sin observaciones directas.
- Definir criterios de validación cruzada y fusión de datos multifuente.

4. Coordinación institucional y operativa

- Identificar a los organismos responsables del mantenimiento y operación de las redes (p. ej., servicios meteorológicos, autoridades hidráulicas, organismos de cuenca).

- Establecer protocolos de intercambio de datos y estándares comunes de formato, frecuencia y control de calidad.

5. Salida esperada

- Inventario actualizado y georreferenciado de estaciones operativas, con sus principales características técnicas.
- Diagnóstico de la capacidad del sistema de monitoreo para sostener la modelización hidrológica y la planificación de recursos.
- Base técnica para definir futuras inversiones o refuerzos en el seguimiento del ciclo hidrológico.

Selección del método de estimación y cálculo del inventario

La disponibilidad de datos directos de aportaciones, provenientes de las redes de control de aforos existentes, salvo casos muy excepcionales, siempre serán insuficientes para garantizar un inventario de recursos hídricos con una resolución espacial y temporal suficiente para que sea de utilidad. Por ello, para la elaboración de este, se requiere del uso de diferentes metodologías para estimar la disponibilidad del agua en una cuenca.

Es necesario que en el plan hidrológico se seleccionen **y justifiquen** los métodos que se han utilizado para el cálculo de las aportaciones y demás variables requeridas. Esta justificación se basará en criterios como:

- La disponibilidad de información y
- capacidad del método para estimar las variables necesarias.

Recomendación:

La experiencia dice que los **modelos de Precipitación-Escorrentía** son los que más ampliamente se han usado y han dado resultados satisfactorios. No obstante, es recomendable complementar los resultados con el uso de otros métodos como, por ejemplo:

- **Análisis directo a partir de series históricas de hidrometría**
- **Modelización numérica del flujo subterráneo**

Las herramientas de simulación más sencillas realizan el balance de agua en el suelo a partir de pocos datos, modelos más sofisticados llegan a requerir mucha más información de entrada. Los elementos básicos necesarios para realizar la modelización de la transformación precipitación en aportación que se requiere conocer para abordar este trabajo son:

- La geometría tridimensional de la cuenca.
- Los datos de precipitación y temperatura.
- Los datos de aforo y piezometría para contraste de resultados y calibración del modelo.

Una **decisión clave** es determinar si se opta por trabajar con modelos distribuidos o discretos:

- Los **modelos distribuidos** cubren todo el territorio a partir de una malla, en cada celda de la malla se calcula el modelo. Los resultados de caudal se acumulan hacia aguas abajo con el apoyo de un modelo ráster de elevaciones y pendientes (modelo de acumulaciones). Este procedimiento de trabajo ofrece la gran ventaja de producir información homogénea sobre todo el territorio, pudiendo finalmente obtener resultados por acumulación en cualquier punto que se desee (herramientas).
- Los **modelos discretos** requieren la definición previa de los recintos de cálculo, llevar esos resultados a otros puntos no inicialmente considerados puede ser de diversa complejidad, desde una sencilla interpolación a otros procedimientos más complejos (herramientas).

Independientemente de que la solución por la que se opte sea el uso de técnicas distribuidas o agregadas, el modelo de cálculo del balance requerirá, además de los datos climáticos, información paramétrica que permitirá explicar los mecanismos del balance. Según la sofisticación del modelo, esta

información puede ser escasa (superficie de la unidad en estudio, espesor del suelo y algunos coeficientes de escorrentía y reparto) o mucho más completa. Esta información, que, a diferencia de los datos temporales hidrometeorológicos, puede considerarse fija, requiere una estimación previa con resultados iniciales que habitualmente se presentan en forma de mapas; no obstante, en muchas ocasiones estos parámetros terminan siendo un factor de ajuste en el proceso de calibración de los resultados.

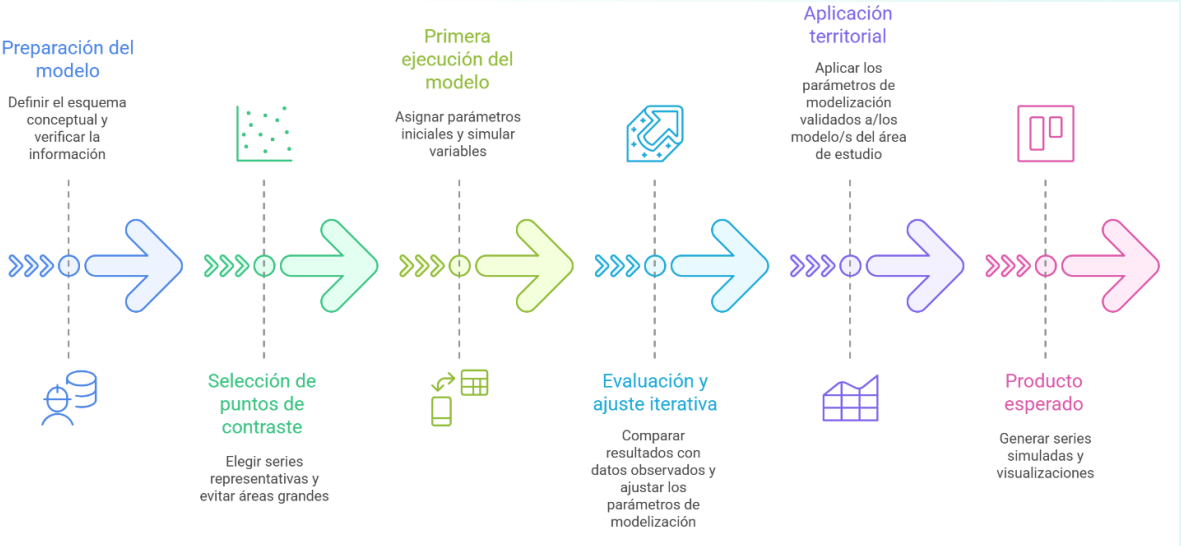
Los resultados que se obtienen con estos procedimientos, independientemente del método de simulación utilizado, son series temporales con datos de:

- Aportación total asimilable a la que, de acuerdo con el modelo conceptual imaginado, miden las estaciones de aforo con datos de contraste disponible.
- Infiltración profunda, con efecto de recarga en los acuíferos que, de acuerdo al modelo conceptual, se deberá apreciar en los registros piezométricos disponibles para su contraste.

Además, el balance habrá producido datos intermedios de ETP y ETR, que complementariamente resultarán explicativos de las necesidades de agua para los cultivos y de las posibles situaciones de escasez hídrica.

Importante:
El plan hidrológico puede requerir otra información que no se obtiene del balance general previamente explicado; por ejemplo, tasas de evaporación en lámina libre, caudales diarios en régimen natural o caudales máximos. Todo ello requiere análisis específicos, casi puede decirse que estudios caso a caso, que difícilmente pueden realizarse de manera general para todo el ámbito territorial.

El proceso general de ejecución de modelos hidrológicos para la obtención del inventario de recursos hídricos se detalla en el **Paso 3 de la Tarea 2: Descripción e interrelación de las variables hidrológicas: modelización numérica**. A continuación, se muestra una imagen resumen del procedimiento habitual.



Contraste de aportaciones calculadas y registros

Aunque durante la labor de la modelización de la transformación precipitación-aportación para configurar el inventario de recursos ya se habrá trabajado el contraste entre los datos modelados y los registrados para afinar los resultados que se van produciendo mediante la calibración del modelo, una vez dado por finalizado el trabajo conviene documentar y explicar el grado de bondad alcanzado, comparando datos calculados con los registros disponibles en aquellos puntos de control en que esta información resulte más explicativa.

Para comprobar la bondad de las series obtenidas a partir del método de estimación de las aportaciones utilizado se debe llevar a cabo un proceso de contraste entre los resultados de dicho calculo y los registros de caudales medidos disponibles en periodos de tiempo equivalentes. Esto se debe aplicar en varios puntos de la red hidrográfica de la cuenca que sean asimilables al régimen natural o que hayan podido ser restituidos con un alto grado de confianza.

Este análisis debe estar constituido por tablas con estadísticos de contraste (error medio absoluto, relativo y cuadrático u otros) y unos gráficos de los puntos de control más relevantes.

Distribución espacial de las principales variables hidrológicas

Este apartado debe describir la distribución espacial de las principales variables hidrológicas relevantes para el inventario de la fase atmosférica y terrestre. Se presentarán mapas con los valores medios interanuales de las series de precipitación, ETP y ETR, recarga a los acuíferos y escorrentía total.

Se debe identificar la fuente de los datos (observaciones puntuales, interpolaciones, modelos hidrológicos o climáticos) y el método utilizado para su representación espacial (capas ráster, mallas regulares, mapas temáticos). También se debe detallar la resolución espacial de los datos, su cobertura geográfica y su adecuación para representar las condiciones hidrológicas de la cuenca.

El objetivo es disponer de una caracterización espacial que permita analizar la variabilidad del recurso hídrico en la totalidad de la cuenca y fundamentar los cálculos de aportaciones y disponibilidad de agua.

Importante:

El inventario de recursos hídricos debe proporcionar los datos de entrada necesarios para desarrollar otros componentes del plan hidrológico, en particular los estudios de balance entre recursos disponibles y demandas. Para ello, y según la configuración del sistema de aprovechamiento considerado, se requerirá información detallada sobre las aportaciones totales, la recarga de acuíferos y la evaporación en lámina libre, de acuerdo con los requisitos específicos de la herramienta de simulación utilizada.

La localización espacial de estos datos deberá definirse una vez conocida la esquematización y configuración de los sistemas de utilización a simular. Otros análisis del plan, como la determinación de caudales ecológicos, podrán requerir una distribución espacial distinta.

En este sentido, la flexibilidad de los modelos distribuidos, mencionada en el apartado *selección del método de estimación y cálculo del inventario*, resulta especialmente ventajosa, ya que permite obtener resultados en cualquier punto del territorio, facilitando así la generación de salidas adaptadas a las distintas necesidades del plan hidrológico.

Estadísticas de las series hidrológicas

Desarrollo del contenido en Tarea 3: Estadísticos de las series hidrológicas

El objetivo del apartado de estadísticos de las series hidrológicas es mostrar la distribución espacial y temporal de las aportaciones estimadas, así como del resto de variables calculadas.

Los resultados del cálculo de estos estadísticos deben ofrecerse para las **series anuales y mensuales,** para el periodo o periodos temporales elegidos. Además, se deben mostrar los valores correspondientes para la **totalidad de la cuenca y la zonificación llevada a cabo**.

A la hora de interpretar los resultados de estos estadísticos es necesario valorar, y tratar de explicar, la posible diferencia que se observe entre los correspondientes a datos obtenidos por modelización y los referidos a datos reales. Estos últimos suelen incorporar una mayor variabilidad que, con frecuencia, desaparece o queda laminada al trabajar con datos resultado de modelos.

Series anuales

Entre los estadísticos que pueden ser calculados cabe destacar estimadores centrales (promedio y mediana) y estimadores de la forma de la distribución (percentiles, desviación típica, coeficiente de variación y sesgo), finalmente se incluyen descriptores de la persistencia de las series (coeficientes de autocorrelación).

La serie anual de aportaciones también es una información propicia para el estudio de posibles tendencias, en particular aquellas que puedan guardar relación con el impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos, y para la identificación de sequías prolongadas o de periodos particularmente húmedos, que quizá puedan relacionarse con determinadas situaciones climáticas (fenómeno «El Niño»).

El inventario debe incluir una caracterización de variabilidad climática mediante el cálculo de tendencias y análisis de cambios. Es especialmente útil la identificación de los años de precipitación tipo medios, húmedos y secos. También se pueden identificar los años extremos de precipitación y temperatura mínimo junto con estadísticas de sequias e inundaciones que caractericen la duración y frecuencia de los eventos.

Series mensuales

En el caso de la representación de las series mensuales es recomendable realizar tablas en función de la zonificación llevada a cabo, así como su representación gráfica. El análisis estadístico de las series mensuales ha de permitir caracterizar la variabilidad intraanual y, en su caso, la estacionalidad intraanual que puede seguir patrones claramente distintos en las diversas zonas.

Características básicas de calidad de las aguas en condiciones naturales

El análisis de la calidad del agua en condiciones naturales tiene como objetivo caracterizar el estado químico, físico del agua disponible en el medio natural, es decir, antes de cualquier alteración significativa derivada de vertidos, captaciones, infraestructuras u otras actividades antrópicas.

El inventario de recursos hídricos debe contemplar cuáles deberían ser las características hidroquímicas naturales de las aguas, como consecuencia de las características geológicas de la cuenca hidrográfica vertiente.

En el marco del inventario de recursos, la descripción cualitativa de las aguas ha de ayudar a comprender el modelo conceptual de la cuenca 0, con el que lógicamente los datos de calidad del agua habrán de resultar coherentes. La marca hidroquímica del agua puede ser especialmente significativa, debiendo resultar explicativa de los terrenos por los que circulan las aguas y los tiempos de residencia con que cuentan, de los enriquecimientos por evaporación y de otras diversas situaciones sobre las que, esta información, ayudará a interpretar el modelo conceptual. Esta caracterización es especialmente importante en el caso del agua subterránea, dado que su permanencia en el medio poroso puede ser muy largo, permitiendo el equilibrio de las sales en disolución; es por ello que el uso de esta información ofrece aquí un amplio campo de posibilidades que van desde la estimación de tasas de recarga a los estudios sobre mezclas de aguas y otros.

A efectos de documentar este aspecto, será necesario recopilar la información correspondiente que habrá de incluir la localización de los puntos de control y los datos hidroquímicos y fisicoquímicos disponibles, siendo preciso analizar la robustez de esta información. No es raro que pasen desapercibidos serios problemas sobre la bondad de los datos, por lo que es conveniente que antes de iniciar el análisis se verifique -en la medida de lo posible- la calidad que ofrece la información de partida estudiando su balance de cargas (aniones/cationes) y realizando algunas estadísticas sencillas que faciliten la identificación de datos anómalos.

Evaluación del efecto del cambio climático

Desarrollo del contenido en Tarea 4: Evaluación del efecto del cambio climático

El inventario de recursos hídricos debe incluir un análisis de los potenciales efectos del cambio climático basada en modelos climáticos y metodologías hidrológicas que permitan traducir las proyecciones en escenarios hidrológicos.

Contenidos básicos a desarrollar:

- Selección de escenarios climáticos.
- Variables climáticas clave.
- Aplicación de modelos hidrológicos.
- Comparación entre escenarios futuros y condiciones actuales.

Tareas según contexto

En muchos países, la elaboración del inventario de recursos hídricos enfrenta importantes desafíos, como la **dispersión de datos**, la **escasez de series confiables** y la **limitada integración institucional**. Por ello, esta guía propone una metodología **flexible y escalable**, adaptada a diferentes niveles de disponibilidad de información y capacidad técnica.

El objetivo de estas tareas es identificar los pasos necesarios para estimar las **aportaciones totales de agua** en una cuenca o unidad de planificación y estructurarlas en forma de **inventario de recursos hídricos**. Este inventario constituye una herramienta fundamental para diversas etapas del proceso de planificación hidrológica, como la **determinación de caudales ecológicos**, la **asignación y reserva de recursos**, o la **evaluación de escenarios de gestión**.

La guía contempla dos escenarios metodológicos: uno aplicable cuando se dispone de información hidrológica suficiente, y otro diseñado para contextos con baja disponibilidad de datos, reconociendo que el cálculo de aportaciones requiere, idealmente, **series de calidad y representatividad** para obtener resultados técnicamente robustos.

Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos suficiente

Tarea 1: Modelo conceptual, esquematización y zonificación de los recursos hídricos naturales

Paso 1: Construcción del modelo conceptual del ciclo del agua

El objetivo de este paso es construir un modelo conceptual del funcionamiento del ciclo hidrológico en el ámbito territorial de planificación. **Este modelo no es una simulación matemática, sino una representación cualitativa y estructural** que permite comprender las principales entradas, salidas, flujos e interacciones del agua en el territorio. Su desarrollo es fundamental para orientar la estimación de recursos hídricos, definir criterios de zonificación y preparar adecuadamente los trabajos de simulación y balance.

El modelo conceptual debe elaborarse a partir de la **información física disponible**, particularmente la recogida en el apartado de Descripción general de la cuenca, pero con una **orientación explícita hacia el inventario de recursos hídricos**. No se trata solo de describir el territorio, sino de identificar los elementos que explican cómo circula, se almacena y se transforma el agua, con el nivel de detalle necesario para apoyar el análisis cuantitativo posterior.

1. **Delimitar el ámbito de estudio**, preferentemente una cuenca o agrupación de cuencas hidrográficas, considerando también límites administrativos y funcionales si es necesario.
2. **Recopilar y analizar información cartográfica y temática**, utilizando preferiblemente un **Sistema de Información Geográfica (SIG)**. Esta información debe incluir, al menos:
    a. Mapa base del relieve, red hidrográfica y divisorias de aguas (escalas entre 1:250.000 y 1:25.000).
    b. Mapas geológicos e hidrogeológicos (zonas de infiltración, manantiales, estructuras).
    c. Ubicación de estaciones meteorológicas, hidrométricas y piezométricas.
    d. Infraestructuras hidráulicas relevantes (embalses, canales, plantas de tratamiento, captaciones).
    e. Puntos de retorno de aguas residuales, usos principales y zonas de presión sobre el recurso.
3. **Identificar los componentes clave del ciclo hidrológico en el territorio**:

a. Zonas de generación del recurso (precipitación neta, escorrentía, recarga).
b. Zonas de acumulación o salida del sistema (ríos principales, lagos, desembocaduras).
c. Áreas de recarga y descarga de acuíferos, incluidos tramos influentes y efluentes.
d. Factores condicionantes como altitud, gradiente térmico, cobertura vegetal, presencia de nieve o hielo.

4. **Integrar esta información en una representación estructurada**, que explique los principales flujos de agua en el sistema (superficiales y subterráneos), las conexiones entre ellos, y las condiciones naturales o antrópicas que los regulan.
5. **Orientar explícitamente el modelo conceptual al diseño del inventario de recursos**, es decir, identificar:

a. Qué tipo de variables se necesitarán calcular o estimar,
b. En qué zonas se concentrarán los análisis,
c. Qué relaciones clave deben representar los modelos numéricos posteriores.

Recomendación:

El modelo puede representarse mediante esquemas funcionales o mapas conceptuales superpuestos a capas SIG. Su nivel de detalle debe ser proporcional a la calidad de la información disponible y al uso que se dará en las etapas posteriores del inventario de recursos o de los instrumentos de planificación que lo requieran.

Producto esperado:

- Documento técnico del modelo conceptual del ciclo del agua.
- Mapa base del sistema hídrico local con capas clave: topografía, red de drenaje, geología, estaciones, usos e infraestructuras.
- Representación gráfica o esquemática del funcionamiento hidrológico.
- Listado estructurado de elementos del sistema: entradas, procesos internos, salidas, interacciones clave.
- Análisis preliminar de las zonas prioritarias para simulación y zonificación.

Paso 2: Delimitación administrativa

En primer lugar, se debe delimitar la unidad de gestión hídrica en términos administrativos, poblacionales y territoriales con el fin de contextualizar el inventario dentro de un marco político y social definido. Para ello, a continuación, se detallan acciones básicas recomendadas para llevarlo a cabo:

- Recolectar cartografía oficial de límites administrativos (nacional, regional, local).
- Digitalizar y georreferenciar en un SIG la superficie de la cuenca y sus unidades administrativas.
- Calcular la superficie y porcentaje de cada unidad dentro de la cuenca.
- Recopilar datos de población total y núcleos urbanos por unidad administrativa (censos). Esto permite identificar aquellas zonas que potencialmente tendrían una mayor demanda de recursos hídricos.
- Asociar datos poblacionales con la zonificación administrativa.

Recomendación:

La validación con instituciones locales permite asegurar coherencia con otros instrumentos de planificación territorial o ambiental.

Producto esperado:

- Mapa SIG con límites administrativos.
- Tabla de superficie, población y núcleos urbanos por unidad.

Paso 3: Identificación de aguas superficiales

El objetivo de este paso es caracterizar y representar detalladamente la red de drenaje superficial y los cuerpos de agua naturales de la cuenca para conocer su dinámica e interacción espacial.

En primer lugar, se debe identificar y caracterizar los ríos, arroyos, lagos, lagunas y humedales, mediante el uso de imágenes satelitales, cartografía hidrológica y bases de datos nacionales. No obstante, este trabajo se enmarca en los contenidos de **Hidrología y red fluvial**.

Una vez realizada la caracterización inicial de la red hidrográfica, se procede a su análisis, que incluye los siguientes pasos:

1. **Establecer jerarquía y orden de cauces**: Se clasifican los cursos de agua según su posición dentro de la red, generalmente utilizando el **método de Horton-Strahler**, Pfafstetter y otros. Esto permite identificar divisorias de aguas y zonas de confluencia entre cauces. Este proceso se realiza en etapas:
    a. **Identificación de cauces**: Se mapean todos los cursos de agua visibles, desde los más pequeños (arroyos) hasta los más grandes (ríos principales).
    b. **Asignación de orden**: Se aplica un método como el de *Horton-Strahler*, donde:
        i. Los cauces sin afluentes se asignan como de orden 1.
        ii. Cuando dos cauces del mismo orden se unen, el cauce resultante aumenta en un orden.
        iii. Si se une un cauce de menor orden con uno de mayor orden, el cauce principal mantiene su orden.
    c. **Representación jerárquica**: Con base en el orden asignado, se puede analizar la estructura jerárquica de la red hidrográfica, identificando cauces principales y secundarios.
2. **Analizar la dirección de escurrimiento y el patrón de drenaje**: Se estudia el sentido del flujo superficial en función del relieve, así como la forma del sistema de drenaje (dendrítico, paralelo, radial, etc.), mediante el uso de modelos digitales de elevación y herramientas geoespaciales.

Recomendación:

En zonas endorreicas o sin escorrentía definida, se recomienda identificar cuencas cerradas internas y lagunas temporales, ya que su comportamiento difiere del drenaje clásico.

Producto esperado:

- Capa SIG y mapas de cuerpos de agua y red de drenaje.
- Ficha técnica de cada cuerpo de agua.
- Incorporación de la descripción e interpretación de la de red hidrográfica al inventario de recursos.

Paso 4: Identificación de aguas subterráneas

En cuanto a las aguas subterráneas, es necesario identificar y describir los acuíferos presentes en la cuenca, su funcionamiento hidrogeológico y su relación con las aguas superficiales.

En primer lugar, se debe identificar y caracterizar los acuíferos, mediante el uso de la información geológica e hidrogeológica disponible. No obstante, este trabajo forma parte de los contenidos de **Geología e hidrología**. A continuación, se enumeran algunas de las características que son recomendables tener descritas:

- Caracterizar materiales permeables, espesor saturado y estructuras geológicas.
- Delimitar las unidades acuíferas (cuerpos de agua subterráneas) diferenciadas.
- Analizar la dirección del flujo subterráneo, zonas de recarga, descarga y localización de principales manantiales.
- Recoger datos sobre transmisividad, conductividad, almacenamiento, vulnerabilidad y explotación.

- Estudiar interacciones con aguas superficiales.

Producto esperado:

- Capa SIG de acuíferos/cuerpos de agua subterránea con límites y características.
- Base de datos de parámetros hidrogeológicos.
- Incorporación de la caracterización hidrogeológica al inventario de recursos.

Paso 5: Zonificación y criterios de delimitación

Una vez se tiene una imagen general de las características fundamentales de la cuenca, desarrollada en los pasos anteriores, es recomendable **dividir la cuenca en zonas homogéneas** para facilitar el análisis hidrológico e integración de los resultados del inventario de recursos hídricos en otros aspectos del proceso de planificación hidrológica. (📘 Guía metodológica 1).

- Definir criterios de zonificación: seleccionar uno o más criterios según los objetivos del estudio, incluyendo criterios hidrográficos (subcuencas, divisorias), administrativos (provincias, municipios), socioeconómicos (uso del suelo, demanda de agua) y/o ambientales (tipos de ecosistemas, zonas protegidas).
- Dividir la cuenca en zonas y subzonas homogéneas: aplicar los criterios seleccionados para delimitar unidades espaciales internamente coherentes desde el punto de vista hidrológico y funcional.
- Justificar cada criterio aplicado con base en utilidad para planificación y balances hídricos: explicar la selección de los criterios utilizados en función de su relevancia para el análisis hidrológico, el balance hídrico y los objetivos de planificación.
- Preparar capas de zonificación en SIG para su integración con análisis posteriores: generar y documentar las capas geoespaciales correspondientes, asegurando su compatibilidad con las bases de datos utilizadas en análisis y modelación posteriores

Importante:
La zonificación que se lleve a cabo debe aplicarse a la integración de resultados del inventario de recursos hídricos de tal manera que facilite el análisis e interpretación de este y su posterior uso en otros apartados del proceso de planificación hidrológica como por ejemplo el cálculo de **caudales ecológicos**, la elaboración de **balances recursos-demandas o la asignación y reserva de recursos**.

Recomendación:

- Se recomienda combinar distintos criterios de zonificación para mejorar la capacidad de análisis y toma de decisiones. Por ejemplo:
  - Zonificación hídrica primaria (subcuencas) y secundaria (uso del suelo, demanda, presión sobre el recurso).
  - Superposición de límites administrativos con unidades ambientales críticas (como humedales, áreas protegidas o zonas de recarga).
  - Asimismo, puede resultar útil clasificar las zonas según su **nivel de presión o vulnerabilidad hídrica** (alta, media, baja), lo cual facilita la posterior **priorización de medidas de gestión y protección** en el plan hidrológico.
- Muchos países carecen de mapeo detallado de acuíferos. En ausencia de estudios hidrogeológicos específicos, se recomienda utilizar mapas geológicos nacionales y realizar aproximaciones preliminares, documentando claramente los supuestos empleados.

Producto esperado:

- Mapa de zonificación de la cuenca.
- Documento técnico de criterios de zonificación.
- Tabla con características de cada zona/subzona.

- Mapa de zonas potencialmente vulnerables a la sobreexplotación o contaminación.

Tarea 2: Descripción e interrelación de las variables hidrológicas: modelización un numérica

Paso 1: Disponibilidad de información y programa de seguimiento cuantitativo

El primer paso para desarrollar la simulación hidrológica consiste en realizar un inventario exhaustivo de las fuentes de información disponibles, evaluando su calidad, representatividad, cobertura temporal y espacial, así como su utilidad para estimar las variables del ciclo hidrológico. Esta revisión inicial es clave para seleccionar la metodología adecuada y garantizar la fiabilidad de los resultados. A continuación, se enumeran las acciones recomendadas:

- Identificar fuentes de datos existentes: estaciones meteorológicas, hidrométricas, modelos y bases de datos climáticas.
- Recopilar series históricas de variables hidrológicas: precipitación, temperatura, ETP, ETR, escorrentía, recarga, etc.
- Evaluar la calidad, continuidad, resolución temporal y espacial de las series.
- Clasificar datos por fase (atmosférica y terrestre) e identificar vacíos o limitaciones.

Aparte de las estaciones pluviométricas y termométricas identificadas y localizadas espacialmente, en su caso también se deberán incorporar los nivómetros y pértigas de acumulación de nieve que existan en la región. Y habrá que considerar todas las estaciones existentes que dispongan de registro, aunque lleven tiempo fuera de servicio.

Los modelos matemáticos requieren series de datos meteorológicos completas, por lo tanto, es necesario llevar a cabo un proceso de relleno de lagunas. En el caso de la información primaria como precipitación y temperatura, los métodos de relleno pueden ser sencillos, aunque también los hay muy sofisticados.

1) En una primera etapa se puede trabajar rellenado precipitaciones y temperaturas diarias mediante la consideración de valores en estaciones cercanas, ponderadas por ejemplo mediante la técnica del inverso de la distancia, considerando además una posible corrección por altitud. Según la calidad del resultado obtenido, posiblemente mucho más incierto en precipitaciones que en temperaturas, se pueden obtener unas series mensuales relativamente robustas.

2) En un segundo paso, bien sea mediante procedimientos como los mapas de isoyetas e isotermas, los polígonos de Thiessen, o cualquiera otros, entre los que puede ser de gran interés el ajuste a una superficie mallada (raster), se puede extender la información de precipitaciones y temperaturas mensuales a todo el territorio.

A continuación, se enumeran las características ideales que debería tener el programa de seguimiento cuantitativo para asegurar la cantidad y calidad de información necesaria para la elaboración de un inventario de recursos.

1. Representatividad espacial

- La red de estaciones debe cubrir adecuadamente la diversidad fisiográfica, climática y de uso del suelo del territorio.
- Debe incluir puntos en cabeceras, zonas medias y bajas de cuenca, así como áreas clave de recarga y descarga de acuíferos.
- Es recomendable incluir tanto cuerpos de agua superficiales (ríos, embalses) como subterráneos (pozos piezométricos).

2. Variables clave a monitorear

- **Caudales fluviales**
  - Medición en ríos, arroyos y canales principales.
  - Registro continuo (diario o subdiario) para caracterizar escorrentía base, crecidas y aportaciones.
  - Necesarios para balances hídricos, validación de modelos y análisis de régimen natural o alterado.

- **Niveles piezométricos**
  - Observación del nivel freático en acuíferos mediante pozos de monitoreo.
  - Indicador directo del estado del recurso subterráneo y sus variaciones estacionales o por bombeo.
  - Requiere red piezométrica representativa y mantenimiento regular.
- **Volúmenes almacenados**
  - En embalses, lagos naturales y otros cuerpos de agua superficiales.
  - Requiere sensores de nivel, curvas de capacidad y datos operativos de presas.
  - Importante para evaluar regulación, almacenamiento útil y disponibilidad estacional.
- **Aportaciones naturales estimadas**
  - Escorrentía directa, subsuperficial y recarga de acuíferos.
  - Puede derivarse mediante modelos hidrológicos calibrados o balance de masa.
  - Fundamental en zonas sin aforos o con alteración del régimen natural.

3. Fuentes de datos

- **Estaciones de aforo** (automáticas o manuales), operadas por organismos hidrológicos.
- **Pozos piezométricos** con registros manuales (cinta) o continuos (sensores).
- **Redes meteorológicas** para precipitación, temperatura y evapotranspiración.
- **Infraestructura hidráulica**: registros operativos de presas, canales y obras de toma.
- **Modelos hidrológicos**: usados en zonas sin monitoreo, para estimar escorrentía y recarga.
- **Imágenes satelitales**: estimaciones de nivel y superficie de embalses (altimetría radar), y humedad del suelo.

4. Requisitos operativos

- **Resolución temporal:**
  - Continua (horaria o diaria) en estaciones clave.
  - Mensual o estacional para puntos complementarios o manuales.
- **Cobertura espacial:**
  - Puntos representativos en cada unidad de planificación (cuenca, subcuenca, acuífero).
  - En zonas sensibles (captaciones, áreas de recarga, embalses estratégicos).
- **Calidad de datos:**
  - Control de exactitud, precisión y frecuencia de mantenimiento.
  - Validación mediante métodos cruzados y verificación con observaciones independientes.

5. Productos esperados

- Series temporales homogéneas de caudales, niveles y volúmenes, listas para uso en balances y modelización.
- Información espacialmente distribuida para diagnóstico territorial de la disponibilidad hídrica.
- Base para estimar indicadores clave del estado cuantitativo:
  - Índice de explotación de acuíferos
  - Déficit o superávit hídrico
  - Capacidad de regulación existente
  - Tendencias de disminución o aumento del recurso

📊 **Producto esperado:**

- Inventario de fuentes y series hidrológicas.
- Fichas técnicas de estaciones y modelos utilizados.
- Informe de evaluación de calidad de datos.

Paso 2: Selección del método de estimación

En esta fase se debe llevar a cabo un análisis de la información disponible para seleccionar y ejecutar el método que mejor permita simular las aportaciones totales en régimen natural de la cuenca y la zonificación propuesta. A continuación, se enumera una sucesión lógica de acciones para ejecutar el trabajo que constituye el presente apartado.

- Analizar y seleccionar el método más adecuado a la disponibilidad de datos y condiciones de la cuenca.
- Ejecutar el/los métodos seleccionados (simulación, análisis estadístico o balance).

- Documentar los parámetros empleados, supuestos y calibraciones.
- Validar resultados preliminares con información de campo y/o registros históricos.

Importante:
Todo modelo debe calibrarse con datos locales disponibles. En ausencia de calibración, los resultados deben considerarse aproximaciones exploratorias con incertidumbre alta.

Producto esperado:

- Documento técnico con descripción de métodos aplicados, justificación y parámetros usados.
- Resultados de estimación en tablas (aportes totales, escorrentía, recarga, etc.) por cuenca, zona y resolución temporal elegida.
- Informe de ejecución y validación de modelos.
- Archivos de salida de simulaciones, si aplica.

Consideraciones para la selección del método:

En un contexto de gran disponibilidad de datos, el mejor escenario posible seria disponer de una red de control de caudales con una distribución especial suficientemente representativa de la cuenca hidrográfica y una serie histórica de aforos de al menos 30 años. Bajo este escenario, lo ideal, de cara al cálculo de las aportaciones totales seria hacer un **análisis directo a partir de series históricas de en estaciones de aforo**. Este análisis estaría compuesto de dos pasos fundamentales:

1. **Análisis estadístico** de las series históricas de hidrometría: caudales medios, máximos, mínimos y percentiles a distintas escalas temporales (mensual y anual).
2. **Restitución de datos al régimen natural**: dado que muchas mediciones están influenciadas por intervenciones humanas (presas, derivaciones), es necesario "restituir" los datos al régimen natural para estimar cuál habría sido la aportación hídrica sin estas alteraciones. Los principales métodos de corrección son:
    - Corrección por balance hidráulico: consiste en sumar o restar los caudales modificados por la acción humana (derivaciones, retornos, embalses) al caudal observado. Requiere conocer los volúmenes regulados o desviados.
    - Estaciones de referencia: se utiliza una estación cercana no alterada como referencia. A través de ratios o funciones de transferencia se estima el caudal natural en la estación alterada.
    - Modelos hidrológicos: se aplican modelos (**herramientas**):que simulan el régimen natural a partir de variables climáticas, fisiográficas y de uso del suelo. Requieren calibración y validación.

No obstante, la disponibilidad de datos directos de aportaciones, salvo casos muy excepcionales, siempre serán insuficientes para garantizar un inventario de recursos hídricos con una resolución espacial y temporal suficiente para que sea de utilidad. Por ello, para la elaboración de este, se requiere del uso de diferentes metodologías para estimar la disponibilidad del agua en una cuenca.

En este sentido, **los modelos de Precipitación – Escorrentía** son los más utilizados para establecer la relación entre la precipitación y la escorrentía en una cuenca. Su aplicación es especialmente útil en zonas sin abundancia de datos de aforo o para restituir caudales al régimen natural, simular escenarios futuros o evaluar respuestas del sistema hidrológico ante diferentes condiciones climáticas y de uso del suelo, sin perder de vista su finalidad como procedimiento para obtener series suficientemente largas y homogéneas de datos de aportaciones, teniendo en cuenta que lo más habitual es disponer de series meteorológicas (precipitación aportación) que una vez validadas y completadas podrán utilizarse en el modelo numérico seleccionado para obtener las aportaciones en régimen natural. Se basan en ecuaciones de transferencia y de balance hídrico de agua en el suelo que representan los principales procesos hidrológicos, como:

- ✓ Precipitación efectiva (agua disponible para generar escorrentía tras la infiltración y evapotranspiración).
- ✓ Intercepción por la vegetación.
- ✓ Infiltración y almacenamiento en el suelo.
- ✓ Escorrentía superficial, subsuperficial y flujo base.

- ✓ Percolación

Aunque todos se basan en el principio de conservación del cuerpo de agua y el balance hídrico, se clasifican según el nivel de detalle, complejidad y tratamiento espacial en dos grandes categorías: **discretos** (empíricos y conceptuales) y **distribuidos**.

Recomendación:

En contextos de disponibilidad de información media.
Los modelos conceptuales representan los componentes del sistema hidrológico como reservorios interconectados (almacenamientos), a los que se aplican ecuaciones de entrada y salida de agua. Simulan el comportamiento del sistema a lo largo del tiempo, con un número moderado de parámetros que deben ser calibrados.

✅ **Ventajas:**
- ✓ Capacidad de simular balances hídricos completos.
- ✓ Útiles para analizar escenarios climáticos y de gestión.
- ✓ Pocos datos necesarios comparados con los distribuidos.

⚠️ **Limitaciones:**
- ✓ Requieren calibración con datos históricos.
- ✓ No captan la variabilidad espacial interna de la cuenca
- ✓ Mayor complejidad computacional.

Para ver ejemplos se puede consultar **herramientas**.

Recomendación:

La fiabilidad y representatividad de los resultados mejora significativamente cuando se complementan con otras metodologías que abordan distintos componentes del ciclo hidrológico, ya que esto permite **contrastar, validar y enriquecer los resultados**. Por esta razón, se recomienda adoptar un enfoque integrado que combine múltiples fuentes y métodos de estimación, como, por ejemplo:

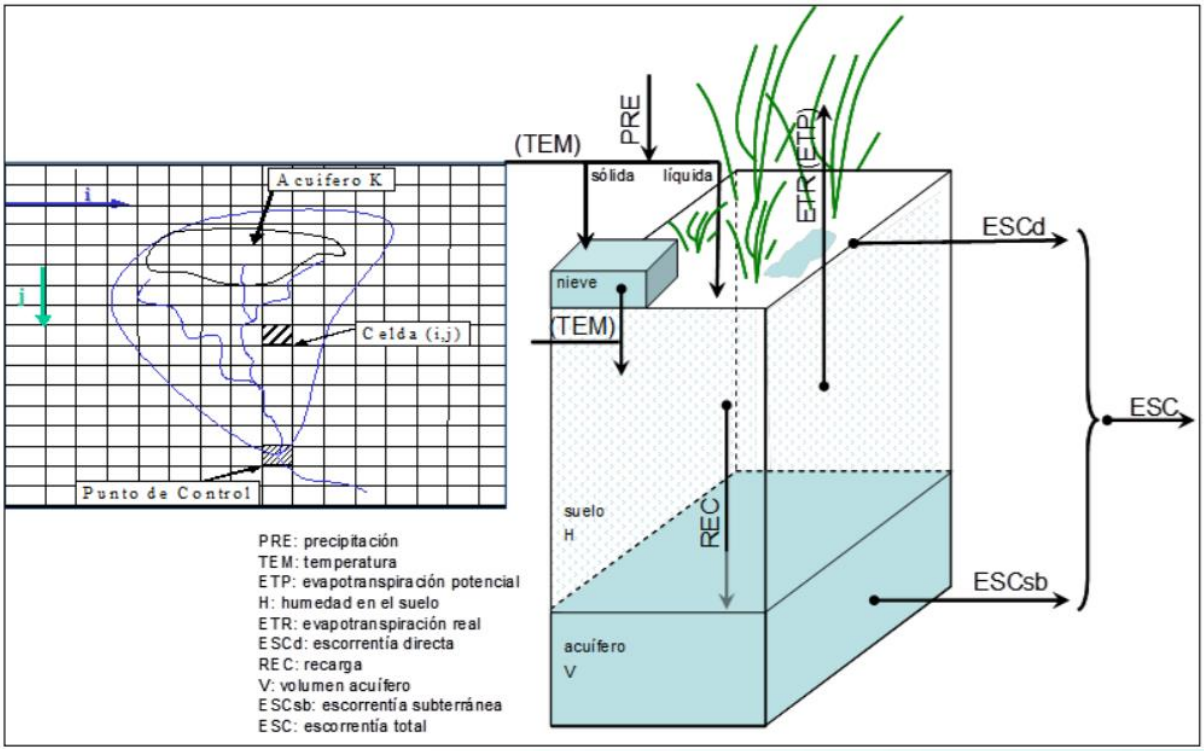
- **Análisis directo a partir de series históricas de hidrometría**: aunque no se pueda aplicar a la totalidad de la cuenca, en aquellos lugares con disponibilidad de datos directos de aforos, resulta especialmente útil para calibrar y validar la bondad de los resultados obtenidos mediante la aplicación de los modelos hidrológicos.
- **Modelización numérica del flujo subterráneo (ej. MODFLOW):** dado que la componente subterránea puede ser una parte significativa de los recursos hídricos de una cuenca, la simulación del flujo subterráneo mediante modelos como MODFLOW permite estimar la recarga, el almacenamiento, y las interacciones con el agua superficial. Esto resulta particularmente importante en regiones donde los acuíferos constituyen la principal fuente de abastecimiento o donde existe una fuerte interdependencia entre aguas superficiales y subterráneas.

Paso 3: Ejecución del modelo para la obtención del inventario

Consideraciones para la ejecución del método:

La ejecución del modelo hidrológico para la obtención del inventario requiere una adecuada correspondencia entre el esquema conceptual del modelo, la información disponible y la caracterización física e hidrológica de la cuenca. Esta etapa implica trasladar las condiciones del territorio a parámetros modelizables que permitan simular de forma representativa el comportamiento del sistema hídrico. La calidad

de esta correlación determinará la solidez del análisis, especialmente en contextos con datos limitados o elevada complejidad territorial.



Ejemplo relación conceptual de parámetros de un modelo hidrológico (CEDEX, 2020)

Tanto si se recurre a modelos distribuidos, semidistribuidos o discretos, el cálculo se deberá empezar a tantear sobre puntos de contraste previamente seleccionados (series hidrológicas). El estudio de los problemas de ajuste entre los datos registrados y los calculados se podrá tratar mediante el análisis de sensibilidad de los factores de ajuste o parámetros de que disponga el modelo, objetivando la comparación con base en determinados estadísticos que expliquen la bondad de los ajustes. El objetivo es establecer una correspondencia coherente entre la caracterización del área de estudio y los parámetros del modelo, de manera que las condiciones físicas, climáticas y geográficas del territorio se vean reflejadas adecuadamente en la configuración del modelo hidrológico.

La selección de estos primeros puntos de contraste es un paso clave en el trabajo. Deben ser puntos en los que se disponga de series suficientemente largas y explicativas del régimen natural, bien por la falta de modificación de los regímenes o bien por haber sido restituidas. Interesa, además, que recojan las aportaciones de una superficie suficientemente grande, que englobe la variabilidad territorial, pero no en exceso impidiendo comprender con seguridad los fenómenos que acontecen.

Las series hidrológicas de referencia no pueden considerarse libres de error, por lo que resultará necesario verificar su calidad. Para ello, pueden calcularse estadísticos de estaciones encadenadas, coeficientes de escorrentía, tendencias, dobles masas… en fin, cualquier aspecto que pueda resultar relevante para el fin perseguido.

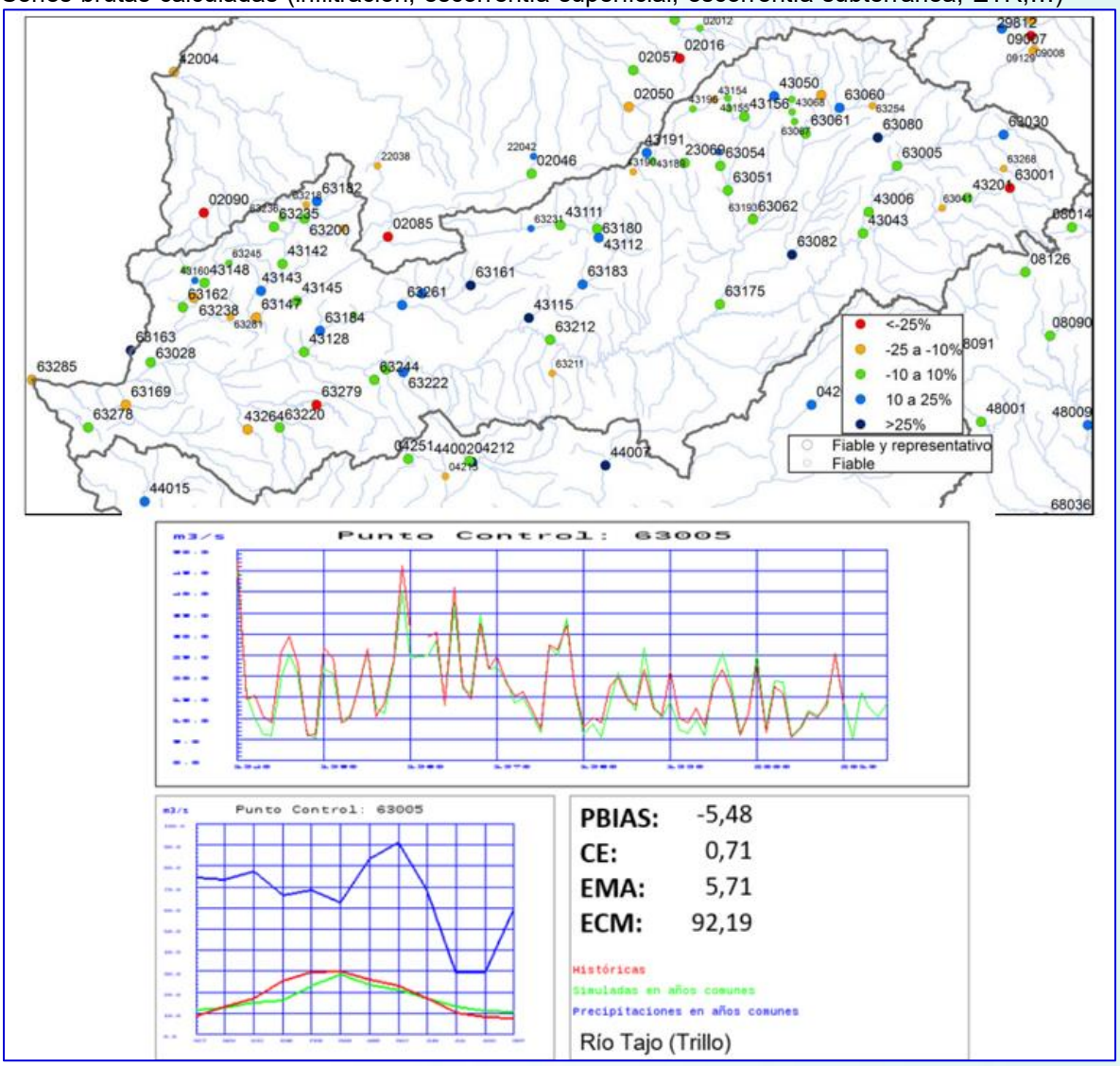
Como ejemplo, entre los criterios de contraste, se pueden usar: el error medio absoluto, el error medio relativo y el error cuadrático medio (recomendados por la Instrucción de Planificación Hidrológica en España). Complementariamente, se puede utilizar el índice de eficiencia o de Nash-Sutcliffe (recomendado por CEDEX, 2020). Los métodos sencillos de error explican las diferencias entre los volúmenes totales, registrado y simulado, mientras que el método de Nash-Sutcliffe analiza si el modelo reproduce bien la variabilidad observada. En este sentido, valores de error medio relativo de -10% a +10% indican que el ajuste es muy bueno, puede ser aceptable hasta el 25%, y si pasa de ese umbral, hay que asumir que el ajuste no es satisfactorio. Complementariamente, el índice de Nash se considera que refleja un ajuste muy bueno cuando sus valores están entre 0,75 y 1; bueno entre 0,65 y 0,75; satisfactorio cuando es mayor de 0,5 y, si no satisfactorio cuando ofrece valores por debajo de 0,5.

El mapeo de estos resultados de contraste permite identificar las series y, en particular, las zonas con ajustes satisfactorios y deficientes. La correcta interpretación de estos problemas de ajuste ayudará a afrontar las posibles soluciones. Si la herramienta de simulación cuenta con factores o parámetros de ajuste habrá que empezar a tantear el comportamiento de los resultados manejando esos factores o parámetros. En este trabajo, la información paramétrica suele proceder de cartografías donde se habrá asociado un determinado valor a una categoría de la leyenda del mapa. Esto puede suponer que una corrección que aplica a toda la categoría puede hacer que se produzcan desajustes en zonas donde el modelo se comportaba adecuadamente. Es decir, este proceso debe asumirse como iterativo, donde el ajuste del modelo se realiza mediante ciclos sucesivos de prueba y error. Cada iteración permite refinar los parámetros del modelo en función de los resultados obtenidos, corrigiendo desviaciones, ajustando supuestos y mejorando la representación del comportamiento hidrológico real. Esta dinámica iterativa es esencial para alcanzar una configuración robusta del modelo, especialmente en contextos con alta variabilidad espacial o datos incompletos. No obstante, la experiencia de la persona modelista para realizar esta labor puede resultar esencial para alcanzar un resultado suficientemente bueno con un esfuerzo razonable.

Una vez que los resultados se den por buenos en los puntos de contraste, el modelo se aplicará a todo el territorio, y se generarán los resultados con base en criterios de hidrología comparada, asumiendo que si la simulación explica los datos observados también ofrecerá aportaciones confiables en lugares sin datos.

Producto esperado:

- Series brutas calculadas (infiltración, escorrentía superficial, escorrentía subterránea, ETR,…)



Ejemplo de mapeo de resultados de contraste y junto con las gráficas de contraste de caudales en un punto representativo (CEDEX, 2020)

Paso 4: Contraste de aportaciones calculadas y registros históricos

El propósito de esta fase es validar los resultados de estimación de aportaciones mediante la comparación con registros reales de caudales, asegurando su fiabilidad y representatividad. Esta etapa corresponde al segundo paso de contraste, y solo debe iniciarse una vez ejecutado el modelo completo.

Descripción Metodológica:

- Comparar los resultados de modelos de aportación con caudales observados en estaciones en régimen natural.
  La validación se realiza contrastando las simulaciones de caudal con **datos históricos en estaciones hidrométricas no alteradas por infraestructuras**, seleccionadas específicamente **para no coincidir con los puntos usados en la calibración del modelo**.
- El contraste debe aplicarse **al conjunto de las series obtenidas, excluyendo los puntos utilizados como contraste en la fase de ejecución del modelo**. Es decir, se prioriza la validación externa del modelo con datos independientes.
- Calcular indicadores de error (EMC, EMA, EMR): Se cuantifica la precisión de los modelos mediante indicadores estadísticos como el Error Medio Cuadrático (EMC), el Error Medio Absoluto (EMA) y el Error Medio Relativo (EMR).
- Representar gráficamente las comparaciones en puntos clave de control: Se elaboran gráficos (como curvas de caudal simulado vs observado o series temporales) en ubicaciones estratégicas de la cuenca para facilitar el análisis visual del ajuste del modelo.

Realizar contrastes adicionales en régimen real, comparando el caudal circulante obtenido en el modelo con el caudal registrado global en puntos de control o secciones principales.

Importante:
Muchos registros históricos presentan **sesgos o alteraciones** no documentadas (embalses, desvíos). Se debe verificar siempre la calidad del dato base de comparación.

Recomendación:
Para considerar aceptable una simulación, se recomienda que al menos uno de los indicadores de ajuste cumpla con valores mínimos de eficiencia (ej. NSE > 0.5, EMR < 20%).

Producto esperado:

- Tablas de contraste entre aportaciones y registros.
- Gráficos de validación por punto de control.
- Informe de ajuste y validación del modelo.

Herramientas recomendadas: Para el desarrollo completo de la tarea 3, en cada uno de los 4 pasos descritos, es recomendable el uso de software de análisis estadístico o herramientas de código abierto (como R o Python) para automatizar el procesamiento y visualización de datos.

Paso 5: Distribución especial de las principales variables hidrológicas

Una vez aplicada la metodología seleccionada y obtenidos los resultados, se procede a la **representación espacial de las aportaciones totales** junto con otras variables hidrológicas clave. El objetivo es analizar la **variabilidad espacial del recurso hídrico** dentro de la cuenca, lo que permite identificar áreas con distintos niveles de disponibilidad o comportamiento hidrológico.

- Generar mapas de distribución espacial (medias interanuales): se representan los resultados de aportaciones totales y resto de variables como precipitación, evapotranspiración potencial (ETP), evapotranspiración real (ETR), recarga y escorrentía superficial, utilizando valores medios interanuales.
- Verificar la cobertura geográfica y resolución espacial adecuada: se revisa que los mapas cubran completamente la cuenca y presenten un nivel de detalle suficiente para los fines de análisis y planificación.
- Evaluar consistencia de resultados y representar zonas con mayor variabilidad: Se comparan los patrones espaciales de las distintas variables y se identifican áreas con alta variabilidad interanual o espacial.

De manera complementaria, calculado el modelo, se precisará disponer de series homogéneas en puntos concretos para su utilización en otros trabajos del plan hidrológico; en particular, para la simulación de los balances entre recursos disponibles y demandas (**Balances recursos-demandas**). Para obtener estas nuevas series se precisará un proceso específico que puede fundamentarse en:

- Utilizar interpolaciones, modelos climáticos/hidrológicos o mallas regulares: Dependiendo de la fuente de datos y resolución disponible, se aplican métodos como interpolación espacial (kriging, IDW), salidas de modelos numéricos o resultados de modelos hidrológicos distribuidos.
- Si el modelo es distribuido, se precisará aplicar un proceso de agregación espacial para extraer las series en ubicaciones representativas.
- Si el modelo no es distribuido, puede ser necesario realizar una extrapolación de los resultados a diferentes zonas o subcuencas, justificando el criterio empleado.

Producto esperado:

- Series hidrológicas en puntos singulares (seleccionados en función necesidades específicas)
- Mapas temáticos en SIG de las series hidrológicas (en caso de no ser generados de manera automática por el modelo ejecutado, se recomienda su elaboración).
- Informe metodológico de ejecución del modelo
- Base de datos espacial de variables hidrológicas.

Tarea 3: Estadísticos de las series hidrológicas

Paso 1: Series anuales

Después de ejecutar el método de cálculo seleccionado y obtener unos resultados es el turno de analizar estadísticamente las series anuales de aportaciones totales y el resto de las variables hidrológicas obtenidas para identificar patrones, tendencias y características interanuales.

Descripción Metodológica:

- Calcular estadísticas anuales para aportaciones y otras variables: Se determinan parámetros como **media, mediana, percentiles, desviación estándar, coeficiente de variación y sesgo**, lo que permite describir la variabilidad y tendencia central de las series. También interesa ver la evolución de las medias móviles para periodos característicos del clima, por ejemplo, de 30 años, lo que exige disponer de series suficientemente largas.
- Analizar persistencia de las series mediante autocorrelación: Se evalúa el grado de dependencia temporal de las series anuales, lo que ayuda a identificar patrones cíclicos o de memoria en las aportaciones. Una manera de representarlo gráficamente es mediante un **correlograma**, que muestra los valores de autocorrelación para distintos lags, junto con líneas de significancia (por ejemplo, 95%). Si los valores están fuera de las bandas de confianza, son estadísticamente significativos.
- Aplicar análisis por zona de la cuenca: Se desagregan los resultados por subcuencas o áreas homogéneas, definidas previamente en el apartado de zonificación, para identificar diferencias espaciales en el comportamiento hidrológico.

Recomendación:

Se recomienda aplicar autocorrelación únicamente sobre series continuas y homogéneas en régimen natural o previamente corregidas.

Producto esperado:

- Tabla de estadísticos anuales por zona.
- Gráficos de distribución y tendencia anual.

Paso 2: Series mensuales

Después del análisis de las series anuales se debe calcular y representar los valores medios mensuales de las principales variables hidrológicas con el objetivo de estudiar la estacionalidad y la dinámica intraanual del recurso.

Descripción Metodológica:

- Procesar las series mensuales de precipitación, ETP, ETR, infiltración y aportaciones totales.
- Agrupar valores por zonas previamente definidas en la zonificación de la cuenca, con el fin de facilitar el análisis espacial intraanual.
- Elaborar representaciones gráficas mediante diagramas de barras, líneas o áreas para visualizar los patrones mensuales de cada variable y comparar entre zonas o años.
- Calcular **índices de estacionalidad** que cuantifiquen la concentración del recurso a lo largo del año. Estos indicadores permiten comparar la intensidad estacional entre zonas o periodos y son útiles para identificar meses críticos desde el punto de vista de la disponibilidad o presión hídrica.
- Se recomienda el uso de coeficientes como:
    - El índice de variación mensual, que evalúa la dispersión de los caudales mensuales respecto al promedio anual.

Producto esperado:

- Tablas de valores medios mensuales por zona.
- Gráficos mensuales por variable y zona.

Paso 3: Identificación de variabilidad climática

De manera complementaria, utilizando al análisis estadístico de las series anuales y mensuales previo, se puede detectar y caracterizar los años extremos y tendencias climáticas que potencialmente pueden afectar la disponibilidad hídrica, identificando condiciones de sequía o exceso.

Importante:

Este paso no sustituye los análisis hidrológicos directos, sino que **aporta una visión adicional útil para contextualizar resultados, detectar patrones climáticos relevantes y anticipar situaciones de escasez o exceso**, reforzando la planificación frente a condiciones anómalas.
Además, puede considerarse una fase previa, simplificada, que permite una primera aproximación exploratoria antes de aplicar herramientas más complejas de simulación climática (**Tarea 4: Evaluación del efecto del cambio climático**).

Descripción Metodológica:

- Identificar los años climatológicos tipo:
    - Años húmedos (años con precipitación (pp) media un 15% superior a la pp media del periodo histórico).
    - Años secos (años con pp media un 15% interior a la pp media del periodo histórico).

  - Años promedio. (años con pp media comprendida en el rango de +15% y -15% de la pp media del periodo histórico).
- Calcular tendencias de precipitación y temperatura (tests estadísticos como la prueba de Mann-Kendall o la regresión lineal).
- Identificar eventos extremos (sequías, inundaciones) y su frecuencia/duración.
- Complementar el análisis con **índices estandarizados de sequía climática**, ampliamente utilizados para caracterizar condiciones deficitarias de agua:
  - SPI (Standardized Precipitation Index): mide desviaciones de la precipitación respecto a su media histórica.
  - SPEI (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index): similar al SPI, pero incorpora la evapotranspiración, ofreciendo una visión más completa del balance hídrico.
  - PDSI (Palmer Drought Severity Index): evalúa sequías considerando almacenamiento de humedad en el suelo.
  - Estos índices permiten comparar entre regiones y periodos, y son especialmente útiles en cuencas sin suficientes registros de caudal.

Recomendación:

En contextos con fuerte variabilidad climática, se recomienda complementar con índices estandarizados como SPI o SPEI para evaluar sequías meteorológicas de manera objetiva.

Producto esperado:

- Tabla de años característicos y extremos.
- Gráficos de tendencias y eventos extremos.
- Informe de caracterización de la variabilidad.

Tarea 4: Evaluación del efecto del cambio climático

Como paso adicional, una vez estimados los recursos hídricos totales disponibles en la unidad de gestión, es necesario **analizar los posibles impactos del cambio climático** sobre dicha disponibilidad. Este análisis permite anticipar variaciones futuras en los aportes hídricos y apoyar la planificación a largo plazo. Para ello, se utilizan **escenarios climáticos y modelación hidrológica comparativa**, que permiten proyectar condiciones futuras y evaluar su efecto sobre el ciclo hidrológico.

En el capítulo de Consideración del Cambio climático se amplía esta temática y se trata, en concreto, la evaluación del cambio climático de los recursos hídricos en régimen natural. No obstante, a continuación, se describe un breve resumen.

Descripción Metodológica: (📘 Guías metodológicas 4 y 5):

- Seleccionar escenarios climáticos representativos (RCP/SSP) del **IPCC:** Se eligen uno o varios escenarios de referencia, definidos por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), que representen diferentes trayectorias de emisiones y condiciones socioeconómicas futuras. Los más comunes incluyen los RCP (Representative Concentration Pathways) y los SSP (Shared Socioeconomic Pathways).
- Aplicar modelos climáticos e hidrológicos para simular escenarios futuros: Se utilizan modelos climáticos globales (GCM) o regionales (RCM) junto con modelos hidrológicos que permiten traducir las proyecciones climáticas en respuestas del sistema hidrológico, como escorrentía, infiltración o almacenamiento.
- Comparar condiciones actuales vs. proyectadas para distintas variables: Se contrastan los resultados del escenario actual (período base u observado) con los de los escenarios futuros. Las variables analizadas incluyen precipitación, temperatura media, caudales medios, caudales extremos, evapotranspiración, entre otras.
- Identificar impactos esperados en la disponibilidad hídrica: A partir de la comparación, se determinan posibles cambios en el volumen total disponible, en su distribución temporal (estacionalidad) y espacial, así como en la frecuencia e intensidad de eventos extremos (sequías o avenidas).

Importante:
Es fundamental validar previamente el modelo hidrológico frente al período histórico antes de aplicarlo a escenarios futuros, para asegurar que las proyecciones sean representativas.

Recomendación:

- En contextos más recientes, se recomienda trabajar con combinaciones de escenarios climáticos SSP-RCP del CMIP6, que permiten representar de forma integrada las condiciones físicas y socioeconómicas proyectadas.
- Para obtener resultados significativos, se recomienda utilizar horizontes de al menos dos proyecciones futuras (ej. 2030–2050 y 2070–2100) y, cuando sea posible, modelos regionalizados con resolución espacial inferior a 50 km²
- Dado que la incertidumbre climática puede ser considerable, se recomienda representar los resultados con intervalos o bandas de confianza (por ejemplo, valores mínimo, medio y máximo proyectado).

Producto esperado:

- Proyecciones hidrológicas por escenario.
- Mapas comparativos de condiciones actuales y futuras.
- Informe de evaluación del impacto climático.
- Resumen de impactos y recomendaciones para adaptación hídrica por zona.

Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos insuficiente

En contextos con disponibilidad de datos insuficiente, el proceso de elaboración del inventario de recursos hídricos conserva la **misma estructura general** que en escenarios con disponibilidad de datos suficiente. Las tareas y pasos metodológicos siguen un orden lógico orientado a la obtención de un inventario útil para la gestión del agua. Sin embargo, **la diferencia clave radica en el origen y la calidad de los datos disponibles, así como en los métodos empleados para estimar las aportaciones totales**: se recurre con mayor frecuencia a modelos empíricos o regionales, uso de información indirecta, teledetección, y supuestos simplificados, dada la escasa presencia de mediciones directas y registros históricos.

En ausencia de información meteorológica suficiente, puede considerarse el uso de **motores meteorológicos capaces de generar series sintéticas de variables climáticas mediante técnicas estocásticas**. Estos generadores permiten simular series temporales de precipitación, temperatura y otras variables, especialmente útiles cuando no se dispone de registros suficientemente largos o continuos.

Aunque no constituyen la opción ideal, su uso está extendido en contextos con baja densidad de datos medidos, como ocurre en muchas regiones de Latinoamérica. Por ello, se recomienda **mencionar explícitamente esta posibilidad y justificar su aplicación** dentro de la metodología empleada. Estos motores permiten disponer de series largas y continuas, que pueden ser sustituidas progresivamente por datos reales a medida que se disponga de ellos en ciclos futuros de planificación.

En tales casos, es importante **documentar la incertidumbre asociada a los resultados**, subrayando la conveniencia de avanzar hacia una mayor base empírica en los siguientes ciclos de análisis hidrológico.

Algunos de los modelos de Precipitación-Escorrentía ampliamente utilizados ya incluyen este tipo de herramientas que permiten simular variables clave como precipitación, temperatura o radiación solar a nivel diario, y se han aplicado ampliamente en regiones con escasa cobertura de datos.

Importante:
El objetivo final debe ser **la obtención de las aportaciones totales en régimen natural** con una distribución especial suficiente representativa de la cuenca y con una resolución temporal adecuada que permita su uso a lo largo del proceso de planificación hidrológica.

Los **modelos hidrológicos de Precipitación-Escorrentía de tipo empírico** constituyen una alternativa válida en contextos con información limitada. Estos modelos se basan en **relaciones matemáticas simplificadas** entre variables climáticas observadas (precipitación, temperatura) y la escorrentía generada, sin representar explícitamente los procesos físicos del ciclo hidrológico. Su ventaja principal radica en su facilidad de implementación y en que requieren una cantidad de información menor que los modelos físicamente distribuidos o semidistribuidos. Sin embargo, **su precisión dependerá en gran medida de la adecuada calibración de los parámetros empleados** y de su ajuste a las condiciones locales.

Uno de los métodos empíricos más utilizados es el del **Número de Curva del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de EE.UU.)**, que permite estimar la escorrentía directa a partir de la precipitación efectiva y las características del suelo, la cobertura vegetal y el grado de humedad antecedente. Este método, desarrollado por el USDA, se aplica de forma generalizada en estudios hidrológicos y cuenta con numerosas tablas y herramientas de apoyo. (📘 **Guía metodológica 6**).

Importante:
La variedad de métodos existentes para la estimación de escorrentía en cuencas no aforadas es amplia. En la mayoría de los casos, será necesario realizar un análisis previo que permita seleccionar el método más adecuado a las **condiciones físicas, climáticas y de disponibilidad de datos** de la cuenca. En contextos como América Latina, caracterizados por la escasez de datos y la heterogeneidad territorial, pueden ser útiles los **métodos estocásticos y multivariados**, como se describe en la **Guía metodológica 7**, que aborda con detalle la estimación de caudales empleando enfoques empíricos ajustados a esta realidad.

A pesar de estas limitaciones, es posible alcanzar resultados representativos, siempre que se fundamente adecuadamente la metodología aplicada y se incluyan análisis de incertidumbre y validación cruzada mediante:

- Métodos simples de análisis de sensibilidad (por ejemplo, variar el número de curva en SCS).
- Expresar resultados en rangos (mínimo–medio–máximo).
- Validación cruzada con datos regionales, satelitales o conocimiento local.

Herramientas recomendadas:

- Hojas de cálculo, Sistemas de información geográfica abiertos, o herramientas de programación orientadas al análisis estadístico, tratamiento de datos y generación de gráficos. **Herramientas**

Guías

Guía 1: Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial. CEPAL, 2013 (Chile)

https://repositorio.cepal.org/entities/publication/5d64a954-42cf-4232-98e1-0fab226da2f2

Guía 2: Regionalización y correlaciones de parámetros hidrológicos. DINAGUA-MVOTMA, 2012. Uruguay

https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/regionaliza2011.pdf

Guía 3: Regionalización de estadísticas de caudales. DINAGUA-MVOTMA, 2019. Uruguay

https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Regionaliza_2019_07.pdf

Guía 4: Librería de publicaciones del IPCC (Intergovermental Panel on Climate Change)

https://archive.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_technical_papers.shtml

Guía 5: Guía de Apoyo Para el Desarrollo de Planes de Gestión de Riesgos Climáticos. Para Organismos Operadores de Agua y Saneamiento en México. 2022

https://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/Guidelines-for-developing-climate-risk-plans-MX.pdf

Guía 6: Calculo de la precipitación Neta mediante el método del SCS. Universidad de Salamanca, España.

https://hidrologia.usal.es/practicas/Pneta_SCS/Pneta_SCS_fundam.pdf

Guía 7: Estimación de caudales en cuencas no aforadas, empleando modelos estocásticos y multivariados. UNESCO Office Montevideo and Regional Bureau for Science in Latin America and the Caribbean. 2009

Estimación de caudales en cuencas no aforadas, empleando modelos estocásticos y multivariados - UNESCO Biblioteca Digital

Otras referencias:

1. Richardson, C. W., & Wright, D. A. (1984). *WGEN: A model for generating daily weather variables*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
2. Jones, P. G., & Thornton, P. K. (2000). MarkSim: Software to generate daily weather data for Latin America and Africa. *Agronomy Journal, 92*(3), 445–453. https://doi.org/10.2134/agronj2000.923445x
3. Semenov, M. A., & Barrow, E. M. (1997). Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Climatic Change, 35*(4), 397–414. https://doi.org/10.1023/A:1005342632279
4. USDA-ARS. (n.d.). *CLIGEN: Weather Generator for WEPP*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Soil Erosion Research Laboratory. https://www.ars.usda.gov/midwest-area/west-lafayette-in/nserl/docs/cligen/
5. SWAT (Soil and Water Assessment Tool). (n.d.). *WeatherMan tool included in SWAT software*. Texas A&M AgriLife Research. https://swat.tamu.edu/software/arcswat/
6. Centro de Estudios Hidrográficos (2020): Evaluación de recursos hídricos en régimen natural en España (1940/41-2017/18). CEDEX cedex-informeerh2019_tcm30-518171.pdf

Casos prácticos

BRASIL: Plan Integrado de Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del rio Paraíba do Sul

[3.4] Uso del agua, balances y asignación de recursos

[3.4.1] Descripción general de usos y demandas de agua

Definición: El análisis de los usos y demandas de agua es el proceso técnico mediante el cual se identifican, cuantifican y caracterizan los diferentes tipos de utilización del recurso hídrico en una cuenca, territorio o sistema, considerando tanto el uso actual como las proyecciones futuras bajo determinados escenarios socioeconómicos y climáticos. Este análisis incluye la evaluación de todos los sectores que utilizan agua, como:

- Abastecimiento urbano y rural.
- Usos ambientales y ecosistémicos.
- Agricultura de riego.
- Industria y energía.
- Otras utilizaciones: turismo, minería, acuicultura y otros usos específicos.

La consideración de los caudales ecológicos como un tipo de uso o como una restricción previa a la utilización de las aguas condicionando las disponibilidades ha sido tratada en el apartado de **definición de caudales ecológicos**.

El concepto de «uso», referido a los fines de la utilización, se completa con el de «demanda», que expresa la cantidad de agua que los usuarios esperan poder utilizar porque se encuentra disponible a un precio asequible y cuenta con unas condiciones de calidad adecuadas para el fin en el que se desea usar.

Objetivo: El objetivo principal del análisis es conocer con precisión cuánta agua se utiliza y cuánta se prevé utilizar en el futuro, dónde, para qué, por quién y con qué eficiencia, con el fin de:

- Diagnosticar la presión que ejercen los distintos usos sobre los recursos disponibles.
- Evaluar el equilibrio (balance) entre oferta y demanda de agua en el presente y en el futuro.

- Identificar posibles conflictos, ineficiencias o necesidades de mejora en la asignación del recurso.
- Sustentar la toma de decisiones en la planificación hidrológica con información técnica fiable.

Utilidad: El análisis de usos y demandas cumple una función clave dentro de los planes hidrológicos, ya que:

1. **Permite cuantificar la demanda hídrica total** del territorio y por sector, lo cual es esencial para establecer balances hídricos (oferta vs demanda) en distintos horizontes temporales.
2. **Apoya la priorización de usos** y la definición de políticas de asignación del agua en contextos de escasez.
3. **Informa la planificación de infraestructuras** (como presas, redes de distribución o sistemas de riego) para mejorar la oferta, así como otras medidas de eficiencia.
4. **Contribuye a la gestión de riesgos**, al proyectar la evolución de la demanda en escenarios futuros de previsible crecimiento poblacional, desarrollo económico o cambio climático.
5. **Facilita la identificación de medidas de gestión**, como el control de extracciones, las mejoras en eficiencia o el diseño de instrumentos económicos que contribuyan a la mejor utilización.
6. **Refuerza la participación y gobernanza**, al poner a disposición de los actores del agua información transparente y territorializada.

Contenidos que deben abordarse en un plan hidrológico

Como contenidos a considerar en el plan hidrológico en relación con el estudio de los usos y las demandas de agua, se destacan los siguientes:

1. Identificación, clasificación y caracterización de los usos del agua.
2. Distribución espacial de las demandas.
3. Estimación de las demandas de agua y distribución temporal.
4. Requisitos de calidad del agua para atender las demandas.
5. Condiciones de garantía o criterios de déficits.
6. Proyecciones y escenarios futuros.
7. Validación, documentación y comunicación de resultados.

Identificación, clasificación y caracterización de usos del agua

Desarrollo del contenido en Tarea 1 Identificación, clasificación y caracterización de usos del agua

El plan debe identificar de forma clara los distintos tipos de uso del agua presentes en el territorio, considerando tanto los usos consuntivos (que implican una extracción netamente superior a sus retornos e infiltraciones) como los no consuntivos (como la hidroenergía, donde la extracción puede ser semejante al retorno). Además, debe clasificarlos según su naturaleza y finalidad (urbano, ambiental, agrícola y ganadero, industrial, acuicultura, recreativo, etc.), e incluir una caracterización general de cada uno, detallando su importancia relativa, localización, fuentes de agua utilizadas (superficiales, subterráneas, alternativas), requisitos de calidad, patrones de consumo, y relación con el entorno económico y social.

Recomendación:

En caso de que se disponga de un catálogo formal de tipos de utilización del agua que pueda estar recogido en la legislación aplicable del país, y que no necesariamente será semejante en todos los países de la región, se recomienda que sea tomado en consideración. En particular, interesará determinar el papel de los caudales que se destinen a satisfacer necesidades ambientales porque pueden haber quedado jurídicamente excluidos de la relación de usos que compiten entre sí, por haberse definido como restricción previa. También es común que el uso de abastecimiento, y especialmente el abastecimiento urbano, haya sido objeto de determinada regulación específica que le otorgue cierto carácter prevalente, cuestión que no debe quedar ignorada. En consecuencia, este apartado debe ir acompañado por una explicación de las peculiaridades jurídicas que la legislación aplicable establece para cada tipo de uso.

Distribución espacial de las demandas

Desarrollo del contenido en Tarea 2 Distribución espacial de las demandas

Este análisis permite obtener una visión detallada de la distribución del consumo de agua en el ámbito de la cuenca, identificando las zonas donde se concentran las mayores presiones por extracción. Para ello, se consideran los siguientes aspectos clave:

- **Zonificación de la cuenca:** identificación de áreas con elevada demanda hídrica y su correspondencia con la disponibilidad del recurso.
- **Estacionalidad:** análisis de las variaciones mensuales en la demanda, especialmente relevantes en usos como el riego o el abastecimiento urbano.
- **Cambio climático:** incorporación de proyecciones sobre posibles alteraciones en la disponibilidad del recurso y, especialmente, en los patrones de demanda.

Además de aportar una comprensión espacial y temporal de las demandas, este análisis constituye un insumo esencial para fases posteriores de la planificación, particularmente para el **cálculo de los balances entre recursos y demandas**. En función de la metodología aplicada, de las características del área de estudio y de las necesidades del país, puede ser necesario agrupar las demandas por tipo de uso en entidades homogéneas que faciliten su representación en los esquemas gráficos del plan (recursos disponibles, demandas, infraestructuras, red hidrográfica, vertidos o retornos).

Estas agrupaciones, comúnmente denominadas **unidades de demanda**, deben estar georreferenciadas, vinculadas tanto a su fuente o fuentes de suministro como a sus puntos de vertido o retorno, permitiendo su incorporación a la esquematización gráfica del sistema sobre el que se efectúa el balance. La correcta definición de dichas unidades es un elemento crítico, ya que serán la base para la **asignación de recursos hídricos** que se establezca en el plan hidrológico. (**Balances entre demandas y recursos disponibles y asignación de recursos**).

Estimación de las demandas de agua y distribución temporal

Desarrollo del contenido en Tarea 3 Estimación de la demanda y Tarea 4 Distribución temporal de las demandas

El plan debe incluir un desglose de las demandas de agua actuales por los grandes sectores de uso antes identificados, permitiendo dimensionar el peso relativo de cada uno en el consumo total. Entre los sectores clave a abordar están:

- Demanda urbana: incluye el abastecimiento para consumo humano, servicios y actividades urbanas atendidas por redes municipales. En su estimación se consideran, por un lado, la **demanda neta** (población, dotación y variación estacional) y, posteriormente, la **demanda bruta**, incorporando las pérdidas en red y otros condicionantes de la infraestructura.

- Demanda ambiental (en caso de que el caudal ecológico haya tenido la consideración de demanda): Corresponde al volumen de agua necesario para mantener los ecosistemas acuáticos y su funcionalidad, generalmente representada mediante caudales ecológicos. Su papel, así como su cuantificación, se tratan en el apartado de **definición de caudales ecológicos.**
- Demanda agrícola y ganadera: Considera el volumen de agua utilizado en el riego de cultivos, incluyendo aspectos como tipo de cultivo, superficie y eficiencia de uso; así como la atención de las necesidades de suministro a la cabaña ganadera, en general muy vinculada a explotaciones agrarias.
- Demanda industrial: Abarca el uso de agua en procesos productivos, incluyendo la refrigeración, limpieza y otros usos industriales, considerando su intensidad y localización.

Recomendación:

La demanda de agua para la generación de energía, aunque habitualmente englobada en la de usos industriales, conviene analizarla separadamente dadas sus peculiaridades y los grandes caudales que suele movilizar, varios rangos de magnitud mayores que los de los usos dirigidos a atender a la industria manufacturera o, en general, la industria productora de bienes de consumo.

- Otras demandas: Se considerarán demandas para todos los tipos de uso identificados conforme a la identificación realizada. Ignorar algún tipo de demanda, especialmente si es de magnitud significativa, puede desvirtuar los balances.

Cada tipo de demanda debe caracterizarse de forma específica, incluyendo: (i) su localización espacial, (ii) su magnitud total y (iii) su **variabilidad temporal** a lo largo del año. Este último aspecto es esencial para representar adecuadamente el comportamiento de la demanda a lo largo del ciclo hidrológico anual, identificar **épocas de máxima presión sobre el recurso**, y garantizar la coherencia con la disponibilidad de agua en términos temporales.

En aquellos casos donde las demandas hayan sido calculadas inicialmente en valores **anuales**, el plan debe incluir una **distribución temporal mensual** basada en coeficientes específicos por tipo de uso, cultivo o actividad, asegurando la compatibilidad con los análisis de balance, garantía y operación de los sistemas hídricos.

Requisitos de calidad del agua para atender las demandas

Según el uso al que se destinen las aguas, habrá unas determinadas **condiciones de calidad** que, si no se alcanzan, pueden resultar limitantes para la utilización.(Evaluación del estado de la calidad de las aguas y objetivos de calidad) Este es un aspecto importante a la hora de llevar a cabo el estudio de demandas porque, aunque existen técnicas de tratamiento que pueden ayudar a superar este tipo de dificultades, su coste puede hacer inviable la utilización de las aguas brutas.

Aunque el plan hidrológico adopte como objetivo el alcanzar la buena calidad de las aguas, no se puede dar por hecho su logro. Además, aguas con buena calidad, es decir, en condiciones próximas a las naturales, pueden resultar inapropiadas para atender determinados usos particularmente exigentes, por ello se ha de ser consciente de los requisitos particulares que respecto a la calidad presentan los distintos tipos, o incluso unidades, de demanda.

Según los tipos de uso:

- En el caso del **uso para abastecimiento**, es común que existan ciertas normas reguladoras de las condiciones que tienen que reunir las aguas para destinarlas a la potabilización. Estas normas son, en general, comunes para cada país y aplicarían en cada plan hidrológico sobre todas las demandas de esta naturaleza, según el marco legal vigente. En cualquier caso, el plan deberá describir esas condiciones para las demandas urbanas, señalando en su caso las posibles excepciones o variaciones de la regla general que puedan admitirse.
- En el caso de las **demandas agropecuarias** puede abrirse un abanico más diverso, que dependerá de los tipos de cultivo, la naturaleza de los suelos, los sistemas de drenaje y otros

condicionantes agronómicos. Será importante que cada unidad de demanda incluye una referencia a las condiciones mínimas de calidad admisibles.

- En cuanto a **demandas industriales**, también pueden requerir unas condiciones de calidad muy variables y a veces altamente exigentes. Las instalaciones industriales pueden tener cierta capacidad para incorporar sistemas de tratamiento previos que, de no ser muy sencillos, difícilmente resultan viables para el caso del regadío.
- Pueden presentarse otros usos con requerimientos específicos y será necesario conocerlos. El caso, por ejemplo, de la **acuicultura** continental resulta paradigmático, en este caso pueden aparecer requisitos diversos de acuerdo con las especies (peces, moluscos, artrópodos…) o fases de desarrollo de las especies, que se produzcan en la instalación.

Entre los aspectos cualitativos de las demandas también habrá que ver si existen o deben imponerse condiciones generales o específicas (por unidad de demanda) para el vertido de los retornos. Este hecho puede ser importante cuando dichos vertidos se reciben en zonas de captación de agua para su potabilización, y en otras diversas circunstancias, donde los retornos de un aprovechamiento o conjunto de aprovechamientos pueden condicionar la utilización del recurso aguas abajo.

Condiciones de garantía o criterios de déficits

Desarrollo del contenido en Tarea 5; Garantía de las demandas

Un aspecto relevante, que de manera general puede fijarse para cada tipo de uso y particularmente para cada unidad de demanda, son las condiciones que permiten identificar objetivamente cuando una demanda está cuantitativamente bien atendida o satisfecha. Este es uno de los elementos clave en la caracterización de las demandas, que resultará fundamentar para evaluar los resultados de los balances recursos/demandas.

En términos generales, la cuestión se resuelve aplicando unos concretos criterios de garantía o de déficits, de carácter estadístico, basados en identificar lo que se considerará fallo en el suministro (por ejemplo, haber suministrado menos del 50% de la demanda anual u, otro ejemplo, menos del 80% de la demanda mensual) y en conocer cuál será el número de fallos que resultará admisible (uno cada 20 años, por ejemplo). Lo que se pretende es, al realizar los balances, poder discriminar los suministros estructuralmente mal atendidos de aquellos otros que, aunque tengan déficits ocasionales, no puedan considerarse como inadecuados. Este tema, de gran importancia a la hora de elaborar el plan, se trata en el punto; **criterios para evaluar la atención de las demandas**.

En el caso de las demandas de agua hay criterios técnicos de garantía de este tipo, definidos para los distintos tipos de uso en distintos países y situaciones. Será necesario que el plan hidrológico, cuando caracterice las demandas explique el criterio de garantía que se aplicará a cada tipo de uso y en cada caso. Para el caso de los abastecimientos urbanos e industriales estos criterios suelen ser bastante exigentes, en el caso de las demandas agrarias, sin embargo, dependen mucho del tipo de cultivo, ya sea anual o perenne, por ejemplo.

También pueden considerarse garantías volumétricas, expresadas como el porcentaje del caudal servido frente al demandado, en un periodo de tiempo determinado (habitualmente un mes o un año), y a lo largo de un número de años suficientemente representativo de las condiciones de suministro.

Proyecciones y escenarios futuros

Desarrollo del contenido en Tarea 6: Proyecciones y escenarios futuros

El plan debe contener una previsión de cómo evolucionará la demanda en los próximos años, considerando factores como el crecimiento poblacional, la expansión agrícola o industrial, el desarrollo urbano, las políticas públicas, y los efectos del cambio climático. Estos escenarios deben permitir evaluar la sostenibilidad del sistema a futuro y anticipar medidas de gestión.

Es fundamental que el contenido exponga los distintos horizontes temporales y escenarios de desarrollo contemplados, que serán coherentes con generales del plan hidrológico (sobre horizontes temporales del plan ver **definición de horizontes temporales y periodo de revisión** para los que deberán quedar cuantificadas las magnitudes de las unidades de demanda, considerando también la posible desaparición de algunas de las actuales o la inclusión de otras nuevas en horizontes futuros.

Además de horizontes temporales a corto y medio plazo, convendrá también establecer una estimación de las demandas de agua a largo plazo, para estudiar su viabilidad tomando en consideración los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos y, si fuera posible y necesario, sobre la propia magnitud de las demandas.

Importante:
En general, esta estimación de demandas futuras, además de tener en cuenta los factores determinantes para su evolución antes indicados, deberá ser consistente con las planificaciones sectoriales que impulse el país a través de sus administraciones nacionales, regionales o locales; en particular, aunque no exclusivamente, sobre sectores como el abastecimiento urbano, la agricultura de regadío o la energía, tipos de uso especialmente demandantes de agua. Es decir, el plan hidrológico deberá tomar en adecuada consideración esos instrumentos sectoriales, con cuyos promotores se deberá establecer un diálogo imprescindible.

Validación, documentación y comunicación de resultados

Desarrollo del contenido en la Tarea 7: Validación, documentación y comunicación de resultados

El plan debe presentar cómo se ha garantizado la solidez y legitimidad del análisis de usos y demandas. Este contenido debe describir los procesos de validación técnica y participación de actores clave, así como la documentación de los supuestos utilizados, señalando fuentes de datos, limitaciones encontradas y resultados obtenidos. También debe describir cómo se comunican los hallazgos de forma clara y accesible a la ciudadanía mediante mapas, gráficos, resúmenes ejecutivos y portales web.

Importante:
En el proceso de planificación, la identificación y cuantificación de las demandas de agua debe ser un trabajo que se materialice en las primeras fases del proceso. De esta forma será posible someter la información a escrutinio público y, tras su revisión y consolidación, alimentar otros trabajos del plan que deberán desarrollarse más tarde, como es el caso de los balances y de la asignación de recursos.

Tareas

La metodología aquí descrita se estructura en una serie de etapas progresivas que **pueden adaptarse tanto a contextos con información completa como a aquellos otros con limitaciones de datos.** El enfoque se basa en los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), priorizando la equidad, la sostenibilidad ambiental, la eficiencia y la participación de los usuarios.

Las etapas de esta metodología incluyen:

1. Identificación, clasificación y caracterización de los usos del agua.
2. Distribución espacial de las demandas.
3. Estimación de la demanda.
4. Distribución temporal de las demandas.
5. Requisitos de calidad para atender a las demandas.
6. Proyecciones y escenarios futuros.
7. Garantía de las demandas.
8. Validación, documentación y comunicación de resultados.

En cada etapa se proponen métodos alternativos que permiten su aplicación tanto en regiones con datos robustos, como en aquellas otras con información escasa, apoyándose en métodos indirectos, conocimiento local, coeficientes estimativos y herramientas accesibles.

Tarea 1: Identificación, clasificación y caracterización de los usos del agua

El primer paso en el análisis de usos y demandas consiste en reconocer, clasificar y describir de forma clara los diferentes usos del agua en una cuenca. Esto implica entender **quién usa el agua, para qué fin, con qué medios, en qué cantidad y en qué momentos del año**, con el objetivo de fundamentar las decisiones de planificación hidrológica y gestión integrada del recurso.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación de los usos

Tipos de uso

La diferenciación de los usos del agua por tipos o categorías tendrá que ver con las atribuciones especiales o requisitos generales que para cada aprovechamiento vayan a corresponder por el hecho de quedar adscrito a este determinado tipo de uso y no a otro. Por ejemplo, se puede considerar de manera genérica que todos los aprovechamientos dirigidos al abastecimiento de núcleos de población consolidados merecen unas garantías o privilegios frente a otras clases de utilización que los diferencian; o que un uso industrial que genera un impacto socioeconómico importante en términos de empleo y riqueza pueda ser preferido a otro uso, del tipo que sea, que no genere ese impacto.

Es por ello habitual que las legislaciones de los países cataloguen diferenciadamente distintos tipos de uso atendiendo a las peculiaridades del país, aspecto que evidentemente deberá tenerse en cuenta para la catalogación que incorpore el plan hidrológico.

A falta de criterio prevalente, **el plan deberá adoptar una catalogación de usos pensando en la organización jerárquica o particular que pueda hacer de ellos**. En la tabla que se incluye a continuación se sugiere, a modo de ejemplo, un esquema de tipos de utilización que, en cada caso, deberá acomodarse a las particularidades de la región, el país o cuenca de que se trate.

Tipo	Subtipo	Categoría	Ejemplo
Abastecimiento de la población	De núcleos urbanos		Suministro de una ciudad
	De instalaciones singulares		Suministro de un complejo penitenciario, un colegio, hospital, etc, aislado de las redes de suministro urbanas.
	Fuera de núcleos urbanos		Abastecimiento de viviendas en despoblado.
	Otros usos de abastecimiento		Suministro fuera de la red urbana para atender servicios urbanos, tales como una estación de tratamiento de aguas residuales.
Agropecuario	Regadío		Cultivos en regadío
	Ganadería		Granjas
	Otros usos agrarios		Riego antihelada
Industria	Productora de energía	Fuerza motriz	Molino tradicional
		Hidroeléctrica	Central de generación
		Fotovoltaica	Instalación flotante
		Almacenamiento de energía	Central reversible
		Refrigeración de centrales térmicas convencionales	Central térmica de carbón, gas o fuel
		Refrigeración nuclear	Central termonuclear
	Extractiva / Minería		Procesos de lavado o beneficio
	Productora de bienes de consumo		Refrigeración de máquinas
	Productora de servicios	Servicios comerciales	Centro comercial
		Ocio y turismo	Parque acuático, campo de golf
Otros usos	Acuicultura		Piscifactoría de agua dulce
	Transporte fluvial		Alimentación de un canal o esclusas
	Navegación	Comercial	
		Recreativa / deportiva	
	Otros usos		Punto de suministro para bomberos forestales

Paso 2: Clasificación de los usos

Una vez que los tipos de uso hayan quedado identificados, puede ser de interés su clasificación pensando en organizar la información que va a servir de referencia para el desarrollo de otros contenidos del plan, como pueden ser los mecanismos de asignación de recursos (**tareas de Balances entre demandas y recursos disponibles y asignación de recursos**) o el (**análisis económico del sector del agua**), por ejemplo.

En una primera etapa, se recomienda agrupar los usos del agua en dos grandes categorías:

Tipo de uso	Ejemplos comunes
Consuntivos	Abastecimiento urbano, riego agrícola, ganadería, industria, minería.
No consuntivos	Generación hidroeléctrica, recreación.

- **Usos consuntivos**: aquellos en los que el agua es extraída y consumida, es decir, no retorna en su totalidad al sistema hídrico puesto que una parte se consume por evapotranspiración o incorporación a los productos. La parte no consumida retorna, bien de forma directa como vertido o de forma indirecta como infiltraciones, perdidas, etc.
- **Usos no consuntivos**: aquellos donde la extracción es semejante al retorno en los que el agua es utilizada sin una reducción significativa de su volumen o calidad. El ejemplo típico de uso no consuntivo es el de la generación de energía en centrales hidroeléctricas; sin embargo, en ciertas circunstancias la evaporación asociada a estas instalaciones, por evaporación desde embalses, por ejemplo, dista de resultar despreciable.

Para organizar la información de manera sistemática, se sugiere clasificar los usos del agua de acuerdo con varios criterios complementarios:

- **Por sector económico**: primario (agricultura, ganadería, pesca), secundario (industria, minería), terciario (servicios, turismo, recreación), al objeto de poder relacionarlos con datos de producción.
- **Por fuente de agua**: aguas superficiales, subterráneas, reutilizadas o desalinizadas.
- **Por intensidad del uso**: estacional (ej. agricultura de temporada) o permanente (ej. abastecimiento urbano).
- **Por localización geográfica**: áreas urbanas, rurales, zonas críticas de disponibilidad o zonas protegidas.
- **Por tipo de usuario**: individual (doméstico), colectivo (comunidades de regantes), institucional (municipalidades, empresas públicas), privado (industrias, agricultores, operadores turísticos).

Paso 3: Caracterización de los usos

La caracterización de los usos debe incluir los siguientes aspectos fundamentales:

a) Marco normativo

- Revisión de legislación nacional y local aplicable a los distintos tipos de uso del agua identificados.
- Derechos de uso y concesiones, prioridades establecidas por ley, requisitos con respecto al caudal ecológico y, en su caso, límites o condiciones de extracción por zona o cuenca.

b) Calidad del agua requerida

- Determinación de la calidad mínima exigida para cada tipo de uso (potable, agrícola, industrial, recreativo). La calidad requerida condiciona el **tratamiento previo o posterior** al uso (por ejemplo, agua potable para consumo humano frente a agua salobre para riego). Este aspecto permite vincular el análisis de usos con la evaluación de la calidad del recurso disponible en la cuenca. **Requisitos de calidad de agua para tender a las demandas**.

c) Grandes magnitudes de utilización y demanda

- **Volumen autorizado o concesionado**: volumen anual de agua autorizado legalmente para un uso determinado.

- **Volumen utilizado**: estimación del volumen real consumido o utilizado en el año, que puede diferir del volumen concesionado por diversas razones (ineficiencias, subutilización, captaciones ilegales).
- **Volumen retornado**: estimación del volumen anual que regresa al sistema (total o parcial, tratado o no). Esto permite analizar consumos netos y balances hídricos.

d) Información socioeconómica

- Población atendida y alcance de las redes urbanas. Actividades productoras vinculadas a las redes urbanas (industria, comercio, turismo). Valor añadido del agua utilizada a través de las redes urbanas en términos de producción y empleo.
- Papel de la industria no conectada a las redes urbanas, diferenciando los sectores que puedan tratarse individualmente según las situaciones de cada región, por ejemplo, el sector energético.
- Estudio del agua en el sector agropecuario. Producciones en secano y en regadío, dimensión de la cabaña ganadera.
- Cualquier otra información que, de acuerdo con los tipos de uso identificados, permita reconocer su importancia objetiva en el marco del país o del ámbito territorial del plan.

e**) Problemática asociada al uso**: Para cada tipo de uso se deberán explicar los principales problemas a afrontar en el ámbito del plan hidrológico; problemas que razonablemente se pueda esperar resolver mediante la planificación GIRH.

- Problemas de cantidad y de regulación de caudales
- Problemas de calidad
- Problemas de compatibilidad de usos
- Otros problemas.

d) Localización geográfica

- Inventario georreferenciado de puntos de captación (presas, pozos, tomas superficiales), zonas regadas, instalaciones industriales, etc.
- Mapas temáticos o bases de datos espaciales que permitan representar la distribución de los usos.

e) Infraestructuras de captación y distribución

- Tipología de captaciones: presas, galerías, pozos, tomas directas de ríos.
- Sistemas de conducción: canales, tuberías, acequias.
- Infraestructura asociada: estaciones de bombeo, tanques, plantas de tratamiento, redes de distribución.

f) Temporalidad del uso

- Estacionalidad: ciclos mensuales o estacionales de uso (ej. cultivos de temporada, turismo en periodos determinados).
- Variaciones por tipo de actividad: (ej. uso industrial con turnos, recreación de fin de semana).
- Eventos extremos (ej. reducción por sequía, aumento por ola de calor).
- Políticas o restricciones (por ejemplo, cortes programados o campañas de ahorro).

Tarea 2: Distribución espacial de las demandas

La distribución espacial de las demandas es crítica en planificación hidrológica porque condiciona directamente la eficiencia, sostenibilidad y equidad en la gestión del agua. Su análisis permite identificar conflictos, optimizar infraestructuras, evaluar impactos locales y definir medidas específicas.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación de zonas críticas y patrones de distribución

El análisis de las demandas debe partir de una lectura territorial precisa que permita localizar las zonas con mayor presión sobre los recursos, identificar incompatibilidades entre oferta y demanda, y reconocer patrones espaciales que condicionen la gestión del agua. Esta caracterización espacial constituye la base estructural sobre la que se apoyarán los balances y la asignación de recursos.

Para ello, se requiere:

- Obtener cartografías de usos del suelo, de captaciones, retornos, concesiones y población.
- Superponer mapas de demanda con mapas de disponibilidad hídrica.
- Identificar zonas críticas con sobreexplotación, conflictos de uso o estrés hídrico estructural.

Paso 2: Delimitación operativa de unidades de demanda

Con el sistema espacial ya caracterizado, es necesario contar con una forma operativa de representar y modelar las demandas dentro de los balances hídricos y esquemas del plan. Para ello, **se pueden definir unidades de demanda,** entendidas como agrupaciones homogéneas de aprovechamientos del agua del mismo tipo de uso que comparten características funcionales y que pueden ser representadas de forma simplificada, sin perder coherencia con la realidad territorial.

Para realizar este paso, es necesario agrupar captaciones por tipo de uso (urbano, agrícola, industrial, etc.) y por similitud en su fuente de suministro, estacionalidad y punto de retorno.

Cada unidad de demanda debe estar georreferenciada, vinculada explícitamente a sus fuentes de recurso (ríos, acuíferos, embalses) y a sus vertidos o retornos.

Descripción metodológica:

Creación de unidades de demanda

1. **Mapeo de fuentes de suministro**: Identificar, georreferenciar las fuentes de agua disponibles en la cuenca (ríos, embalses, pozos, sistemas de riego).
2. **Identificación de usuarios**: Determinar los usuarios o sectores que dependen de cada fuente, considerando su ubicación y características de uso.
3. **Agrupación de usos homogéneos**: Clasificar los usos según su tipo y características similares, agrupándolos en zonas geográficas coherentes. Se recomienda clasificar las unidades de demanda en categorías diferencias según el tipo de uso, tales como: urbana, agrícola, industrial, o uso múltiple.
4. **Delimitación espacial**: Utilizar herramientas, como Sistemas de Información Geográfica (SIG), para trazar los límites de cada unidad de demanda, asegurando una representación suficientemente precisa y actualizada.

Importante:
A cada unidad de demanda se le deben asignar **atributos clave**, como:

- Nombre y código identificador.
- Tipo de uso predominante, entendiendo que por estar en este uso se le otorgan unas categorías especiales.
- Factor descriptivo de la magnitud de la demanda, según convenga. Por ejemplo: habitantes abastecidos para demandas las urbanas, superficies para las agrarias, potencia para las industriales…
- Caudal esperado anual y mensual, y caudal realmente utilizado.
- Fuente de suministro principal, es decir, punto de origen del agua destinada a atender la demanda.
- Infraestructura asociada, tales como conducciones, depósitos, estaciones de tratamiento...
- Factor de consumo, que permita estimar la cantidad que retornará al sistema tras la utilización.
- Puntos de vertidos o retorno.

Paso 3: Análisis de la estacionalidad de la demanda

Las demandas hídricas suelen presentar importantes variaciones mensuales o estacionales que deben considerarse para caracterizar adecuadamente los momentos de mayor y menor presión sobre el sistema. Este análisis permite identificar periodos críticos (como el estiaje) y evaluar la capacidad del sistema para atender las demandas reales en distintas épocas del año.

Para su realización, se requiere:

- Recopilar series temporales de consumo mensual por tipo de uso.
- Utilizar calendarios de cultivo y coeficientes de demanda estacional (Kc, litros/hab/día, etc.).
- Construir perfiles mensuales de demanda por unidad de demanda.
- Ajustar la demanda según factores locales como turismo, estacionalidad industrial o temperatura.

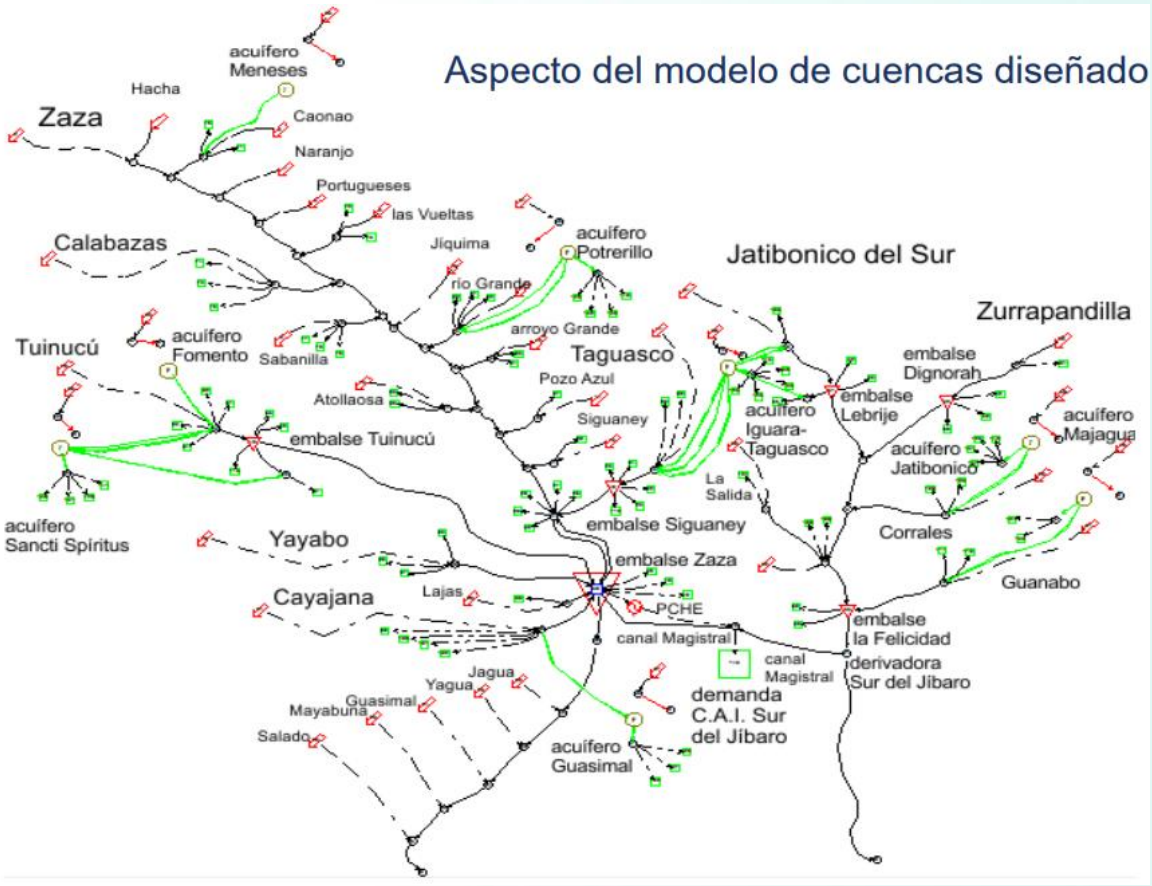
Paso 4: Incorporación de trayectorias de cambio climático

La incorporación de trayectorias de cambio climático permite anticipar alteraciones en los patrones de disponibilidad y demanda, fortaleciendo el enfoque preventivo y adaptativo del plan. Este análisis es especialmente relevante en regiones con alta variabilidad climática o donde ya se identifican impactos observables, al menos, sobre el régimen hidrológico.

Para integrarlo, se requiere:

- Seleccionar escenarios regionalizados basados en las trayectorias del IPCC AR6, combinando modelos con rutas socioeconómicas (e.g., SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5) o niveles de calentamiento global.
- Utilizar proyecciones regionalizadas de variables clave (temperatura, precipitación, evapotranspiración, caudales) obtenidas a partir de modelos climáticos globales y su escalamiento regional (ej., CORDEX-LAC).
- Analizar la sensibilidad de los distintos tipos de demanda (agrícola, urbano, ambiental) frente a las condiciones proyectadas, considerando cambios en necesidades de riego, consumo humano o evaporación en embalses.
- Ajustar las curvas de estacionalidad y los volúmenes anuales previstos por unidad de demanda en función de los escenarios climáticos seleccionados.
- Incluir los resultados en los balances prospectivos, diferenciando horizontes temporales (por ejemplo, 2030–2050 y 2050–2100) y cuantificando incertidumbres asociadas.

El análisis espacial y temporal debe materializarse en una representación coherente del sistema de explotación, que conecte visualmente las unidades de demanda, las fuentes de recurso, las infraestructuras hidráulicas, los retornos y demás elementos relevantes. Esta esquematización constituye el soporte gráfico y funcional de los balances y del conjunto del plan hidrológico. A continuación, se muestra un ejemplo de dicha esquematización, en la siguiente figura de modelización para mejorar la calidad ambiental y la gestión integral de los recursos hídricos en dos cuencas fluviales de la región central de Cuba.



Tarea 3: Estimación de la demanda de agua

Se recomienda que el cálculo de la demanda se realice **mes a mes** con idea de definir un año tipo que pueda cubrir las necesidades de los usos, y que pueda ser trasladado a la caracterización de unidades de demanda para su posterior modelización en los balances.

Resultará imprescindible documentar, para cada unidad de demanda, los atributos clave antes indicados.

La estimación de la demanda de agua consiste en calcular los caudales mensuales requeridos por cada tipo de uso (urbano, agrario, industrial, ambiental (si aplica), utilizando métodos directos, indirectos o modelos, según la disponibilidad de datos. En esta etapa, el objetivo es estimar los volúmenes actuales de consumo por tipo de uso y unidad de demanda, sin considerar aún su distribución temporal.

1. Método	2. Requiere datos históricos	3. Requiere modelación	4. Adecuado para...
5. Consumo histórico real	6. ✅ Sí	7. ❌ No	8. Áreas urbanas con medidores
9. Coeficientes técnicos	10. ❌ No	11. ❌ No	12. Uso industrial, agrícola
13. Modelos de simulación	14. ❌ No	15. ✅ Sí	16. Proyecciones agrícolas, urbanas
17. Estimaciones participativas	18. ❌ No	19. ❌ No	20. Contextos sin datos

Importante:
La estimación se debe expresar en unidades compatibles con los balances hídricos del plan, pudiendo utilizarse m³/día para demandas puntuales o m³/mes para planificación general. La suma de las demandas sectoriales permite conocer la presión total sobre los recursos disponibles por unidad de demanda y por cuenca.

Demandas urbanas

La demanda de agua urbana depende de varios factores determinantes, entre los que destacan la población y sus hábitos culturales, el tipo de vivienda, las industrias y servicios conectados y los planes de crecimiento urbano. La demanda urbana, según se haya definido, puede incluir el consumo doméstico, no doméstico (comercial e industrial), los servicios (baldeo de calles, riego de zonas ajardinadas y otros) así como las pérdidas en el sistema de distribución, que en algunos casos llegan a ser muy significativas.

Considerando todo ello, las dotaciones medias en Latinoamérica varían entre países, por ello, con carácter meramente indicativo pueden considerarse los valores que se indican en la siguiente tabla:

País	Dotación (l/hab/día)	Observaciones	Fuente
Argentina	250-300	Valor para grandes ciudades. En zonas rurales cae hasta 100 l/hab/día.	ENOHSA
Bolivia	80-200	Mayores dotaciones en grandes ciudades	
Brasil	150-200	Promedio nacional 155 l/hab/día.	Sistema Nacional de Información sobre Saneamiento
Chile	120-200	Santiago: 180 l/hab/día	Norma NCh 819 y estudios DGA.
Colombia	100-300	Bogotá: aprox. 170 l/hab/día	RAS 2000
Costa Rica	150-250		Instituto Costarricense de Acueductos
Ecuador	120-220	En zonas rurales menos de 100 l/hab/día. Quito: 160-180 l/hab/día	
El Salvador	100-200		ANDA
España	180-340	Dotación suministrada a efectos de cálculo de la demanda	Instrucción de Planificación Hidrológica
Guatemala	100-180	Valores estimados en planificación urbana	SEGEPLAN
Honduras	100-180		
México	150-300		Normativa - CONAGUA
Nicaragua	100-150	120-130 l/hab/día en zonas urbanas	ENECAL
Panamá	200-300	Ciudad de Panamá: aprox. 250 l/hab/día	
Paraguay	150-200		
Perú	120-250	Lima: 170-220.	SEDAPAL
Portugal	150-200	Incluye pérdidas	ERSAR
República Dominicana	150-250	Santo Domingo: 180 l/hab/día	INAPA
Uruguay	180-250	Promedio ciudades, aprox: 220 l/hab/día	
Venezuela	200-300	Con deficiencias en suministro.	

Independientemente de estos valores de referencia, puede afrontarse un cálculo específico, para ello se sugiere un procedimiento que se estructura en cinco pasos:

Descripción Metodológica:

A falta de la estimación que pueda proporcionar la autoridad competente se podría usar la metodología propuesta.

Paso 1: Estimar la población urbana; Población urbana permanente y estacional y su crecimiento

- **Población permanente**: Número de personas que residen de manera constante en una ciudad o municipio. Se recomienda utilizar cifras actualizadas de censos nacionales, registros o padrones municipales y estimaciones basadas en el crecimiento poblacional para los horizontes temporales futuros.
- **Población estacional**: En zonas turísticas o agrícolas, la población puede variar a lo largo del año según la temporada. Es necesario estimar cuántas personas adicionales se encuentran en la ciudad en ciertos períodos del año, pudiendo utilizar para ello factores de multiplicación basados en estadísticas históricas de movilidad, número de plazas hoteleras, segundas residencias…
- **Crecimiento de la población**: En el ámbito de la CODIA las ciudades experimentan un crecimiento urbano acelerado, en parte de naturaleza interna (crecimiento vegetativo) y en parte a costa de las zonas rurales que pueden ver mermada su población. Por ello no sorprende que San Pablo, Ciudad de México o Buenos Aires se encuentren entre las 20 cuidades más pobladas del planeta. Es importante estimar cómo se evolucionará la población en los próximos años. Esto ayudará a calcular la demanda de agua en el futuro y a planificar la infraestructura necesaria. En este sentido hay que tener en cuenta los planes urbanísticos y de expansión de la ciudad, como nuevos desarrollos residenciales, industriales o comerciales, ya que aumentan la demanda de agua. Se trata de un dato proyectado que estima el crecimiento de la población, por lo que un método para su cálculo puede ser el uso de la tasa de crecimiento anual media histórica (r). A tal efecto se podría usar la siguiente fórmula:

$$Pt=P0\times(1+r)^t$$

Donde:

- *Pt = población proyectada t años más allá del actual.*
- *P0 = población actual.*
- *r= tasa de crecimiento anual (obtenida de proyecciones demográficas).*
- *t = número de años en el futuro.*

Paso 2: Estimar consumo doméstico

Para estimar el consumo doméstico es indispensable determinar los tipos de vivienda y dotaciones hídricas:

- **Tipos de vivienda**: Diferenciar entre viviendas principales (residencia habitual) y secundarias (ocupadas en ciertas épocas del año).
- **Consumo por persona**: Determinar el consumo medio de agua por habitante al día (Cp), el cual puede variar según el nivel de desarrollo del área y los hábitos de consumo. Este valor se puede obtener de normativas locales o estudios de consumo anteriores.
- **Consumo total doméstico**: Se calcula multiplicando el consumo por persona por la población.

Se podría usar la siguiente fórmula:

$$D_{dom}=P\times C_p$$

Donde:

- *D_{dom}= Demanda total doméstica (m^3/día).*
- *P = Población total (permanente y estacional).*
- *C_p = Consumo promedio per cápita (m^3/persona/día).*

Paso 3: Estimación de demanda No doméstica (comercial e industrial)

Para estimar la demanda **No** domestica es necesario calcular la población equivalente industrial y sumar el consumo de agua de las industrias conectadas. Para ello es necesario la:

- **Identificación de sectores**: Identificar los principales sectores que requieren agua, tales como la industria, comercio y servicios.
- **Población equivalente (P.E.):** Calcular la población equivalente para cada sector utilizando el siguiente enfoque:

$$P.E.=C_p/Ds_{ector}$$

Donde:

  - Ds_{ector} = Demanda de agua del sector industrial o comercial.
  - C_p = Consumo promedio per cápita.

Importante:
Además del consumo doméstico y comercial, debe considerarse el consumo institucional, correspondiente a instalaciones como escuelas, hospitales, oficinas públicas y centros deportivos; servicios de limpieza y baldeo de calles, riego de zonas ajardinadas, etc, lo que puede tener un peso considerable en ciudades grandes o zonas administrativas. Este tipo de consumo, aunque muchas veces se agrupa con el sector público, tiene características propias que conviene estimar por separado cuando los datos lo permiten.

Paso 4: Análisis las pérdidas en el sistema de distribución

Es necesario tener en cuenta las pérdidas en el sistema de distribución y ajustar la demanda de acuerdo con la eficiencia del sistema. La comparación entre el caudal servido y el finalmente vertido después de su utilización puede ayudar a evaluar estas pérdidas. A tal efecto, se puede diferenciar entre:

- Pérdidas técnicas: Se refiere a las fugas debido a defectos en la infraestructura (tuberías rotas, envejecimiento de la red). Se puede estimar como un porcentaje del volumen total de agua distribuido.
- Pérdidas no técnicas: Incluyen fraudes, errores de medición o usos no registrados. Se deben estimar con base en estudios de eficiencia histórica de la red.
- Estimación de pérdidas total: Considerar un porcentaje de pérdida estándar para el área o ciudad en estudio, que generalmente variará dependiendo de la eficiencia de la red.

Paso 5: Ajuste de la demanda con perdidas

La demanda deberá ajustarse sumando las pérdidas al volumen neto calculado. Para ello se puede recurrir a la siguiente formula:

Demanda ajustada: La demanda ajustada por pérdidas es:

$$\mathbf{D_{ajustada}=D_{total}\times(1+Perdida\%)}$$

Recomendación:
En ausencia de información

- Usar rangos de dotación (ej. 100–200 L/hab/día según tipología)
- Estimar población con censos y tasas de crecimiento locales
- Aplicar coeficientes de pérdidas del sistema tipo (20%–50%)

Demanda agraria

El proceso de estimación de la demanda agraria se divide en varias etapas, cada una con metodologías específicas que permiten obtener resultados precisos y aplicables en planificación. A falta de la estimación que pueda proporcionar la autoridad competente se podría usar la metodología seguidamente propuesta.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación de cultivos y superficies cultivadas

El primer paso para estimar la demanda hídrica agraria es identificar qué cultivos se siembran en la cuenca y cuánta superficie ocupan. Esta información es clave, ya que cada tipo de cultivo tiene diferentes requerimientos de agua dependiendo de su ciclo de crecimiento, su eficiencia en la captación del agua y las condiciones climáticas de la zona. Para llevar a cabo esta tarea, se pueden utilizar diversas fuentes de información:

- **Registros oficiales:** Los ministerios de agricultura, los censos agropecuarios y las asociaciones de agricultores suelen disponer de datos actualizados sobre los cultivos predominantes en una región y su extensión.
- **Imágenes satelitales y cartografía:** Herramientas de observación remota, como Landsat, MODIS u otros, permiten identificar el uso del suelo a partir de firmas espectrales que diferencian entre usos del suelo, cultivos, áreas forestales y otros usos.
- **Trabajo de campo y encuestas:** Las visitas a la zona de estudio y las entrevistas con agricultores pueden complementar la información documental y ayudar a detectar cultivos emergentes o prácticas de riego que no están registradas oficialmente.

Con estos datos, se pueden generar mapas de uso agrícola del suelo mediante **Sistemas de Información Geográfica (SIG)**, lo que permitirá visualizar la distribución espacial de la agricultura en la cuenca.

Paso 2: Determinación de los requerimientos hídricos de los cultivos

Una vez identificados los cultivos y su extensión, el siguiente paso es calcular cuánta agua necesitan para su desarrollo. La demanda hídrica de un cultivo se determina en función de su **evapotranspiración (ETc)**, que es la cantidad de agua que se consume por incorporación en el producto, evaporación del suelo y transpiración de las plantas. Las autoridades agrarias, nacionales o regionales, pueden tener estimaciones específicas de estas necesidades hídricas, que lógicamente deberán ser tenidas en cuenta en el plan hidrológico. A falta de esta información de referencia, será preciso realizar su estimación.

Para estimar la evapotranspiración del cultivo, puede seguirse un procedimiento estándar basado en dos variables principales:

1. **Evapotranspiración de referencia (ET_0):** Se calcula utilizando, por ejemplo, la ecuación de **Penman-Monteith**, (📘 Guía metodológica 3) que considera factores climáticos como temperatura, humedad, radiación solar y velocidad del viento. Esta información se obtiene de estaciones meteorológicas o bases de datos climáticas como FAO CLIMWAT.
2. **Coeficiente del cultivo (Kc):** Cada cultivo tiene un coeficiente específico que varía según su etapa de crecimiento. Multiplicando ET_0 por el coeficiente Kc correspondiente, se obtiene la evapotranspiración real del cultivo (**ETc**).

Importante:

En zonas donde exista precipitación significativa durante el ciclo del cultivo, debe estimarse la precipitación efectiva (Pef), es decir, la parte de la lluvia que realmente es aprovechada por el cultivo para su desarrollo. Esta se resta a la evapotranspiración estimada para obtener la demanda neta real del cultivo:

$$ETn = ETc - Pef$$

Donde:

- ETn = Evapotranspiración neta (m³/día o mm/día).
- ETc = Evapotranspiración del cultivo.
- Pef = Precipitación efectiva.

Esta corrección es especialmente relevante en regiones donde las lluvias aportan un volumen sustancial durante el ciclo de cultivo, reduciendo así la necesidad de riego artificial. Así, las necesidades hídricas netas pueden calcularse para una determinada probabilidad de precipitación efectiva que, por ejemplo, cubra necesidades en el 80% de los años.

Paso 3: Cálculo de la demanda bruta de riego

No toda el agua aplicada a los cultivos es utilizada eficientemente por las plantas. Parte del recurso **se pierde** por escorrentía, evaporación o percolación profunda. La eficiencia del sistema de riego influye directamente en la cantidad de agua que realmente debe extraerse de la fuente para satisfacer la demanda agrícola. Esta eficiencia global del sistema se distribuye clásicamente en tres categorías o factores: eficiencia en el transporte, eficiencia en la distribución y eficiencia de aplicación.

La eficiencia de transporte se refiere a las pérdidas que ocurren durante el traslado del agua desde la fuente (río, embalse, pozo, canal principal) hasta el punto de entrada al sistema de distribución parcelaria. Estas pérdidas pueden deberse a filtraciones en canales, evaporación en cauces abiertos, fallas estructurales o manejos inadecuados del sistema principal.

- Valores típicos (**Manual FAO 56, 1998**: *Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*):
  - Canales de tierra sin revestimiento: 60–80%
  - Canales revestidos o tuberías cerradas: 90–98%

En contextos rurales con infraestructura deteriorada, estos valores pueden descender significativamente.

La eficiencia de distribución considera las pérdidas entre el sistema de transporte y los puntos de entrega a nivel de parcela o lote agrícola. Aquí se incluyen fugas en redes secundarias, maniobras incorrectas, tiempos de respuesta lentos o mal dimensionamiento de las redes de reparto.

- Valores típicos (**Manual FAO 56, 1998**: *Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*):
  - Redes secundarias abiertas: 70–85%
  - Redes presurizadas o modernizadas: 85–95%

En cuanto a la aplicación, este parámetro representa la fracción del agua que, una vez en la parcela, es efectivamente aprovechada por el cultivo. Depende del tipo de sistema de riego instalado y de su manejo.

Algunos valores de eficiencia de aplicación típicos de los sistemas de riego son (**Guía metodológica 1**):

- **Riego por gravedad:** 40-60%
- **Riego por aspersión:** 60-80%

- **Riego por goteo:** 90-95%

Para ajustar la demanda de riego considerando estas pérdidas, se usa la fórmula:

$$D_{b=} ETc/ E_r$$

Donde:

- **D_b** = Demanda bruta de riego (m³/día).
- **Er** = Eficiencia del riego (porcentual).

Recomendación:

En ausencia de información

- Usar imágenes satelitales para estimar superficies.
- Aplicar dotaciones por cultivo (m³/ha/año).
- Validar con agricultores o técnicos locales.

Demanda ganadera

La demanda ganadera representa el volumen de agua requerido para el consumo directo de los animales (abrevadero), la limpieza de las instalaciones (granjas) y otros servicios asociados.

A falta de la estimación que pueda proporcionar la autoridad competente se podría usar la metodología propuesta, con un enfoque por pasos basado en el **número de cabezas de ganado por categoría productiva**, multiplicado por **coeficientes de consumo promedio diario** y ajustado por **condiciones climáticas y manejo**.

Paso 1: Identificación de las categorías ganaderas

Para cada unidad se deben identificar las principales especies y categorías productivas relevantes obtenidas de censos agropecuarios, registros oficiales del sector ganadero, encuestas productivas locales.:

- **Bovinos**: leche, carne, doble propósito.
- **Porcinos**: crianza, engorde.
- **Ovinos y caprinos**.
- **Avícola**: pollos de engorde, gallinas ponedoras, otras aves.
- **Cunícola**: conejos de cría y asimilados.
- **Equinos, búfalos u otros** (si aplican localmente).

Paso 2: Determinación de la población ganadera por unidades de análisis

Debe establecerse la cantidad de animales por especie y categoría, por unidad espacial (cuenca, municipio, distrito de riego, etc.).

- En contextos sin datos detallados, se puede estimar por densidad ganadera (cabezas/km²) y superficie ganadera identificada en cartografía de uso del suelo.
- En zonas extensivas, se pueden usar relaciones típicas de carga ganadera: ha/UGG (unidad ganadera grande).

Paso 3: Aplicación de coeficientes de consumo de agua

Multiplicar el número de animales por coeficientes estándar de consumo medio diario (litros/animal/día), ajustado por tipo de explotación (intensiva/extensiva) y condiciones climáticas (templado/cálido/árido).

21.	Categoría	22. Rango típico de consumo (L/día)	23. Observaciones
24.	Bovino de leche	25. 60–120	26. Según producción y temperatura

21.	Categoría	22. Rango típico de consumo (L/día)	23.	Observaciones
27.	Bovino de carne	28.	40–70	29. En pastoreo, menor extremo
30.	Porcino (engorde)	31.	10–20	32. Depende de edad/peso
33.	Ovino/Caprino	34.	3–8	35. Mayor en clima seco
36.	Aves (pollos/ponedoras)	37.	0,2–0,4	38. Por cabeza
39.	Equino	40.	30–45	41. Intensivo o trabajo

FAO (2011), CONAGUA (2015), estudios de SENASA (Argentina), INTA, EMBRAPA, ICA (Colombia).

Paso 4: Cálculo del volumen anual y mensual de demanda ganadera

El volumen total por especie se calcula como:

$$\text{Demanda anual o mensual } (m^3) = N \times C \times D \div 1000$$

Donde:

- **N** = número de animales
- **C** = consumo medio diario (L/día)
- **D** = días de permanencia en el sistema (normalmente 365, o 30 para estimaciones mensuales)
- **1000** = factor de conversión a m^3

Demanda industrial

El cálculo de la demanda industrial requiere una aproximación flexible en función de la información disponible. En contextos donde no existen datos reportados, se recomienda una metodología por pasos basada en la combinación de fuentes secundarias, clasificación industrial y aplicación de coeficientes técnicos de consumo. No obstante, el uso del agua en el sector energético suele responder a necesidades específicas según las características de las instalaciones. En sectores críticos, como la generación de energía térmica, se requiere un tratamiento específico debido a su volumen y tipología de uso del agua.

A falta de la estimación que pueda proporcionar la autoridad competente se podría usar la metodología propuesta seguidamente:

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación y caracterización de la industria en la cuenca

El primer paso es identificar las industrias presentes en la cuenca y clasificar su actividad productiva. Este análisis permite definir los tipos de procesos que consumen agua y las fuentes de abastecimiento utilizadas (aguas superficiales, subterráneas o redes públicas). Para ello, se pueden utilizar diversas fuentes de información:

- **Registros oficiales:** Datos de ministerios de industria, registros de concesiones de agua, catastros industriales y censos económicos.
- **Informes de entidades ambientales:** Estudios de impacto ambiental y auditorías hídricas de las empresas.
- **Trabajo de campo y encuestas:** Visitas a las industrias y entrevistas con operadores para obtener información detallada sobre su consumo de agua y estrategias de eficiencia hídrica.

También deberá preverse la previsible evolución del sector industrial para estimar su demanda en los distintos horizontes temporales de planificación. Una vez recopilada esta información, se pueden clasificar las industrias según su consumo de agua en tres categorías principales:

1. **Industrias de bajo consumo**: Usan agua principalmente para servicios generales (oficinas, refrigeración, limpieza). Ejemplos: fábricas de productos electrónicos, ensamblaje de vehículos.
2. **Industrias de consumo moderado:** Usan agua en procesos productivos, pero con posibilidades de recirculación y reutilización. Ejemplos: industria textil, manufactura de alimentos.

3. **Industrias de alto consumo:** Requieren grandes volúmenes de agua y generan efluentes significativos. Ejemplos: minería, refinamiento de petróleo, siderurgia, papelera.

Con esta clasificación, se puede generar un mapa de distribución industrial en la cuenca utilizando **Sistemas de Información Geográfica (SIG)** para visualizar zonas de alta demanda.

Paso 2: Determinación del consumo específico por tipo de industria

El siguiente paso es cuantificar la demanda de agua de cada industria. Idealmente, esto puede estimarse a partir de registro de datos reales de utilización y consumo de agua por tipo de industria. A falta de esta información, se puede trabajar con **coeficientes de consumo** unitario obtenidos de fuentes bibliográficas, que representan el volumen de agua requerido por unidad de producción o por empleado. Estos coeficientes pueden obtenerse de:

- **Normativas internacionales:** Datos de la FAO, la OMS o estudios de la OCDE sobre eficiencia en el uso del agua en la industria.
- **Estudios nacionales y sectoriales:** Informes de ministerios de industria o medio ambiente.
- **Registros de consumo reportados por las industrias:** Información directa de facturación de agua o auditorías hídricas.

Para calcular el consumo total de una industria, se multiplica el coeficiente de consumo por la cantidad de producción:

$$Di=Ci\times Pi$$

Donde:

- Di = Demanda de agua de la industria (m^3/día o m^3/año).
- Ci = Coeficiente de consumo específico (m^3/unidad de producción).
- Pi = Producción total (unidades/año o toneladas/año).

A falta de mejor información, y siempre teniendo en cuenta la especificidad de cada caso, pueden tomarse como referencia o estimación indicativa los valores de dotación que se indican en la siguiente tabla (Fuente: Instrucción de Planificación Hidrológica – España, levemente modificado):

Subsector industrial	m^3/empleado/año	m^3/1.000 $ VAB (año 2000)
Alimentación, bebidas y tabaco	470	13,3
Textil, confección, cuero y calzado	330	22,8
Madera y corcho	66	2,6
Papel, edición y artes gráficas	687	21,4
Industria química	1.257	19,2
Caucho y plástico	173	4,9
Otros productos minerales no metálicos	95	2,3
Metalurgia y productos metálicos	563	16,5
Maquinaria y equipo mecánico	33	1,6
Equipo eléctrico, electrónico y óptico	34	0,6
Fabricación de material de transporte	95	2,1
Industrias manufactureras diversas	192	8,0

Las industrias del **sector energético térmico** requieren un enfoque separado, dado que el agua se utiliza como fluido de refrigeración, medio de intercambio térmico o vapor. El volumen depende del tipo de circuito (abierto o cerrado) y la tecnología empleada. A falta de estimaciones propias se pueden emplear las mostradas en la siguiente tabla, cuyos datos también proceden de la Instrucción española antes citada:

Combustible	Hm^3/año/100 MW	
	Circuito cerrado	Circuito abierto
Nuclear	3,2-3,8	165-190
Ciclo combinado	1,2-1,5	60-100
Carbón o fuel	2,3-2,8	90-125
Termosolares	1,6-2,0	---
Fotovoltaica	---	---

Importante:

- Para cada planta se debe conocer la **potencia neta instalada** y el tipo de circuito.
- Si no se conoce la potencia, puede estimarse a partir de los balances energéticos nacionales (kWh producidos) y factores típicos de consumo por GWh.
- En circuitos abiertos, gran parte del agua es retornada al medio, aunque con impacto térmico. Solo se considerará como **demanda neta** la fracción no retornada, especialmente la perdida por evaporación, si se dispone del dato.
- En industrias con recirculación interna o sistemas cerrados, debe diferenciarse entre el volumen de agua captado y el volumen efectivamente consumido, considerando las tasas de reutilización o tratamiento interno. Esta distinción permite estimar de forma más precisa la presión real sobre las fuentes de agua y es especialmente relevante en sectores industriales con altos niveles de eficiencia o gestión avanzada del recurso.

Recomendación:

En ausencia de información

- Estimar con coeficientes medios (litros/unidad producida o empleados).
- Comparar con cuencas o polígonos industriales similares.

Demanda ambiental

La demanda ambiental representa el caudal de agua necesario para preservar la integridad de los ecosistemas acuáticos y sus funciones ecológicas esenciales. Incluye tanto el caudal ecológico mínimo que debe mantenerse en los cursos de agua como otros requerimientos asociados al mantenimiento de humedales, lagunas, zonas inundables y procesos naturales como la recarga de acuíferos o, en su caso, la dilución de contaminantes.

No se establece en esta etapa si su manejo será tratado como un uso o como una restricción previa, ya que dicha definición dependerá de criterios normativos, institucionales y de participación del proceso de planificación. En cuanto a los métodos de estimación recomendados, estos se encuentran ampliamente desarrollados en las tareas de definición de caudales ecológicos.

Tarea 4: Distribución temporal de las demandas

En los casos en que la estimación de las demandas de agua esté disponible únicamente como volumen **anual**, resulta imprescindible su **desagregación temporal** a una escala adecuada para su aplicación en el análisis de balances hídricos, evaluación de garantías o planificación operativa.

Esta transformación desde la serie de datos anuales en una **serie temporal mensual** (o, en su caso, estacional o diaria) permite representar de forma más realista el comportamiento del uso del agua a lo largo del año, atendiendo a su estacionalidad y a la correspondencia con la disponibilidad del recurso.

Para el análisis de la distribución espacial de la demanda, deben seguirse los siguientes pasos.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Establecer perfiles temporales de consumo por tipo de uso

Asignar un **patrón de distribución temporal** a cada uso del agua, con base en datos históricos o perfiles tipo.

42.	Tipo de uso	43.	Perfil de distribución temporal
44.	Riego agrícola	45.	Alta demanda en temporada de cultivo
46.	Abastecimiento urbano	47.	Relativamente constante, con variaciones en periodos vacacionales o fines de semana según los movimientos de la población
48.	Turismo	49.	Picos en temporada alta
50.	Industria	51.	Constante o ligado al ciclo productivo

Recomendación:

- Los perfiles temporales pueden derivarse de datos históricos reales (si existen registros de consumo), de curvas promedio del sector, o construirse utilizando información climatológica que permita inferir la estacionalidad del uso (temperatura, lluvia, duración del ciclo productivo, etc.).
- En contextos con limitada información, la construcción de perfiles temporales debe realizarse con cautela y, cuando sea posible, validarse mediante entrevistas con usuarios, técnicos locales o entidades responsables de cada tipo de uso. Esto permite ajustar los perfiles teóricos a las condiciones reales del territorio.

Paso 2: Aplicar el perfil a la demanda anual

Distribuir el volumen total anual estimado por uso y unidad de demanda conforme al perfil definido. Se puede expresar como:

Demanda mensual estimada=Demanda anual×Porcentaje mensual del perfil

Ejemplo (para uso agrícola):

52.	Mes	53.	% del total anual	54.	Volumen mensual estimado (hm³)
55.	Enero	56.	5%	57.	0.25
58.	Febrero	59.	10%	60.	0.50
61.	(resto de meses)	62.		63.	
64.	**Total**	**65.**	**100%**	**66.**	**5.00**

Paso 3: Ajustes por condiciones climáticas o productivas

Incorporar variaciones interanuales si se tienen datos de:

- Años secos o húmedos.
- Campañas agrícolas atípicas.
- Eventos climáticos extremos.

Tarea 5: Garantía de las demandas

En un plan hidrológico, la **garantía de las demandas** se define como el grado de seguridad con que cada uso del agua recibirá los volúmenes y caudales que necesita en las condiciones, plazos requeridos. Sin unos criterios técnicos de garantía claros no es posible:

- **Evaluar** los resultados de los balances oferta–demanda.
- **Distinguir** déficits estructurales ,asociados a la falta de recursos o de infraestructuras— de episodios de escasez coyuntural (sequías).
- **Priorizar** intervenciones: ampliaciones de capacidad, reducción de pérdidas, reasignaciones, restricciones temporales, etc.

Estos criterios se formulan identificando qué se considera **"fallo"** en el suministro y caracterizando cada fallo en **tres dimensiones**:

1. **Magnitud** (intensidad del déficit).
2. **Duración** (período sobre el que se acumula el déficit).
3. **Frecuencia o probabilidad** (con qué recurrencia puede aceptarse el fallo).

Paso 1: Selección de criterios por tipo de uso

Cada uso del agua, urbano, agrícola, industrial, ambiental, energético, recreativo, presenta requerimientos muy distintos de continuidad y regularidad:

- Para un hospital o una central térmica, una interrupción breve puede ser inaceptable.
- Para un área verde urbana, un riego diferido unos días puede no comprometer su función.

Por ello se parte de la **normativa nacional o regional** aplicable (leyes de aguas, reglamentos de planificación, normas de servicio) y, cuando ésta no fija explícitamente los niveles de garantía, se recurre a **referencias técnicas consolidadas** como las que se exponen en el siguiente cuadro:

67. Ejemplo Uso	68. Ejemplo de criterio de garantía habitualmente aplicado	69. Fuente técnica
70. **Abastecimiento urbano**	71. *Criterio IPH (España)* – Déficit mensual ≤ 10 % – Déficit acumulado en 10 años ≤ 8 %	72. Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008)
73. **Riego y otros usos agrarios**	74. *Criterio Utah-DWR / IPH* – Déficit anual ≤ 50 % – Déficit en 2 años consecutivos ≤ 75 % – Déficit en 10 años consecutivos ≤ 100 %	75. Directrices Utah DWR (1965); IPH-2008
76. **Ejemplo Latinoamérica (El Salvador)**	77. *Criterio de fiabilidad volumétrica* Abastecimiento: – ≥ 95 % de los meses sin déficit – Volumen servido ≥ 98 % de la demanda	78. PNGIRH

Recomendación:

Cuando un uso (p. ej. ganadero) está incluido dentro de una unidad de demanda mayor (agraria), los umbrales del criterio deben ajustarse para reflejar la sensibilidad real de ese sub-uso.

Paso 2: Parametrizar los criterios

Una vez elegido el criterio para cada uso, se asignan los **valores numéricos** que concretan los umbrales de aceptación.

En el caso IPH (urbano):

- **α** = 10 % → déficit máximo admisible en cualquier mes.
- **β** = 8 % → déficit máximo acumulado en 10 años.

En el caso Utah-DWR / IPH (agrario):

- **D** = 50 % (1 año), **E** = 75 % (2 años), **F** = 100 % (10 años).

La parametrización puede modificarse para reflejar políticas de seguridad más estrictas (p. ej. reducir D a 40 % en zonas de cultivo de alto valor) o más flexibles (p. ej. elevar F a 120 % en cultivos de secano extensivo).

Paso 3: Formular indicadores operativos

Para comprobar de forma **objetiva y repetible** el cumplimiento de los criterios sobre los resultados del balance hidrológico se definen indicadores **binarios** (cumple / no cumple).

1. **Indicadores para el criterio Utah-DWR / IPH (riegos)**

Calcular sobre la serie anual de resultados:

79.	Símbolo	80.	Definición	81.	Expresión
82.	I_1	83.	Déficit anual relativo máximo	84.	$I_1 = \max_a \frac{D_a}{Q_a} \times 100$
85.	I_2	86.	Déficit máximo en dos años consecutivos	87.	$I_2 = \max_a \frac{D_a + D_{a+1}}{Q_a + Q_{a+1}} \times 100$
88.	I_3	89.	Déficit máximo en diez años consecutivos	90.	$I_3 = \max_a \frac{\sum_{k=0}^{9} D_{a+k}}{\sum_{k=0}^{9} Q_{a+k}} \times 100$

Donde **Da** es el déficit de año **a y Qa** la demanda correspondiente. La demanda está garantizada si simultáneamente:

$$I_1 \leq D, I_2 \leq E \text{ y } I_3 \leq F.$$

2. **Indicadores para el criterio IPH (urbano)**

91.	Símbolo	92.	Definición	93.	Regla de aceptación
94.	I_4	95.	Déficit mensual relativo máximo	96.	$I_4 \leq 10$ \%
97.	I_5	98.	Déficit acumulado en diez años	99.	$I_5 \leq 8$ \%

Si **ambos** se cumplen, la demanda urbana se considera garantizada.

3. **Indicadores de "meses sin déficit" (ejemplo El Salvador)**

100.	Símbolo	101.	Definición	102.	Regla de aceptación
103.	I_6	104.	% de meses sin déficit	105.	$I_6 \geq 95$ %
106.	I_7	107.	% de volumen servido en la serie	108.	$I_7 \geq 98$ %

Paso 4: Verificación y formalización de la garantía de las demandas en el plan

Una vez parametrizados los criterios y calculados los indicadores, es imprescindible documentar su aplicación y consolidar los resultados dentro del propio Plan Hidrológico para garantizar trazabilidad y coherencia técnica.

1. **verificación operativa**

- **Ejecución del modelo de balance:** se simula la serie histórica y/o sintética seleccionada.
- **Cálculo de indicadores:** se obtienen los valores I1I_1I1_1…I7I_7I7 definidos en el Paso 3.
- **Contraste con los umbrales:** se determina para cada unidad de demanda la condición **cumple / no cumple**.
- **Registro de evidencia técnica:** tablas de cálculo, series temporales y scripts se archivan en el repositorio técnico del Plan.

2. Incorporación formal en el Plan Hidrológico

El documento del Plan deberá incluir explícitamente:

109.	Elemento	110.	Contenido mínimo
111.	**1. Matriz de criterios**	112.	Tabla que relacione cada tipo de uso con su criterio de garantía (Utah-DWR/IPH, fiabilidad volumétrica, etc.) y sus parámetros (α, β, D, E, F).
113.	**2. Definición de indicadores**	114.	Fórmulas y periodos de cómputo de I1I_1…InI_n.
115.	**3. Resultado de la verificación**	116.	Mapa y tabla “cumple / no cumple” por unidad de demanda, con referencia a los años/periodos de fallo.
117.	**4. Implicaciones de gestión**	118.	Medidas o restricciones propuestas allí donde la demanda no cumple.

Con esta secuencia, criterios adecuados por uso, parámetros explícitos, indicadores formulados y verificación sistemática, el plan hidrológico obtiene un **diagnóstico robusto y trazable** de la suficiencia del suministro, indispensable para priorizar inversiones y medidas de gestión.

Tarea 6: Proyecciones y escenarios futuros

Una vez estimadas las demandas actuales y su distribución temporal, conviene proyectar cómo evolucionarán estas demandas en el horizonte temporal del plan hidrológico, para el que se tratarán de alcanzar los objetivos de la planificación y, en especial, la asignación de los recursos. La metodología propuesta se estructura en **cuatro etapas principales**, con aplicación específica en los sectores urbano, agrícola e industrial.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Recopilación y análisis de datos históricos

Antes de proyectar la demanda futura, es necesario comprender el comportamiento histórico de los consumos de agua. La recopilación de estos datos permite identificar patrones de crecimiento y variabilidad en la demanda de agua. Para ello, convendrá recopilar datos de las siguientes fuentes:

- **Demanda Urbana**
  - Registros de consumo de agua potable: Datos históricos de empresas de agua y saneamiento.
  - Estadísticas demográficas: Censos de población y tasas de crecimiento urbano.
  - Patrones de consumo per cápita: Variaciones por nivel socioeconómico, densidad urbana y estacionalidad.
- **Demanda Agrícola**
  - Superficie cultivada y cultivos predominantes: Datos de ministerios de agricultura y organismos sectoriales.
  - Coeficientes de riego por cultivo: Información técnica sobre requerimientos hídricos de cada tipo de cultivo.
  - Eficiencia de riego: Evaluación de pérdidas en los sistemas de distribución y aplicación del agua.
- **Demanda Industrial**
  - Consumo de agua por sector industrial: Minería, manufactura, generación de energía, etc.
  - Tecnologías de producción y eficiencia hídrica: Impacto de nuevas tecnologías en el consumo.
  - Tendencias económicas y crecimiento industrial: Proyecciones de expansión de los sectores industriales.

Recomendación:

La calidad y fiabilidad de las proyecciones dependerán directamente del nivel de resolución temporal (mensual, anual) y espacial (por unidad de demanda, cuenca o región) de los datos disponibles, por lo que se recomienda una revisión crítica de las series históricas antes de su uso.

Paso 2: Identificación de factores de cambio y tendencias

Entre los factores de cambio generales hay que considerar el posible impacto de las políticas públicas a lo largo del ciclo de planificación. Además, hay otros factores que pueden influir en la evolución de la demanda hídrica en cada sector.

- **Factores de Cambio en la Demanda Urbana**
  - Crecimiento poblacional y migración urbana.
  - Cambios en el consumo *per cápita* debido a la urbanización y hábitos de vida.
  - Eficiencia en la red de distribución y reducción de pérdidas.
- **Factores de Cambio en la Demanda Agrícola**
  - Cambio en la superficie agrícola, en las tierras dedicadas a regadío y en los tipos de cultivos.
  - Tecnificación y eficiencia en los riegos.
  - Impacto del cambio climático en la disponibilidad de agua y en las necesidades de riego.
- **Factores de Cambio en la Demanda Industrial**
  - Expansión de zonas industriales y nuevas inversiones.
  - Eficiencia en procesos productivos y uso de tecnologías de reciclaje.
  - Regulaciones ambientales y restricciones en el uso del agua.

Una vez identificados estos factores, se pueden establecer relaciones cuantitativas que permitan proyectar la demanda futura.

Recomendación:

Algunos de estos factores pueden presentar una alta incertidumbre, por lo que se recomienda considerar rangos de variación o sensibilidad en las proyecciones, especialmente en lo relativo a cambio climático y eficiencia tecnológica, así como al impacto de las políticas públicas.

Paso 3: Desarrollo de modelos de proyección de la demanda

Existen diversas metodologías para proyectar la demanda futura de agua, dependiendo del sector y la disponibilidad de datos. A continuación, se presentan los enfoques más utilizados.

- **Modelos para la demanda urbana**
  - Proyección basada en crecimiento poblacional: Se emplea la ecuación:

$$Du(t)=P(t)\times C$$

Donde:

- Du(t)= Demanda urbana en el año futuro t.
- P(t)= Población proyectada en t.
- C= Consumo per cápita ajustado por eficiencia*(cambios esperados en eficiencia del uso del agua en el futuro. **Ajustado por eficiencia**: Implica que se incorporan posibles **reducciones del consumo** debido a:
  - Implementación de tecnologías más eficientes (grifos, inodoros, duchas, electrodomésticos).
  - Cambios en los hábitos de consumo (mayor conciencia del ahorro de agua).
  - Políticas de gestión de la demanda (tarifas, restricciones, educación).

- **Modelos para la demanda agrícola**

  - Modelo de balance hídrico en el suelo. (tarea inventario de los recursos hídricos).
  - Proyección según cambios en el uso del suelo: Se emplean modelos SIG para estimar la expansión o reducción de áreas agrícolas.
  - Modelos de simulación agro-hidrológica que permiten evaluar el cambio climático en la demanda de riego. AquaCrop (FAO).
- **Modelos para la demanda industrial**
  - Proyección por coeficientes sectoriales.
  - Modelos de eficiencia hídrica en la industria: Incorporan tendencias de reciclaje y reducción del consumo de agua en procesos industriales.
  - Modelos de demanda energética: Relacionan la demanda de agua con la expansión de la industria.

Paso 4: Construcción de escenarios de demanda futura

La última etapa consiste en la elaboración de escenarios para evaluar distintas trayectorias de crecimiento y su impacto en la gestión del agua. La construcción de escenarios no solo permite explorar trayectorias técnicas posibles, sino que también sirve como herramienta de apoyo en procesos participativos, facilitando la comprensión de riesgos y alternativas por parte de actores institucionales y sociales. Se pueden considerar, por ejemplo, los siguientes escenarios de referencia:

- **Escenario tendencial**
  - Se proyecta la demanda futura manteniendo las tasas históricas de crecimiento.
  - No considera mejoras en eficiencia ni cambios estructurales.
- **Escenario de alta demanda**
  - Considera un crecimiento acelerado de la población y la industria.
  - Supone un bajo nivel de eficiencia hídrica y altas pérdidas en distribución.
- **Escenario de eficiencia y conservación**
  - Introduce mejoras en eficiencia en los sectores urbano, agrícola e industrial.
  - Incorpora políticas de ahorro y reducción de desperdicios de agua.
- **Escenario de impacto climático**
  - Evalúa los efectos de la variabilidad climática en la demanda de agua.
  - Considera cambios en la precipitación y temperatura que afectan la disponibilidad del recurso.

Herramientas:

Estos escenarios se pueden modelar con distintas herramientas (📘 Guía metodológica 1) permitiendo visualizar los posibles impactos en la oferta y demanda de agua en la cuenca. Por ello, conviene limitar el número de escenarios y los horizontes temporales de cálculo para racionalizar el esfuerzo evitando que el trabajo cobre una excesiva dimensión.

Proyección de la oferta hidráulica

Además de proyectar la evolución de la demanda, es fundamental analizar cómo podría cambiar la oferta hídrica disponible como consecuencia del cambio climático, el cambio de uso del suelo, la presión sobre las fuentes y las posibles modificaciones del régimen hidrológico, en particular las posibles nuevas infraestructuras de regulación (embalses) y aprovechamiento (conducciones) u otras que afecten a la oferta de recursos y estén previstas en el programa de medidas a ese horizonte temporal. Esta metodología se encuentra parcialmente desarrollada en la tarea (Inventario recursos hídricos).

Este análisis debe integrarse con las proyecciones de demanda para evaluar los posibles desequilibrios futuros y orientar decisiones sobre regulación, protección de fuentes o reasignación del recurso.

Tarea 7: Validación, documentación y comunicación de resultados

Una vez finalizado el análisis de usos y demandas de agua, es fundamental realizar un proceso riguroso de **validación**, asegurar una adecuada **documentación del procedimiento seguido**, y diseñar estrategias eficaces de **comunicación** de los resultados a los actores clave y al público general.

Paso 1: Validación técnica y participativa

La validación tiene por objetivo verificar la solidez técnica del análisis y fortalecer la legitimidad social del mismo mediante la inclusión de actores relevantes en la evaluación de resultados.

a) Validación interna (técnica). Consiste en una revisión sistemática del análisis realizado, incluyendo:
- Coherencia entre los distintos sectores (urbano, agrícola, industrial, etc.).
- Verificación de cálculos de demandas y dotaciones.
- Consistencia entre escenarios de proyección y balances hídricos.

b) Validación externa (participativa). Implica someter los resultados preliminares a revisión por parte de los actores del territorio, como mecanismo de transparencia y mejora técnica. Se recomienda:
- Presentación de resultados a:
  - Organismos de gestión del agua.
  - Representantes sectoriales (agricultura, abastecimiento, industria, etc.).
  - Comunidades locales y organizaciones de base (usuarios).
- Métodos sugeridos:
  - Talleres participativos en cuencas o regiones.
  - Entrevistas semiestructuradas con expertos locales y gestores.
  - Mesas de diálogo multisectoriales.

Paso 2: Documentación del análisis

La documentación clara y sistemática es esencial para la trazabilidad, actualización futura y transferencia de conocimientos. Se recomienda:

a) Fichas por unidad de demanda, que incluyan:

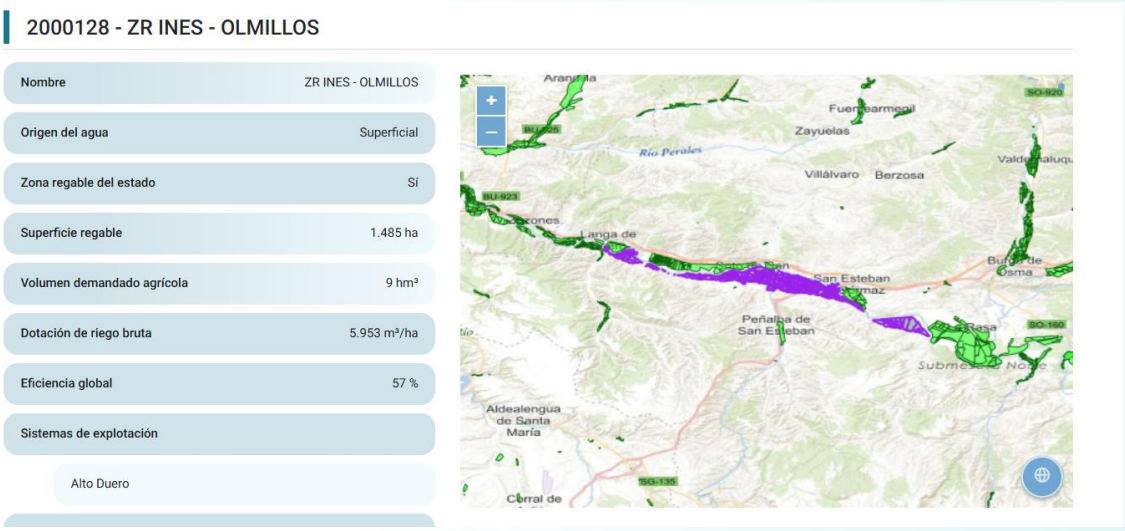
- Tipo de uso (urbano, agrícola, industrial, ambiental, etc.).
- Variables consideradas: población o superficie asociada.
- Supuestos técnicos aplicados: dotaciones, eficiencias, coeficientes de retorno, etc.
- Fuentes de información utilizadas (censos, catastros, encuestas, SIG, etc.).
- Resultados cuantificados: demanda total en m³/mes y m³/año por uso.

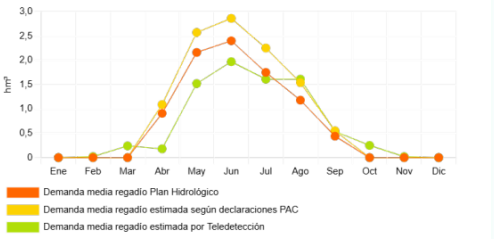
b) Registro de limitaciones y mejoras

- Describir limitaciones encontradas en disponibilidad de datos, supuestos técnicos, o validación.
- Identificar incertidumbres en los resultados y su posible impacto.
- Proponer acciones para mejorar la calidad del análisis en futuras actualizaciones.

Esta es una información, que, por su importancia como soporte para los trabajos del plan hidrológico, merece destacarse entre los contenidos que se desplieguen en el **Sistema de Información**. Existen ejemplos que pueden tomarse como referencia para presentar este tipo de datos, tanto en sus detalles alfanuméricos como espaciales. Por ejemplo:

https://mirame.chduero.es/chduero/public/demands/agrarianDemands





Nombre	Estado	Información adicional
Modernización de regadíos. ZR Ines (Medida JCYL)	No comenzada	Esta medida afecta sólo a esta demanda agraria
Modernización de regadíos. ZR Ines Olmillos. Olmillos	Completada	Esta medida afecta sólo a esta demanda agraria
Planificación. Medidas de los planes básicos de gestión RN2000	Actividad periódica	Esta medida afecta sólo a esta demanda agraria
Planificación. RN2000 control de actividad agraria en entornos fluviales	Actividad periódica	Esta medida afecta sólo a esta demanda agraria
Seguimiento. RN2000 protección del dominio público hidráulico.	Actividad periódica	Esta medida afecta sólo a esta demanda agraria
Modernización de regadíos. ZR Ines Y ZR Eza (Medida MAPA)	En ejecución	Esta medida afecta a varias demandas agrarias

Paso 3: Comunicación de resultados

La comunicación debe adaptarse a distintos públicos, utilizando formatos accesibles, visuales e integradores.

a) Productos recomendados:

- **Mapas temáticos**: distribución espacial de unidades de demanda, zonas con mayor presión hídrica, evolución por sector.
- **Gráficos y visualizaciones**:
  - Gráficos de barras por sector y escenario.
  - Series temporales de evolución de la demanda.
- **Infografías y resúmenes ejecutivos**:
  - Para tomadores de decisiones y ciudadanía.
  - Con lenguaje claro y mensajes clave.

b) Canales de difusión:

- Inclusión en documentos oficiales del plan hidrológico.
- Publicación en portales web institucionales.
- Informes de avance para consultas públicas o procesos de gobernanza.

GUÍAS

Guía 1: Manual para el cálculo de la eficiencia de riego. Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR, Perú.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7245218/6197883-manual-n-6-calculo-de-eficiencia-para-sistemas-de-riego.pdf

Guía 2: Guía metodológica modelación hidrológica y de recursos hídricos con el modelo WEAP https://www.weap21.org/downloads/guia_modelacion_weap_espanol.pdf

Guía 3: Cálculo de ET0: MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH. https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/gestion-sostenible-regadios/C%C3%A1lculo%20ET0dic12_tcm30-82979.pdf

Casos prácticos

BRASIL: Plan Integrado de Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del rio Paraíba do Sul

[3.4.2] Inventario de presiones sobre el medio hídrico

Definición: El inventario de presiones e impactos constituye el instrumento diagnóstico mediante el cual un Plan Hidrológico, bajo enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH),localiza y caracteriza todas las actividades antrópicas capaces de modificar el régimen, la calidad o la morfodinámica de los cuerpos de agua. La información resultante permite cuantificar el riesgo que estas presiones representan para la calidad de las aguas y la integridad ecológica de los ecosistemas acuáticos y los servicios que prestan.

Objetivo: Identificar y caracterizar todas las actividades humanas que afectan los recursos hídricos en la cuenca, cuantificando su impacto para fundamentar las medidas de gestión. En particular, este inventario busca.

- Identificar y ubicar actividades humanas que afectan negativamente los recursos hídricos.
- Estimar su magnitud, duración e impacto sobre los cuerpos de agua.
- Generar insumos clave para la definición de medidas correctoras, preventivas o de mitigación.
- Apoyar la toma de decisiones en la gestión sostenible del agua y el cumplimiento de objetivos ambientales y sociales.

Utilidad:

- Sustenta el abastecimiento de agua segura al identificar focos críticos de contaminación o sobreexplotación.
- Garantiza la salud de los ecosistemas acuáticos, al proporcionar evidencia técnica sobre las presiones significativas que comprometen sus funciones.
- Refuerza la sostenibilidad de los usos productivos (agrícolas, industriales, urbanos) mediante la priorización de intervenciones que reduzcan riesgos de escasez o deterioro.
- Permite demostrar el cumplimiento de la normativa ambiental nacional y de los compromisos internacionales (ODS 6).

Recomendación:

La elaboración del inventario es más eficiente en países que disponen de registros administrativos consolidados (concesiones, licencias de vertido, catastros de infraestructuras). En contextos con información dispersa o inexistente, se requiere combinar **teledetección, prospecciones de campo y metodologías participativas**, lo que incrementa el esfuerzo técnico y presupuestario.

Desafíos regionales.

- **Institucionalidad frágil o fragmentada**, con competencias solapadas en la gestión del agua.
- **Déficit de información** sobre autorizaciones, caudales efectivamente extraídos y cargas vertidas.
- **Alta prevalencia de actividades informales o no reguladas**, especialmente en zonas rurales o periurbanas.
- **Control e inspección limitados** sobre infraestructuras que alteran cauces o zonas ribereñas.

Estos retos exigen un enfoque **adaptativo y gradual**, que combine fuentes de información heterogéneas, valide resultados con actores locales y priorice las presiones de mayor impacto para optimizar recursos y tiempos.

Contenidos que deben abordarse en un Plan Hidrológico

El inventario de presiones e impactos constituye un pilar esencial en el diagnóstico del plan hidrológico, ya que permite identificar y comprender las principales actividades humanas que afectan de forma directa o indirecta el estado de los recursos hídricos. Estas presiones pueden comprometer la calidad, cantidad o dinámica natural del agua, y, por tanto, condicionar el cumplimiento de los objetivos establecidos en el plan. A continuación, se presentan los contenidos fundamentales que deben abordarse en el marco del plan hidrológico:

- **Justificación e introducción conceptual.**
- **Síntesis de presiones identificadas.**
- **Evaluación de significancia.**
- **Evaluación de impactos.**
- **Resultados del inventario y síntesis operativa**.

Importante:
Es fundamental establecer una distinción clara entre los contenidos que deben integrarse en el cuerpo del plan hidrológico y aquellos que corresponden a la metodología empleada para elaborar el inventario de presiones. Este apartado no describe cómo realizar el inventario, ni aborda las herramientas, fuentes o procedimientos utilizados para su elaboración. Su finalidad es delimitar y desarrollar el contenido que debe reflejar el plan hidrológico respecto a las presiones existentes, en tanto que éstas constituyen un insumo técnico clave para:

- Comprender la calidad actual de las aguas.
- Fundamentar el diagnóstico de alteraciones hidrológicas, químicas y ecológicas.
- Identificar zonas prioritarias de intervención.
- Justificar la inclusión de medidas en el Programa de Actuaciones.

Por tanto, lo que se detalla a continuación es la **información que debe figurar en el Plan como resultado del análisis de presiones**, con el nivel de desarrollo necesario para respaldar las decisiones de planificación. La descripción completa del proceso metodológico (identificación, clasificación, matrices, validación) deberá documentarse en los **anexos técnicos correspondientes** o en informes de soporte.
El plan, como instrumento de planificación y gestión, **debe incluir los resultados del inventario de presiones e impactos** de forma estructurada y técnicamente fundamentada, de manera que:

- Se expongan las principales presiones identificadas sobre los cuerpos de agua, incluyendo su localización, naturaleza, intensidad y frecuencia.
- Se establezca el vínculo causal entre dichas presiones y la calidad de las aguas, en base a evidencias o diagnósticos integrados (impactos).
- Se delimiten zonas prioritarias para la intervención, ya sea por acumulación de presiones, alta vulnerabilidad o incumplimiento de objetivos.
- Se justifique técnicamente la inclusión de medidas específicas en el Programa de actuaciones, mostrando cómo estas medidas responden a las presiones detectadas.

El diseño del inventario debe estar sustentado en un marco metodológico riguroso. Es necesario incorporar:

- El uso del modelo DPSIR (*Driving forces – Pressures – State – Impact – Response*) como referencia conceptual para relacionar actividades humanas con impactos ecológicos y respuestas de gestión.
- Una secuencia metodológica clara que integre revisión documental, análisis espacial, levantamiento de información de campo, y validación participativa.
- Criterios para priorizar presiones relevantes cuando no sea viable inventariarlas todas (por ejemplo, magnitud de impacto, afectación a zonas protegidas o cuerpos de agua con mala calidad).

Justificación e introducción conceptual

En el apartado correspondiente del plan, es necesario comenzar con una explicación clara del concepto de “presión” hidrológica, contextualizado en la planificación hídrica. Este contenido debe abordar:

- La definición técnica-operativa de una presión, entendida como cualquier actividad o proceso de origen antrópico que tenga el potencial de modificar el estado natural del recurso hídrico, afectando su calidad, cantidad o régimen.

- La relevancia del inventario como herramienta base para el diagnóstico ambiental, la priorización de zonas críticas, y la toma de decisiones informadas en el diseño del programa de actuaciones.

Síntesis de presiones identificadas

Este subapartado resume, de manera sistemática y comprensible, los resultados esenciales del inventario de presiones que afectan a las de aguas. Su función es evidenciar **qué presiones existen, dónde se concentran y con qué severidad inciden**, de modo que se disponga de la información necesaria para entender las decisiones posteriores (prioridades, objetivos y actuaciones).

✅ **Contenidos clave:**

Tipología y magnitud

A continuación, se describen los tipos más relevantes que deben ser considerados en la planificación hidrológica:

- **Presiones por vertidos de fuente puntual**: descarga directa de aguas residuales (domésticas, industriales, mineras, agroindustriales), con localización georreferenciada, volumen, carga contaminante y frecuencia.
- **Presiones por contaminación difusa**: aportes no puntuales de contaminantes originados por escorrentía agrícola (pesticidas, fertilizantes), ganadería extensiva, escorrentía urbana no canalizada, etc.
- **Extracciones de agua**: captaciones superficiales y subterráneas (abastecimiento, riego, uso industrial o energético), volumen extraído, régimen temporal y relación con el estado del cuerpo de agua afectado.
- **Alteraciones hidromorfológicas**: infraestructuras que modifican la morfología y dinámica del sistema hídrico (presas, canalizaciones, desvíos, obras en cauce, ocupación de zonas de ribera).
- **Intervenciones en zonas ribereñas**: rellenos, urbanización, pérdida de vegetación de ribera, afectación de zonas de recarga o filtración natural.
- **Presiones emergentes o difíciles de cuantificar**, como contaminantes emergentes, microplásticos, lixiviados, actividades turísticas descontroladas.

La caracterización de cada presión debe incluir parámetros cuantificables siempre que sea posible. Este apartado debe contemplar:

- Caudal o volumen de agua extraído o vertido.
- Concentración estimada de contaminantes o carga total vertida.
- Superficie afectada por alteración (ej. hectáreas de agricultura intensiva, extensión canalizada de un río).
- Intensidad y frecuencia: continua, estacional, puntual o esporádica.
- Estado legal: autorizada, en trámite, ilegal o informal.
- Identificación del cuerpo de agua que directamente recibe la presión.

Para obtener los datos sobre las presiones, es necesario realizar las siguientes actividades:

- Revisión de registros administrativos: permisos de vertido, concesiones de uso, informes técnicos previos.
- Análisis SIG y teledetección: identificación de cambios de uso del suelo, trazado de infraestructuras, evaluación de áreas intervenidas.
- Campañas de campo: para identificación directa de presiones no registradas, especialmente en contextos rurales o informales.
- Entrevistas semiestructuradas y talleres participativos: valiosos en ausencia de información documental, para validar presiones existentes y sus efectos percibidos.

119. Categoría	120. Subtipos (ejemplos)	121. Parámetros clave*
122. **Vertidos puntuales**	123. Domésticos, industriales, mineros, agroindustriales…	124. Caudal vertido, carga (DQO, nutrientes, metales), frecuencia

125. **Contaminación difusa**	126. Escorrentía agrícola, ganadera, urbana…	127. Superficie contribuyente, dosis N-P aplicada, estimación de carga
128. **Extracciones de agua**	129. Abastecimiento, riego, industria, energía, extracciones no reguladas…	130. Volumen anual, porcentaje del Q95/Q80, régimen temporal
131. **Alteraciones hidromorfológicas**	132. Presas, azudes, canalizaciones, desvíos, ocupación de ribera	133. Longitud/cauce afectado, altura presa, área inundada
134. **Presiones por otras actividades**	135. Microplásticos, efluentes hospitalarios, turismo intensivo	136. Indicadores de concentración o presión de uso

Recomendación:

Cuando no existan datos directos, se documentan estimaciones cualitativas (alto/medio/bajo) apoyadas en juicio experto o métricas participativas.

Distribución espacial

Las presiones no se reparten homogéneamente; el inventario debe indicar en qué tramos de río o subcuencas se concentra la mayor carga de presión. Se recomienda incluir mapas temáticos que muestren, por ejemplo, densidad de tomas de agua, ubicaciones de vertidos, zonas con mayor cambio de uso de suelo, etc. Estos mapas permiten visualizar:

- La distribución geográfica de las actividades humanas que generan presiones.
- Los cuerpos de agua afectados.
- Las coincidencias con zonas protegidas, reservas hídricas o áreas de especial sensibilidad ecológica.

Este análisis facilita la identificación de zonas críticas y la definición de ámbitos prioritarios de intervención.

Localización espacial y vinculación con cuerpos de agua

Todo inventario debe permitir la trazabilidad espacial de las presiones. En este punto se debe:

- Georreferenciar el punto de origen de cada presión y el cuerpo de agua receptor (incluyendo zonas de influencia difusa).
- Indicar los tramos fluviales, cuerpos de agua o acuíferos que reciben la presión.
- Incorporar mapas temáticos que muestren la distribución de presiones, facilitando la detección de áreas con acumulación.

Impactos

Al igual que ocurre con el inventario de presiones, el plan hidrológico debe incluir un análisis de impactos reconocidos, es decir detectado en la red de monitoreo, sobre los cuerpos de agua. La **caracterización de impactos** consiste en identificar, describir y evaluar los efectos que las presiones generan sobre la calidad del recurso hídrico y sus ecosistemas asociados. Cada presión se analiza en términos de su **efecto sobre el cuerpo de agua**. Esto incluye:

Tipo de impacto

- **Químico**: aumento de nutrientes, metales pesados, contaminantes orgánicos.
- **Biológico**: pérdida de biodiversidad, aparición de especies invasoras.
- **Hidromorfológico**: alteración del régimen de caudales, fragmentación del hábitat.
- **Físico**: aumento de la temperatura, turbidez, sedimentación.

Evaluación de significancia de las presiones

El Plan Hidrológico debe determinar **qué presiones son estratégicamente prioritarias**, es decir, las que concentran mayor riesgo de impedir el logro de los objetivos del Plan, de uso y de salud pública. Para ello se requiere una **evaluación sistemática de significancia**, basada en criterios técnicos verificables y alineada con la normativa nacional e internacional.

✅ **Contenidos clave:**

Este contenido debe permitir discriminar entre presiones más o menos relevantes desde el punto de vista de la planificación en función de los siguientes criterios:

- **Magnitud/intensidad:** volumen extraído o vertido, carga contaminante, superficie intervenida.
- **Frecuencia y duración:** actividad permanente, estacional o puntual.
- **Estado legal:** presiones autorizadas, informales o ilegales.

Se debe, por tanto:

- Establecer un umbral de significancia basado en la normativa nacional, valores guía internacionales (ej. OMS, FAO) o evidencia científica. En este caso hay que tener en cuenta que esta solución de los umbrales de significancia puede resultar inapropiada dada la variada susceptibilidad de los cuerpos de agua. Por ejemplo, un determinado vertido de foco puntual puede ser muy significativo en un río que cuente con escaso caudal, pero el mismo vertido puede resultar inapreciable en un río muy caudaloso.
- Proponer una matriz de evaluación **de impactos potenciales** sobre la calidad ecológica, químico o cuantitativo de los cuerpos de agua. La identificación de impactos es un aspecto clave de este análisis. En función de registros en las redes de medida se verificarán los impactos de determinadas presiones, así como la insignificancia de otras, y se tratará de realizar un análisis de riesgo que estime el potencial efecto de las presiones inventariadas sobre aquellos cuerpos de agua en los que, por falta de disponibilidad de datos, no se disponga de registros de impacto.
- Identificar presiones que comprometan el cumplimiento de los objetivos ambientales o de uso prioritario (abastecimiento, zonas protegidas, etc.).

Mediante los criterios anteriores, el Plan debe **listar explícitamente** las presiones que:

- Impiden o ponen en riesgo la calidad de los cuerpos de agua.
- Comprometen usos prioritarios (abastecimiento, riego estratégico, zonas de recreo o turismo).
- Afectan a **zonas protegidas.**
- Estos resultados se vincularán directamente con:
  - La **priorización de medidas** en el Programa de Actuaciones.
  - El **enfoque territorial** de las inversiones (subcuencas o tramos críticos).
  - El refuerzo de **vigilancia y control** en actividades ilegales o informales.

✅ **Contenidos clave:**

Este apartado debe consolidar la información recogida de manera operativa para la planificación. Se debe presentar:

- Tablas resumen por cuerpo de agua, indicando: presión, intensidad, legalidad, frecuencia.
- Mapas sintéticos de presión acumulada, permitiendo visualizar áreas críticas.
- Diagnóstico de información insuficiente y recomendaciones para reforzar la vigilancia, seguimiento o control; en particular sobre aquellos cuerpos de agua que reciben presiones importantes y carecen de identificación de impactos.
- Identificación de presiones susceptibles de intervención inmediata en el programa de medidas.

Resultados del inventario

Los resultados del inventario tienen una función directa en la definición del Programa de actuaciones, aportando:

- Argumentación técnica para la selección y priorización de medidas de mitigación o corrección.
- Identificación de necesidades de regulación, control o regularización de actividades.
- Base para el diseño de instrumentos de gobernanza y participación (por ejemplo, en zonas de uso intensivo o conflicto).
- Detección de áreas donde se requiere refuerzo del monitoreo o mejora del conocimiento.

[3.4.3] Definición de caudales ecológicos

Definición: El **caudal ecológico** es la cantidad de agua que necesitamos dejar en los ríos, lagos y humedales para que los ecosistemas acuáticos sigan funcionando de manera saludable. Este flujo de agua es vital para la conservación del hábitat, de modo que las especies acuáticas, que viven en estos ecosistemas, puedan sobrevivir y reproducirse, y también para que el río siga brindando servicios ambientales importantes, como purificación del agua y control de inundaciones.

Se trata de una medida de mitigación de los efectos que la actividad humana puede producir sobre los regímenes hidrológicos; en consecuencia, deberá quedar como tal registrada en el programa de medidas que acompañe al plan hidrológico.

Objetivo: Mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad de los recursos hídricos y preservando la calidad del agua.

Para alcanzar este objetivo general el régimen de caudales ecológicos deberá cumplir los requisitos siguientes:

- Proporcionar condiciones de hábitat adecuadas para satisfacer las necesidades de las diferentes comunidades biológicas propias de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres asociados, mediante el mantenimiento de los procesos ecológicos y geomorfológicos necesarios para completar sus ciclos biológicos.
- Ofrecer un patrón temporal de caudales que permita la existencia, como máximo, de cambios leves en la estructura y composición de los ecosistemas acuáticos y hábitat asociados y permita mantener la integridad biológica del ecosistema.

Utilidad: la definición e implementación de caudales ecológicos en un plan hidrológico con visión de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) permite garantizar un flujo de agua suficiente para sostener los servicios ecosistémicos que los cuerpos de agua proporcionan. En una cuenca en la que las alteraciones de régimen suponen una presión significativa, **los caudales ecológicos facilitan**:

- Asegurar la preservación de los ecosistemas acuáticos y su biodiversidad, garantizando que los cuerpos de agua mantengan las condiciones necesarias para sustentar la vida acuática (flora y fauna) y los servicios ambientales.
- Equilibrar las necesidades humanas con la protección del medio ambiente, asegurando que el agua no solo se utilice para consumo humano, agricultura e industria, sino también para preservar la salud de los ecosistemas.
- Fortalecer la resiliencia de los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático, como sequías y alteraciones en los patrones de precipitación.
- Facilitar el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales sobre conservación del agua y de la biodiversidad.

Importante:
Si el caudal ecológico no se establece, los ecosistemas acuáticos pueden sufrir alteraciones graves, tales como la pérdida de biodiversidad, la degradación de los hábitats acuáticos, o la disminución de la calidad del agua, lo que afectaría directamente a las actividades humanas que dependen de estos recursos.

Contenidos que deben incluirse en un Plan Hidrológico

El primer planteamiento que hay que hacerse a la hora de abordar la consideración de los caudales ecológicos en un plan hidrológico es cómo se van a considerar. Hay dos opciones en cuanto a su carácter:

- **Como un uso del agua**: Esto significa tratar al caudal ecológico como una necesidad prioritaria para mantener la salud del ecosistema. Es una forma de garantizar que siempre haya suficiente agua en el río para mantener de forma sostenible la funcionalidad y estructura de los ecosistemas, compitiendo con otros intereses socioeconómicos.
- **Como una restricción al uso**: El caudal ecológico también puede ser visto como una limitación a cuánto se puede extraer del río para otros usos (por ejemplo, para riego o consumo humano). Así, se establece un límite a las extracciones para asegurar que el ecosistema no se vea afectado negativamente.

Implicaciones, ventajas e inconvenientes de su consideración:

- Considerarlo como **restricción** obliga a satisfacerlo en primer lugar, conforme haya quedado establecido en la legislación o reglamentación que, en cada país, regule esta situación. No obstante, será posible considerar, en dicha reglamentación, ciertas salvedades. Por ejemplo, la aplicación de un régimen de caudales ecológicos menos exigente para afrontar situaciones coyunturales de sequía, donde el abastecimiento de los núcleos de población pueda tener un carácter prioritario
- Establecer los caudales como **demanda** ambiental implica, a parte de su inclusión como una demanda más que detrae un recurso en el balance, una negociación junto con el resto de las demandas de los volúmenes para los diferentes usos y la implicación de las distintas administraciones con competencias en el medioambiente para representarlo en el proceso de concertación.

Importante:
El marco normativo del país **debería aclarar cuál será el papel de los caudales ecológicos** en el país, o en la cuenca, pensando si su carácter será el de una restricción general bajo determinadas condiciones, y que como tal se impone a los usos socioeconómicos del agua, o como uso individualizado que puede competir con otros.

Esto exige que el régimen de caudales ecológicos esté claramente definido, ya que su implementación afecta diversas decisiones del plan hidrológico. No se trata solo de un parámetro ambiental, sino de un elemento estructural que condiciona múltiples ámbitos de planificación y gestión, tales como, los balances entre recursos y demandas

Para una implantación efectiva del régimen de caudales ecológicos el plan hidrológico debe contemplar aspectos como:

1) Marco normativo y regulatorio de los caudales ecológicos
2) Necesidad de estudios técnicos
3) Proceso de concertación

4) Proceso de implantación y seguimiento

Marco Normativo y regulación de los Caudales Ecológicos

El plan hidrológico deberá hacerse eco del marco normativo existente en relación con el carácter, la definición e implementación de los caudales ecológicos. Esto implica indicar explícitamente leyes, reglamentos o cualquier normativa de menor rango que pueda regular tanto la definición de los caudales ecológicos como su implementación, monitoreo y seguimiento.

Se recomienda, en este apartado, estructurar la normativa en orden de mayor a menor rango, especificando, al menos:

- Implicaciones que el cumplimiento de esta normativa tiene para la cuenca/región.
- Fase del proceso de definición de caudales ecológicos a la que afecta.
- Relación con otros capítulos/artículos de la normativa y condicionantes que suponen.

Recomendación:

- El análisis de la normativa existente permitirá identificar debilidades y necesidades de complementación o desarrollo de nueva normativa, a tener en cuenta en fases posteriores del plan.
- La complejidad en cuanto a la definición e implementación de los caudales ecológicos en una cuenca se sustenta en la complejidad de atender intereses, entendidos en muchas ocasiones como contrapuestos, con importantes implicaciones sociales, medioambientales y económicas. De ahí la importancia de tener un marco regulatorio bien definido.
- En caso de que el tema de caudales ecológicos no esté regulado sería interesante hacer una primera reflexión sobre la pertinencia de su regulación y el alcance de la misma, aunque no se incluya en el plan hidrológico que se está elaborando. En ese caso sí pudiera citarse en este apartado normativas de países en situaciones similares o el marco jurídico internacional sobre cómo se aborda la consideración de los caudales ecológicos en otros países.
- Adicionalmente las metodologías aplicadas en países en similar situación podrían ayudar a desarrollar una metodología propia adaptada a la situación del país que está elaborando el plan.

Estudios técnicos destinados a determinar los elementos del régimen de caudales ecológicos en las aguas

Identificación de zonas de estudio para los caudales ecológicos

Desarrollo del contenido para contextos con datos suficientes en la Tarea 1: Identificación de la zona de estudio

Desarrollo del contenido para contextos con datos insuficiente en Tarea 1 Delimitación y selección de tramos prioritarios

El plan hidrológico deberá incluir los criterios que se han establecido para la identificación de zonas en las que se ha considerado necesario definir caudales ecológicos y la identificación de dichas zonas.

Se tratará de seleccionar aquellas áreas clave que reflejen la diversidad de ecosistemas acuáticos en la cuenca, asegurando que los caudales ecológicos protejan la biodiversidad. Una correcta definición

de estos territorios permitirá elegir la metodología más adecuada para el cálculo de los caudales ecológicos y focalizar los estudios en las áreas más críticas.

Recomendación:

Aun habiendo identificado estas zonas, dependiendo de los recursos técnicos, financieros y de otra índole disponibles, podría ser interesante empezar por una selección de tramos que se consideren prioritarios, al menos en el primer plan hidrológico que incorpore caudales ecológicos. Este número de tramos y las metodologías aplicadas se irán completando y mejorando en ciclos posteriores de planificación.

Métodos para la estimación de caudales ecológicos

Desarrollo del contenido para contextos con datos suficientes en la Tarea 2: Selección de métodos y determinación de componentes
Desarrollo del contenido para contextos con datos insuficiente en Tarea 3: Métodos hidrológicos simplificados recomendados y su procedimiento técnico y Tarea 4: Análisis básico de especies indicadoras

Es necesario que en el plan hidrológico se seleccionen **y justifiquen** los métodos que se han utilizado para el cálculo de los caudales ecológicos. Esta justificación se basará en criterios como:

- la importancia ambiental del área,
- la disponibilidad de información y
- los objetivos específicos a los que responde la definición de los caudales ecológicos.

En función de esos criterios se elegirá el método o métodos más adecuados, entre:

- **Métodos Hidrológicos *(Basados en análisis estadísticos de caudales)***
  - Curva de duración de caudales: Identificación de percentiles de caudales naturales.
  - Índices hidrológicos: Q95, Q90, Q50, entre otros.
- **Métodos Hidráulicos (Evaluación de la relación entre caudal y hábitat disponible)**
  - Modelos de simulación hidráulica (**herramientas**).
  - Análisis de curvas HPU-Caudal para especies indicadoras.
- **Métodos Ecológicos (Determinación de necesidades ecológicas específicas)**
  - Requerimientos de hábitat para especies sensibles.
  - Análisis de caudales necesarios para procesos ecológicos clave.
- **Métodos Holísticos.** El enfoque holístico no es un método de cálculo en sí, es más un procedimiento o protocolo con el que deducir el caudal ecológico, buscando una solución consensuada a partir de un análisis independiente de la magnitud y distribución del caudal que necesitan los diferentes componentes del ecosistema fluvial objetivo, ya sean aspectos abióticos (geomorfología, calidad del agua, etc.), ecológicos (comunidades naturales), socioeconómicos o todos en conjunto.

Recomendación:

No puede descartarse la combinación de métodos, práctica que puede ser una solución racional para extender los métodos más sofisticados y costosos, aplicados en unos lugares especialmente escogidos, al resto de la zona en que deban definirse caudales ecológicos. Así, la combinación de métodos ecológicos (o hidrobiológicos), exigentes en información, puede completarse con métodos hidrológicos mucho menos costosos en datos de partida, siempre y cuando se verifique el ajuste de los resultados ofrecidos con los segundos con respecto a los resultados de los primeros.

Componentes del régimen de caudales ecológicos

Es necesario, a partir de la aplicación de los métodos empleados, definir los componentes específicos del régimen de caudales ecológicos para garantizar la conservación de los ecosistemas como son:

- **Caudal mínimo:** Es el caudal mínimo necesario para mantener la vida acuática. Este valor es crucial, ya que asegura que el río no quede "seco" y que los ecosistemas acuáticos sigan siendo funcionales. Puede incorporar algunos elementos auxiliares, como la definición de regímenes de caudales mínimos menos exigentes para su aplicación en situaciones de sequía.
- **Caudal máximo:** Caudales que no deben ser superados en la gestión ordinaria de las infraestructuras, con el fin de limitar los caudales circulantes y proteger así a las especies autóctonas más vulnerables a estos caudales, especialmente en tramos fuertemente regulados.
- **Distribución temporal**: Esta información puede servir de orientación o referencia de cara al despliegue de este contenido en el plan hidrológico .Los anteriores, caudales mínimos y máximos, con el objetivo de establecer una variabilidad temporal del régimen de caudales que sea compatible con los requerimientos de los diferentes estadios vitales de las principales especies de fauna y flora autóctonas presentes en la masa de agua.
- **Tasa de cambio máxima**: Se determina con objeto de evitar los efectos negativos de una variación brusca de los caudales, como pueden ser el arrastre de organismos acuáticos durante la curva de ascenso y su aislamiento en la fase de descenso de los caudales. Asimismo, debe contribuir a mantener unas condiciones favorables a la regeneración de especies vegetales acuáticas y ribereñas.
- **Caudales de crecida**, Tienen por objeto controlar la presencia y abundancia de las diferentes especies, mantener las condiciones fisicoquímicas del agua y del sedimento, mejorar las condiciones y disponibilidad del hábitat a través de la dinámica geomorfológica y favorecer los procesos hidrológicos que permiten la movilidad de los sedimentos, el mantenimiento de los canales de desagüe, y que controlan la conexión de las aguas de transición con el río, el mar y los acuíferos asociados.

Recomendación:

La implantación del régimen de caudales mínimos se debería extender a todos los cuerpos de agua de la zona de estudio. En cambio, el resto de las componentes del régimen de caudales ecológicos (caudales máximos, caudales de crecida y tasas de cambio) se establecerán asociadas a la infraestructura o elemento causante alteración del régimen hidrológico.

Análisis de consistencia técnica

Desarrollo del contenido en Tarea 3: Análisis de consistencia técnica

El plan hidrológico deberá incluir una revisión técnica ex ante del **régimen preliminar de caudales ecológicos definido en los estudios técnicos**, antes de su consolidación como propuesta operativa. Esta revisión tiene como finalidad **verificar su coherencia ecológica, hidrológica y operativa**, y ajustarlo en caso necesario antes de su adopción definitiva.

La validación debe permitir responder, de forma anticipada, a las siguientes preguntas clave:

1. **¿El caudal propuesto conduciría a condiciones ecológicas mínimas adecuadas?**
   (Análisis funcional mediante simulaciones o comparaciones hidrológicas)
2. **¿El régimen definido es técnicamente consistente con la hidrología del sistema y los criterios utilizados en su cálculo?**
   (Verificación de coherencia hidrológica y metodológica)
3. **¿Es viable su operación dentro de los sistemas actuales de regulación y gestión del agua?** *(Evaluación de compatibilidad operativa con los usos existentes)*

Para ello, es necesario considerar al menos los siguientes elementos:

- **Simulación hidráulico-ecológica (cuando se disponga de modelos):** verificación de que los caudales definidos generarían condiciones mínimas adecuadas de hábitat en escenarios críticos.
- **Análisis de coherencia hidrológica:** comparación con el régimen natural del tramo (percentiles como Q95 o Q50), curvas de preferencia aplicadas, u otras referencias técnicas.
- **Revisión comparada:** evaluación cualitativa de la similitud con tramos donde se aplicaron metodologías más avanzadas.
- **Evaluación de viabilidad operativa:** simulación de la incorporación del régimen propuesto en los balances hídricos y análisis de su impacto sobre la garantía de los usos actuales.
- **Justificación de ajustes (si procede):** si los resultados indican inconsistencias técnicas o inviabilidad operativa, se deberá ajustar la propuesta antes de su adopción definitiva.

En esta fase no se exige monitoreo in situ, ya que el régimen aún no ha sido implantado. No obstante, debe establecerse una hoja de ruta para su posterior seguimiento y eventual recalibración con base en datos reales, una vez que el régimen final haya sido adoptado e implantado.

Propuesta de régimen de caudales ecológicos

Desarrollo del contenido para contextos con datos suficientes en Tarea 4: Propuesta de régimen de caudales ecológicos
Desarrollo del contenido para contextos con datos insuficiente en Tarea 5: Cálculo preliminar del caudal ecológico (método simplificado hidrológico adaptado)

Una vez completado el análisis técnico y la revisión ex ante del régimen propuesto, el plan hidrológico debe presentar una **propuesta operativa de caudales ecológicos**, con base en los resultados obtenidos mediante métodos hidrológicos, modelación de hábitat o enfoques holísticos. Estos estudios no suelen ofrecer un valor único, sino **rangos recomendables** para cada componente del régimen, lo que exige establecer **criterios de selección técnica y operativa**.

La propuesta final debe derivarse de un proceso **iterativo y multicriterio**, en el que se valoren de forma conjunta criterios ecológicos, hidrológicos, técnicos y de gestión. Entre los aspectos a considerar, se incluyen:

- **Representatividad ecológica.**
  - Priorizar los valores que **mantengan hábitats críticos** para las especies clave (de interés ecológico, cultural o legal).
  - Asegurar la **conectividad longitudinal y lateral** para procesos biológicos como migraciones, desove o dispersión de juveniles.
  - Cubrir los **requerimientos hídricos mínimos de las especies más sensibles**, que suelen actuar como especies paraguas.
- **Variabilidad hidrológica**
  - Respetar la estructura temporal de los componentes.
  - Validar que los valores seleccionados repliquen patrones de temporadas secas y húmedas, permitiendo procesos ecológicos estacionales.
- **Viabilidad hidráulica**
  - Confirmar mediante modelación hidráulica que los valores definidos garantizan hábitats sumergidos continuos y velocidades compatibles con las especies objetivo.
  - Verificar que los caudales propuestos mantengan la conectividad entre hábitats y permitan el acceso de las especies a las zonas que necesitan para completar su ciclo de vida.
- **Compatibilidad con usos y contexto socioeconómico**
  - El caudal ecológico supone, en la mayor parte de las situaciones donde resultan necesarios, una limitación al aprovechamiento socioeconómico de las aguas. A la hora de su definición, conviene cuantificar estos impactos para valorar con rigor la transcendencia de las decisiones que se proponga adoptar con el plan hidrológico.
- **Seguridad ecológica (principio precautorio)**
  - En caso de incertidumbre o falta de datos, seleccionar los valores que **maximicen la seguridad ecológica** y conserven los procesos ecológicos más importantes.

- **Coherencia con escalas espaciales y de planificación**
  - Asegurarse de que los caudales propuestos son **coherentes a nivel de cuenca y subcuenca**; es decir, salvo que causas específicas así lo aconsejen, deberán ser crecientes hacia aguas abajo manteniendo la continuidad hidrológica de las redes hidrográficas.
- **Simplicidad operativa y monitoreo**
  - Preferir caudales que sean **claros, medibles y verificables** en campo.
  - Definir caudales que permitan **seguimiento y evaluación sencilla**, usando estaciones hidrométricas existentes y evitando valores complejos de difícil implementación.

Proceso de concertación de caudales ecológicos

Desarrollo del contenido para contextos con datos suficientes en la Tarea 5: Proceso de concertación
Desarrollo del contenido para contextos con datos insuficiente en Tarea 6: Talleres participativos locales

El plan hidrológico debe definir con claridad el **proceso de concertación** asociado al régimen de caudales ecológicos, su finalidad y los resultados esperados (**Guía metodológica 9**).

La concertación es un **procedimiento de diálogo estructurado** entre la autoridad responsable del plan hidrológico y los sectores potencialmente afectados por la implantación del régimen ecológico. Este proceso busca **minimizar los impactos socioeconómicos** derivados de las restricciones al uso del agua que puedan resultar de dicho régimen.

Debe entenderse que la **concertación no puede bloquear la responsabilidad de la Administración** en la definición y aplicación del régimen. La falta de acuerdo no debe impedir su adopción cuando sea necesario para cumplir los objetivos ambientales.

En general, durante la concertación **no se negocian los valores ecológicos** definidos técnicamente (componentes del régimen), sino las **modalidades de su implantación**: plazos, fases, mecanismos de ajuste, coordinación con usos existentes, entre otros.

Este proceso debe tomar en cuenta:

- El **marco jurídico vigente**, tanto en lo relativo a los caudales ecológicos como a los derechos de uso del agua.
- La **posibilidad de conflictos o demandas de compensación** por parte de usuarios que consideren afectada su actividad, lo cual puede condicionar seriamente la viabilidad de la implantación si no se gestiona adecuadamente.

Dado que los caudales ecológicos tienen **efectos directos sobre la disponibilidad del recurso y el estado ecológico de los cuerpos de agua**, es imprescindible vincular este proceso de concertación con un **proceso formal de participación pública** (**Participación pública**).

Proceso de implantación y seguimiento de caudales ecológicos

La implantación de caudales ecológicos es un proceso integral que combina la ciencia, la participación pública (concertación)y la gestión adaptativa de los ecosistemas acuáticos. Para que la implantación de los caudales ecológicos sea efectiva el Plan debe contemplar tareas de monitoreo, control y seguimiento, así como de ajustes y adaptación continua, cuando sea necesario.

Una vez que los caudales ecológicos hayan sido calculados y recogidos en el plan hidrológico en términos concretos, tras haber sustanciado el proceso de concertación, se debe afrontar su implantación efectiva, para llevarla a cabo habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Esta implantación requerirá de un acto administrativo o normativo, dependiendo del marco jurídico en que se asiente el proceso, que formalmente establezca la obligación de respetar los regímenes de caudales ecológicos. La obligación causará efectos a partir de un determinado momento, sin perjuicio de que se pueda diseñar un procedimiento de implantación progresivo y transitorio, escalonado en el tiempo, diferenciando zonas o planteando valores crecientes hasta alcanzar los finales deseados, que vayan entrando en vigor sucesivamente.

- Si fuera necesario habrá que habilitar un periodo temporal suficiente y acotado para permitir la necesaria adecuación de determinadas infraestructuras no preparadas para la liberación de los caudales ecológicos, al no estar prevista esta necesidad cuando se diseñaron.
- Tras la implantación, habrá que verificar la idoneidad de los regímenes de caudales ecológicos establecidos para, en el caso de que se verifique que no cumplen con la función para la que fueron fijados, puedan llevarse a cabo los ajustes oportunos. Este paso requerirá disponer de información consistente y robusta, puesto que la hipotética modificación de unos regímenes hidrológicos establecidos tras la discusión con las partes interesadas puede resultar especialmente problemático.
- Este mecanismo determina que tras la implantación se sustancie una fase de seguimiento, que deberá extenderse durante un periodo temporal de varios años, al menos coincidiendo con la longitud del ciclo de planificación. Fruto de todo ello, dado el caso, se procederá a ajustar los caudales ecológicos inicialmente establecidos, hecho que se materializará con la siguiente revisión del plan hidrológico.
- En los casos donde los caudales ambientales impuestos resulten incompatibles con usos preexistentes, puede producirse una reducción del volumen de agua disponible para otros fines. Cuando estas afecciones sean significativas, se recomienda abordar cada caso de manera individualizada, buscando soluciones viables y ampliamente aceptadas.

Monitoreo, cumplimiento y seguimiento de los caudales ecológicos

Desarrollo del contenido en Tarea 7: Monitoreo, cumplimiento y seguimiento

El plan hidrológico deberá incluir, al hablar de caudales ecológicos, el procedimiento de seguimiento previsto no basta con establecer valores de referencia, sino que es fundamental desarrollar una metodología robusta. Para ello, se deben considerar varios aspectos clave:

a) Selección de indicadores.
b) Diseño de una red de monitoreo.
c) Validación de los caudales ecológicos.
d) Herramientas para el seguimiento.
e) Implementación de medidas correctoras.

Adicionalmente, el seguimiento debe especificar con claridad los elementos técnicos necesarios para su implementación efectiva. Entre ellos se destacan:

- **Sistema de monitoreo hidrológico y ecológico:** Describir cómo se llevará a cabo el monitoreo de los caudales ecológicos y los indicadores de la salud de los ecosistemas acuáticos (biodiversidad, calidad del agua, caudales, etc.).
- **Frecuencia de mediciones:** Establecer las frecuencias de medición de caudales, calidad de agua y variables ecológicas relevantes.
- **Responsables del seguimiento:** Identificar las entidades responsables del seguimiento, como autoridades ambientales, agencias de cuencas.

Ajustes y validación de los caudales ecológicos

Una vez definidos los regímenes de caudales ecológicos, es necesario establecer mecanismos que garanticen su efectividad y viabilidad a largo plazo. Estos regímenes no solo deben cumplir con los objetivos ambientales propuestos, sino también adaptarse a los cambios en el entorno y minimizar posibles conflictos con los usos preexistentes del agua.

En este sentido, se deben considerar dos elementos clave:

- Evaluación periódica: Es fundamental implementar un proceso continuo de evaluación para comprobar si los caudales ecológicos están logrando los objetivos definidos. Este seguimiento permitirá detectar desviaciones o ineficiencias y plantear, en caso necesario, ajustes fundamentados.

Mecanismos de ajuste adaptativo: Resulta esencial contar con herramientas que permitan modificar el régimen de caudales en función de los resultados obtenidos en el monitoreo, dentro de un enfoque de gestión adaptativa.

Importante:
No se debe ignorar que estos regímenes, una vez establecidos ,por el procedimiento que sea, implican limitaciones al aprovechamiento socioeconómico del recurso. Esto suele generar resistencia entre los sectores afectados, especialmente cuando se proponen modificaciones en los valores previamente establecidos. Por ello, es crucial garantizar **seguridad jurídica y estabilidad** en los valores definidos, de modo que cualquier cambio necesario esté sólidamente justificado y basado en evidencia técnica.

Tareas según contexto

A continuación, se detallan las tareas a seguir para la implementación eficaz de caudales ecológicos. Entendiéndose que pueden darse diversas casuísticas y limitaciones en la región fundamentalmente debido a la ausencia de datos, se proponen una serie de tareas en función de la disponibilidad de recursos.

- Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos suficiente.
- Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos insuficiente.

Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos media-alta

Para su aplicación en estos casos de información suficiente, o con posibilidad de obtenerla, se plantea un trabajo a desarrollar mediante la cumplimentación de 7 tareas sucesivas:

1. Identificación de zonas de estudio y definición de objetivos.
2. Selección de métodos y determinación de componentes.
3. Validación y calibración.
4. Elaboración de propuesta de regímenes de caudales ecológicos.
5. Monitoreo, cumplimiento y seguimiento.
6. Concertación de caudales ecológicos.
7. implementación de caudales ecológicos.

Tarea 1: Identificación de zonas de estudio

En esta tarea se incluyen los siguientes pasos:

a) Definición de objetivo y alcance
b) Recopilación de información
c) Selección de tramos de estudio

Descripción Metodológica:

Paso 1: Definición de objetivo y alcance

Antes de iniciar la selección de zonas de estudio, es fundamental determinar:
Objetivo Principal para el establecimiento de los caudales ecológicos pudiendo ser**:**

- **Conservación del Ecosistema:** Mantener el régimen natural para preservar la funcionalidad de los procesos ecológicos.
- **Restauración:** Recuperar condiciones naturales en tramos fuertemente alterados por infraestructuras, como presas o extracciones de agua.
- **Cumplimiento Normativo:** Asegurarse de satisfacer los requisitos legales y directrices ambientales.

- **Integración de Objetivos:** Considerar combinaciones de los anteriores para estrategias integrales de gestión.

Identificación de las Necesidades del Ecosistema Fluvial

- **Biodiversidad:** Evaluar la presencia y relevancia de especies autóctonas sensibles a variaciones en el caudal.
- **Calidad del Agua:** Confirmar que se mantengan parámetros críticos (oxígeno disuelto, temperatura, turbidez).
- **Integridad del Hábitat:** Asegurar que la morfología del río y la conectividad ecológica se preserven para garantizar refugios y áreas de reproducción.

Escala de Análisis

- **Escala de Aplicación:**
  - Cuenca completa: Para estrategias integrales y planificación a gran escala.
  - Subcuenca: Para identificar áreas prioritarias dentro de un marco mayor.
  - Tramo fluvial: Para análisis detallado en zonas críticas, especialmente aquellas con afectaciones por infraestructuras.

Paso 2: Recopilación de información

La solidez en la determinación de caudales ecológicos depende de la calidad de los datos disponibles. Se requiere por tanto la recopilación e integración de **información de diversas fuentes**:

Información Hidrológica

- **Datos históricos de caudales**: La organización meteorológica mundial(OMM), recomienda para el análisis y descripción de la hidrología en régimen natural usar series de 30 años. Existen otras recomendaciones como las de la UNESCO en la que se apunta que sería necesario recolectar series temporales preferiblemente diarias (idealmente de 20 años) o mensuales (idealmente de 25 años) para caracterizar la variabilidad del régimen. Estos datos sirven para aplicar análisis estadísticos básicos (por ejemplo, percentiles y caudal básico de mantenimiento o cualquier otro método hidrológico).

Recomendación:

En cuencas no monitoreadas, se pueden emplear métodos de transposición de cuencas o modelos hidrológicos simples, que deberán calibrarse mediante aforos puntuales o la relación precipitación–escorrentía. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000181061

- **Balances entre demandas y recursos disponibles**: Analizar el balance hídrico permite comprender la disponibilidad de agua en la cuenca y cómo se distribuye entre diferentes usos. Esto es esencial para evaluar si se pueden garantizar los caudales ecológicos como prioridad de uso, conforme a su rol en la preservación del ecosistema fluvial. (**Balances entre demandas y recursos disponibles y asignación de recursos**).
- **infraestructuras hidráulicas:** Registrar la ubicación y el impacto de presas, derivaciones y trasvases en el régimen de caudales.

Información Hidráulica y Geomorfológica

- **Caracterización del cauce:** la morfología del cauce define la estructura física del hábitat fluvial la cual, junto con el régimen de caudales, determina la idoneidad de dicho hábitat para el sustento de la biodiversidad y su provisión de servicios ecosistémicos. Generalmente se seleccionan segmentos representativos del río, la selección de segmentos debe responder a criterios técnicos y ecológicos.(**Paso 3: selección de tramos**).
- **Curvas HPU-Caudal:** curvas, ya establecidas que relacionen los caudales con la disponibilidad de hábitat (HPU) para las especies. Estas curvas permiten determinar cuantitativamente cómo varía el hábitat útil con el caudal, lo que es esencial para definir los mínimos ecológicos.
- **Transporte de sedimentos y dinámica del lecho:** Evaluar cómo se transportan los sedimentos y se mantiene la estructura del lecho, ya que afectan directamente la calidad del hábitat**.**

Información Biológica y Ecológica

- **Especies clave**. Identificar las especies clave según el contexto local y sus necesidades hídricas permite diseñar caudales ecológicos que aseguren la supervivencia y bienestar de estas especies. Para la identificación de especies clave se podrían tomar los siguientes criterios:
  - **Relevancia ecológica**: Especies que dependen directamente del régimen hidrológico (por ejemplo, peces migratorios o macroinvertebrados bentónicos sensibles al caudal).
  - **Sensibilidad a cambios hidrológicos**: Preferiblemente especies que presenten respuestas claras y documentadas ante variaciones de caudal.
  - **Representatividad de hábitats**: Seleccionar especies que habiten en distintos tipos de hábitats fluviales (rápidos, remansos, márgenes, etc.).
  - **Disponibilidad de información**: Es preferible contar con información sobre preferencias de hábitat (velocidad, profundidad, sustrato) y requerimientos en distintos estadíos de vida (ver periodos críticos).
  - **Valor legal o de conservación**: Especies protegidas o en riesgo, incluidas en normativas nacionales.

Períodos críticos: Evaluar los períodos críticos como:

- **Freza**: Se recomienda determinar un caudal adecuado para la época de freza, Durante este estadio se debe intentar maximizar las posibilidades de reproducción.
- **Incubación y alevinaje**: Es evidente que durante el período de incubación los caudales deben ser iguales o menores que los de freza; de tal forma que, no queden zonas en seco donde puedan existir embriones. Posteriormente, y según se van produciendo las eclosiones el caudal puede ir disminuyendo de magnitud (según los alevines vayan siendo más móviles), hasta alcanzar unos valores adecuados al estadío vital y la época del año de que se trate.
- **Adultos, en época de estiaje**: Además de atender a la fenología de la zona y a la distribución natural de caudales, se deben considerar las necesidades de los adultos que, de forma general, puede resultar ser el estadío más exigente en esta época del año. Sin embargo, se tendrá en cuenta que los peces se acumularán en aquellas zonas del tramo más favorables para su subsistencia, y que incluso es posible la interrupción temporal del paso en aquellos puntos críticos.

Recomendación:

En cuencas no monitoreadas, se pueden emplear métodos de transposición de cuencas o modelos hidrológicos simples, que deberán calibrarse mediante aforos puntuales o la relación precipitación–escorrentía. **https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000181061**.

Paso 3: Selección de tramos de estudio

Una vez recopilada toda la información, necesaria se **seleccionan los tramos de estudio.** Para facilitar el análisis, la cuenca debe dividirse **en unidades de análisis homogéneas**. Esto significa agrupar segmentos de ríos o zonas de un lago que tengan características similares en términos de hidrología, ecología y usos del agua.

Los tramos de estudio serán las unidades en las que se van a proponer los caudales ecológicos que, en principio y salvo justificación en contrario, deberán permitir asignar caudales ecológicos a toda la red fluvial y a las zonas húmedas destacadas por su importancia ambiental.

En una parte de esos tramos podrán realizarse estudios detallados, que incluyan la simulación hidráulica del hábitat o metodologías más sofisticadas, en el resto, se planteará la extensión de los valores calculados para los tramos estudiados mediante la aplicación de métodos hidrológicos que permitan la obtención de resultados consistentes con los obtenidos mediante los estudios específicos.

Lo que sigue a continuación se refiere a la selección de tramos para realizar estudios detallados, al menos, de simulación del hábitat.

❓ ¿Cómo se hace?. Se pueden definir **zonas homogéneas** con base en mapas de la cuenca, datos hidrológicos y características ecológicas, especialmente tomando en consideración la distribución de la fauna actual o que potencialmente debería poblar el ámbito estudiado.

- Se utilizan sistemas SIG para analizar la conectividad y el uso del suelo.
- Se dividen los tramos en categorías según su grado de alteración:
  - Tramos naturales (bajo impacto humano).
  - Tramos moderadamente alterados.
  - Tramos altamente alterados (presas, extracciones intensivas).

La longitud del tramo a modelar debe ser suficiente para incluir todos los tipos de unidades morfodinámicas presentes. Como guía general, se recomienda seleccionar un tramo **de longitud mínima equivalente a unas 20 veces la anchura media del cauce**. Este criterio debe asegurar que el tramo de estudio abarca la diversidad de hábitats (rápidos, remansos, pozas) y refleje adecuadamente la variabilidad física del río, tal como sugieren las buenas prácticas internacionales.

Una vez dividida la cuenca en tramos homogéneos, es necesario determinar **cuáles son los más relevantes** para el estudio de caudales ecológicos.

❓ ¿Cómo priorizar los tramos? Con los objetivos claros y la información recopilada, se delimitarán las zonas específicas donde se propondrán caudales ecológicos. Por razones prácticas, la cuenca se divide en **unidades de análisis homogéneas**, agrupando segmentos de río con características similares en hidrología, ecología y usos del agua.
De ese universo, se **priorizan** ciertos tramos para análisis detallado. Se suelen escoger tramos representativos y/o críticos, por ejemplo:

- secciones río abajo de embalses o captaciones importantes,
- tramos con alto valor ecológico (e.g. presencia de especies amenazadas o ecosistemas protegidos)
- y tramos con conflictos significativos entre usos humanos y la conservación.

Un criterio sugerido en planes hidrológicos es seleccionar al menos ~10% de las masas de agua de la cuenca, dando prioridad a tramos **bajo presas o de alta importancia ambiental**, y con longitud suficiente para incluir la variabilidad física y de hábitats del río.

Para ayudar en la selección, pueden emplearse herramientas SIG (analizando cobertura de vegetación ribereña, accesibilidad, fuentes de contaminación, etc.) y metodologías multicriterio que ponderen factores **hidrológicos** (existencia de estaciones cercanas, alteración hidrológica), **ecológicos** (hábitats valiosos, presencia de especies sensibles), **hidromorfológicos** (grado de alteración del cauce) y **socioeconómicos** (usos humanos, conflictos potenciales).

Recomendación:

Priorizar aquellas zonas que dispongan de información confiable y que sean críticas tanto desde el punto de vista ecológico como para la gestión de recursos hídricos. Si no se dispone de suficiente información, se pueden realizar consultas con expertos o análisis preliminares de caudales con datos indirectos. En ríos con alta alteración hidrológica, se recomienda focalizar la selección de zonas en tramos afectados por presas y derivaciones, priorizando áreas donde se encuentren especies sensibles al flujo.

Producto Esperado:

El resultado será una lista de tramos priorizados donde centrar los estudios y, posteriormente, implementar los caudales ecológicos.

Tarea 2:Selección de métodos y determinación de componentes

Existe una diversidad de métodos para la determinación de caudales ecológicos, desarrollados en diferentes partes del mundo. Estos métodos, enfoques y marcos permiten determinar el caudal ambiental necesario para mantener la salud de los ecosistemas acuáticos. Sin embargo, **no hay una respuesta única** sobre cuál es el método más apropiado para cada caso específico, y el proceso para desarrollar un conjunto de métodos puede variar. Las metodologías existentes para la evaluación de los caudales ambientales se **pueden agrupar** según su aproximación técnica y la disponibilidad de datos en cuatro categorías principales:

- **Métodos hidrológicos.**
- **Métodos hidráulicos.**
- **Métodos de simulación de hábitat (hidrobiológicos).**
- **Métodos holísticos**.

Para la aplicación de cualquiera de estas metodologías, es necesario contar con **datos hidrológicos** en periodos largos de tiempo, preferentemente con registros de **caudales diarios de más de 20 años de duración**.

La elección del método adecuado dependerá de los objetivos del estudio, la disponibilidad de datos y las características específicas del ecosistema en cuestión, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Criterio	Hidrológicos	Hidráulico	Simulación de Hábitat	Holísticos
Fundamento	Estadística de caudales históricos (percentiles Q90/Q95, %Qmed).	Relación entre caudal y parámetros hidráulicos (ancho húmedo, profundidad) en secciones de río.	Simulación del hábitat disponible para especies clave, usando curvas de preferencia y modelos hidráulicos.	Integración de múltiples componentes: hidrología, hidráulica, hábitat, geomorfología y factores socio-económicos.
Datos requeridos	Series de caudal (diarias o mensuales), idealmente naturalizadas.	Estudios de campo en secciones concretas: batimetría, mediciones de velocidad y ancho húmedo.	Series de caudal + datos hidráulicos detallados + muestras biológicas para curvas.	Amplia gama: datos hidrológicos, parámetros biológicos, sociales y económicos; talleres con actores; modelación de escenarios.
Nivel de aplicación	Reconocimiento/diagnóstico preliminar y extrapolación de resultados de métodos más sofisticados.	Nivel intermedio, (tiene poca aplicabilidad a escala global, pero resulta útil para estudios detallados en tramos concretos del río.)	Estudios detallados de tramo (segundo grupo más utilizado a nivel mundial).	Puede aplicarse a nivel de cuenca y regional; emergente en regiones con escasa información.
Precisión ecológica	Baja: no captura dinámica hábitat-especie ni efectos de estacionalidad fina.	Moderada: refleja algunos cambios físicos del río, pero sin modelar preferencia de especies.	Alta: permite estimar el caudal que mantiene áreas de hábitat suficientes para especies-objetivo.	Muy alta: incorpora no solo hábitat sino también procesos geomorfológicos, biogeoquímicos y servicios ecosistémicos, así como perspectivas sociales.
Coste y complejidad	Muy bajo: rápido, bajo coste y poca especialización.	Bajo-medio: requiere salidas de campo y análisis hidráulico sencillo.	Alto: necesita softwares especialistas en ecología e hidráulica, y tiempo de campo y modelación.	Muy alto: despliegue de equipos multidisciplinares, talleres participativos, desarrollo de múltiples escenarios y, a veces, modelación avanzada.
Limitaciones principales	Ignora variabilidad intra-mensual y ecológica. Puede sobre/infraestimar en ríos poco/ muy variables (Pastor et al. 2014).	– No integra requisitos biológicos. –Depende de condiciones puntuales de sección (no siempre extrapolable).	– Alto costo y tiempo. – Curvas de preferencia genéricas pueden no reflejar adaptación local. – Difícil en cuencas con poca información ecológica.	–Recursos y datos intensivos. –Mayor complejidad metodológica. – Riesgo de “parálisis por análisis” si no se acotan bien los objetivos y alcances.
Cuando elegirlo	Etapa temprana o estudios de alcance. Información hidrológica limitada. Necesidad de resultados rápidos y de bajo coste.	– Estudios focalizados en secciones críticas (pasos de peces, zonas de erosión). – Cuando hay recursos para trabajo de campo, pero no para modelación compleja.	– Con especies o hábitats sensibles que requieren evaluación específica. – Cuando se dispone de datos suficientes y se requiere un caudal ecológico basado en hábitat. – Para diseños de obras que impacten hábitat (presas, desvíos).	–Planificación a nivel de cuenca o región. –Cuando se busca equilibrar múltiples servicios ecosistémicos y usos sociales. –En contextos donde se pretende involucrar intensamente a actores y decidir entre varios escenarios de desarrollo.

Importante:

De manera general, es habitual **combinar los distintos métodos** de estimación de caudales ecológicos previamente descritos, adaptándolos al contexto y a la disponibilidad de información. En puntos especialmente sensibles o críticos como los situados aguas abajo de embalses, tramos con especies sensibles o zonas protegidas, se recurre con frecuencia a métodos de mayor sofisticación, particularmente aquellos basados en modelización hidrobiológica, debido a su mayor capacidad para reflejar las necesidades ecológicas del sistema.

Los resultados obtenidos en estos tramos representativos pueden, en determinados casos, emplearse como base para extrapolar propuestas al resto de la cuenca mediante criterios de hidrología comparada. Esta aproximación permite extender, de forma razonada y técnicamente coherente, las propuestas de régimen de caudales ecológicos a zonas donde no se dispone de información detallada, utilizando para ello los resultados de métodos hidrológicos u holísticos aplicados en el resto de la red.

Determinación de componentes de caudales ecológicos

Al hablar de regímenes de caudales ecológicos, cabe considerar las distintas componentes presentadas en anteriormente. Seguidamente se introducen brevemente distintas metodologías para la estimación de las citadas componentes.

Distribución temporal de caudales mínimos en ríos permanentes

La distribución temporal de **caudales mínimos** se establece mediante la selección de periodos homogéneos y representativos en función de la naturaleza hidrológica del cuerpo de agua y de los ciclos biológicos de las especies autóctonas identificándose. Dependiendo de la estacionalidad, y de las características corológicas de las zonas, es frecuente diferenciar, al menos, **dos períodos distintos** dentro del año, época seca y época húmeda. Esta distribución se puede llevar a cabo según el nivel de complejidad y la disposición de datos mediante los cuatro tipos de métodos presentados en el cuadro anterior: hidrológicos, hidráulicos, hidrobiológicos y holísticos.

Métodos hidrológico

Los métodos hidrológicos son estimaciones del caudal mínimo que debería dejarse circular por un río para mantener el hábitat mínimo de peces y/o condiciones de flujo aceptables y constituyen el **enfoque más simplificado** para la estimación de los caudales ambientales. Esto se debe a que el cálculo del régimen de caudales ecológicos se basa exclusivamente en el análisis de series temporales de caudales naturales (datos hidrológicos) (**Tarea Inventario de los recursos hídricos**), tratándose de distintas formas mediante análisis estadístico para establecer las recomendaciones de caudal que a menudo se expresa como porcentaje del caudal mensual o anual o como límites al cambio en los parámetros de caudales vitales, comúnmente índices de los caudales mínimos.

Son aplicables a distintas escalas y únicamente requieren de series temporales de **caudales diarios** que pueden ser resultado del registro histórico en estaciones de aforo o de estimaciones obtenidas mediante modelado hidrológico, regionalización hidrológica o formulaciones empíricas. Esto implica que la viabilidad de aplicación de un método hidrológico está **fuertemente condicionada con la disponibilidad de información** (tipo, calidad y cantidad de información) de caudales en el curso que interese estimar el caudal ambiental y que la fiabilidad de estos datos de partida condiciona la calidad de los resultados que se obtengan.

¿Por qué es útil?

- **Simples y rápidos:** Usan datos históricos de caudal, sin requerir información ecológica.
- **Primera aproximación:** Permiten definir caudales mínimos preliminares.
- **Viables en zonas sin datos:** Ideales en contextos con pocos recursos técnicos.
- **Comparables:** Homogeneizan criterios entre diferentes ríos.
- **Útiles para gestión:** Ofrecen referencias mínimas para proteger el ecosistema.

Descripción Metodológica:

Su aplicación se explica mediante un trabajo escalonado en tres fases o pasos, la primera de recopilación y preparación de las series de caudales , la segunda de cálculo propiamente dicho y la tercera validación de los resultados.

Paso 1: Recopilar y preparar la serie de caudales

Duración mínima:

- Se utilizan datos de caudal desagregados a **escala diaria y/o mensual** naturalizada ≥ 20 años, que incluya años muy húmedos, húmedos, medios, secos y muy secos.
- Clasificar meses según percentiles históricos: P75 (muy húmedo), P25 (húmedo), P10 (seco), P0 (muy seco)

Fuente de datos:

- Aforos en régimen natural.
- Si el régimen está alterado, restituir la serie mediante:
  - Balance de aportaciones y detracciones.
  - Modelización hidrológica
- Validar con series de cuencas vecinas si hay < 20 años, siempre aplicando técnicas de regionalización y ajuste por precipitaciones y escorrentía

Control de calidad:

- Comprobar homogeneidad y detectar rupturas de serie.

Eliminar valores atípicos o rellenar vacíos con métodos estadísticos (interpolación, correlación con estaciones cercanas).

Recomendación:

En aquellos casos donde no sea posible contar con una serie con este periodo de tiempo, podrá utilizarse un periodo de tiempo inferior, siempre y cuando este sea representativo de todos los años bajo distintas condiciones hidrológicas (años muy secos, secos, medio y húmedos) o podrán emplear los datos de una cuenca colindante siempre y cuando se empleen las técnicas hidrológicas adecuadas y las extrapolaciones se realicen con la suficiente confiabilidad.

Paso 2: Aplicación del método

Se deberá aplicar alguno de los diversos **métodos estadísticos** basados en el análisis de caudales medios diarios o mensuales para cuantificar un nivel adecuado de reserva del caudal base.

A continuación, se presenta un resumen de los métodos más difundidos:

- **Método del Caudal Básico de Mantenimiento (QBM):** Establece un régimen de caudales de mantenimiento a partir de un "caudal básico" que se obtiene del análisis de discontinuidades en series de caudales medios diarios tratados con medias móviles de intervalos crecientes. Es apto tanto para la planificación como para tramos de río concretos. Permite incorporar aspectos ecológicos específicos de cada tramo de río y también condicionantes de cualquier naturaleza. Requiere utilizar datos diarios de caudal.
- **Métodos de Percentiles**: Definen el caudal ecológico como un porcentaje del caudal medio anual o de percentiles de la serie histórica.
  - Q10 % con variación mensual: Es aplicable a zonas con importancia ambiental baja, con mínima riqueza ecológica o en zonas intervenidas. Requiere caudales mensuales con un registro mínimo de 20 años. Una consideración importante es que debería aplicarse a cursos sin interés ecológico y no requiere el análisis de las posibles alteraciones de la calidad del agua.
  - Método de caudal base de 7 días con periodo de ocurrencia de 10 años (7q10): Es aplicable a zonas con importancia ambiental baja. La determinación de caudales ecológicos se basa en los caudales medios mínimos observados durante un intervalo de tiempo de siete días, con un periodo de retorno de diez años. Requiere caudales diarios mínimos o caudales diarios medios. No requiere el análisis de las posibles alteraciones de la calidad del agua. (Guía 1)

- **Método de Tennant:** Es aplicable a zonas con importancia ambiental baja, con algunas especies ícticas. Divide el año en un periodo seco y otro húmedo y propone caudales como porcentajes del caudal medio anual, relacionándolos con grados de conservación. Se considera que el hábitat comienza a degradarse cuando el flujo es inferior al 10 % del caudal medio anual, asociado a una velocidad media de 0,25 m/s y una profundidad media de 0,3 m. Para su aplicación se estudian el porcentaje de perímetro mojado, la profundidad y la velocidad media. Requiere caudales mensuales con un registro mínimo de 20 años. Es importante adecuarlo al hemisferio en el que se realiza el cálculo al considerar las diferentes épocas del año. Se recomienda su aplicación en cursos con presencia de peces, con mínima importancia ecológica, pero que aún pueden preservarse empleando al método. No quiere el análisis de las posibles alteraciones de la calidad del agua. (Guía 1), la Guía 10 ofrece un caso aplicado a México del Método de Tennant.

Existen multitud de herramientas de simulación hidrológica para trabajar con las series de aportaciones, perfectamente detalladas en la Tarea Inventario de los recursos hídricos.

Producto Esperado:

Se espera obtener valores de caudales ecológicos mínimos recomendados a partir del análisis estadístico de series temporales de caudales naturales, mediante la aplicación de diferentes métodos hidrológicos (Caudal Básico de Mantenimiento, Percentiles, 7q10, Tennant…). Estos métodos permiten establecer umbral de caudal base o porcentajes del caudal medio anual.

El resultado final será una **propuesta técnica de régimen de caudales ecológicos** para los tramos o zonas analizadas, que sirva como referencia para la gestión ambiental del recurso hídrico, teniendo en cuenta la representatividad hidrológica, la calidad de los datos y la escala de aplicación.

Paso 3: Validación básica del caudal hidrológico calculado

Una vez obtenido un valor de caudal ecológico mediante el método hidrológico escogido, es recomendable **comprobar su adecuación**. En esta fase, se verifica que el caudal propuesto mantenga condiciones físicas mínimas en el río (por ejemplo, continuidad de flujo a lo largo del tramo crítico, evitando tramos secos) y se lo contrasta – si es posible – con información adicional: datos de campo, observaciones locales o resultados de otros métodos.

Si el caudal calculado resulta demasiado bajo para sustentar el hábitat básico (p. ej., no garantiza pozas remanentes en estiaje), se **ajustará al alza** aplicando un criterio precautorio. Por el contrario, si resulta muy superior a lo esperable, se revisarán los datos hidrológicos empleados. Este paso asegura que incluso los métodos hidrológicos más sencillos tengan una **validación inicial**, coherente con el enfoque integrado y adaptativo del plan.

Método hidráulico

Los métodos hidráulicos se fundamentan en la relación existente entre los caudales y los parámetros hidráulicos del cauce (como profundidad, velocidad, ancho o perímetro mojado) que son relevantes para una o varias especies indicadoras. La premisa principal es que ciertas variables hidráulicas pueden ser factores limitantes para la biota del cauce. La metodología del método hidráulico se encuentra principalmente integrada en las metodologías de simulación de hábitat (hidrobiológicas). Este método suele usarse como un componente esencial para evaluar la cantidad y conveniencia del hábitat físico disponible para la biota bajo diferentes condiciones de flujo.

El caudal ecológico mínimo se deduce de la relación entre algún parámetro hidráulico (generalmente la velocidad del flujo, el perímetro mojado o la profundidad) y el caudal.

¿Por qué es útil?

- Es más objetivo y verificable que los métodos hidrológicos.

- Puede definir umbral físico mínimo que evita desecación, desconexión o degradación morfológica.
- Es aplicable donde no hay información biológica suficiente, como ríos no estudiados o tramos artificializados.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Recopilación de datos hidráulicos

Esta fase implica un trabajo de campo para seleccionar un tramo de río adecuado para la simulación, caracterizar su morfología y obtener valores de las principales variables hidráulicas que son:

- **Velocidad de la corriente**: Esta variable es crucial para determinar la idoneidad del hábitat para las especies acuáticas.
- **Profundidad del agua:** Al igual que la velocidad, la profundidad es un factor determinante en la disponibilidad y calidad del hábitat.
- **Caudal:** Es preciso conocer; los aforos en, por lo menos, dos épocas del año (secas y húmedas) así como los caudales del análisis hidrológico (deseable su aplicación con fines comparativos).

Además de estas variables primarias, otras características hidráulicas importantes que se consideran en los análisis incluyen:

- Pendiente longitudinal del tramo del río.
- Características de la sección transversal del cauce, incluyendo su forma y dimensiones.
- El coeficiente de rugosidad o fricción de la sección.

Paso 2: Reconocimiento y elección del tramo de simulación

- Se identifica un tramo representativo que contenga una variedad de **mesohábitats** (pozas, tablas, corrientes y rápidos).
- Clasificar y medir las unidades hidromorfológicas (mesohábitats) tomando en cuenta longitud, anchura media, secciones de control, tipo de sustrato y refugio.
- Seleccionar un tramo de estudio representativo que contenga una variedad de mesohábitats (pozas, tablas, rápidos). Sería aconsejable que la **longitud del tramo** guarde proporción con la escala del río: **se recomienda al menos del orden de 20 veces la anchura media del cauce** para abarcar la heterogeneidad de hábitats. Este debe asegurar que la sección de río escogida incluya suficientes transiciones de mesohábitat y refleje la diversidad morfológica, tal como demandan los objetivos ecológicos.
- Marcaje del tramo: Una vez seleccionado el tramo es necesario realizar el marcaje de los transectos en todas las transiciones de mesohábitat, el tramo inicial y final y todos aquellos que se consideren oportunos para recoger la variabilidad de las condiciones de microhábitat que se producen dentro de cada mesohábitat. El número de transectos dependerá de los mesohábitat presentes, de su longitud y de la longitud total del tramo. Pero como recomendación media no deberían ser inferiores a 10 y no es recomendable por economía de recursos realizar más de 30 transectos, siendo razonable localizar entre 15 y 20.

Una vez seleccionados los subtramos e identificados los transectos es necesario realizar las **campañas de campo destinadas** a realizar los trabajos de topografía e hidrometría necesarios para la construcción y calibración de los modelos que han de desarrollarse posteriormente.

- Topografía: Se realiza un levantamiento topográfico detallado de las secciones transversales en cada transecto para obtener datos de elevación del lecho.
- Se miden la velocidad y la altura de la lámina de agua en los transectos, referenciándolas a los datos topográficos. Se toman mediciones de profundidad por intervalos a lo largo del

ancho del cauce. Además, se determina la pendiente longitudinal del tramo y el coeficiente de rugosidad o fricción de la sección.

Es recomendable recopilar en campo los siguientes datos adicionales a los ya comentados:

- Elaborar un esquema de cada transecto que refleje las irregularidades del flujo, del sustrato y de la ribera
- Identificar las áreas sombreadas y los refugios aparentes observados
- Obtener fotos hacia aguas abajo y hacia aguas arriba de cada transecto
- Registro de porcentajes de sustratos en cada punto de medida.

Paso 3: Desarrollo del modelo hidráulico

Con los datos recopilados, se construye un **modelo hidráulico**, generalmente suele ser **bidimensional**, que permita predecir los parámetros hidráulicos (principalmente **velocidad** y **profundidad**) en cada celda de los transectos para diferentes **escenarios de caudal**.

A continuación, se presenta un resumen de los métodos hidráulicos más difundidos:

- **Método del perímetro mojado**: El método del perímetro mojado es el más conocido y uno de los de mayor aplicación a nivel mundial. Define un caudal mínimo aceptable que mantiene el hábitat acuático humedecido para secciones transversales de canales o arroyos seleccionados (representativos y/o críticos).
- **Método de Idaho**: Se basa en establecer referentes de rango de velocidad y profundidad mínima para diferentes especies, según sus exigencias. Siendo el caudal mínimo el primero que cumple con tales referentes. Establece un valor base que permite recomendar 1 o más caudales ecológicos.
- **Método R2Cross**. Selecciona un rápido crítico del río y determina los requerimientos de caudal para la protección del hábitat a partir de los caudales asociados a 3 parámetros: profundidad media, perímetro mojado (%) y velocidad media.

Existen diversos programas para la modelización bidimensional hidráulica según complejidad, **fichas de herramientas**.

Paso 4: Análisis de resultados

- Identificar caudales donde:
  - Se mantiene la continuidad longitudinal del área mojada.
  - Se cumplen las profundidades y velocidades mínimas para evitar desecación y eutrofización.
- Determinar:
  - Caudal mínimo hidráulicamente viable **(Qmín-H**): El menor caudal que mantiene esas condiciones físicas mínimas a lo largo del tramo.

Paso 5: Validación

Este paso tiene por objetivo contrastar el caudal mínimo hidráulicamente viable (Qmín-H), obtenido en el paso anterior, con otras fuentes de referencia disponibles. Este proceso es preliminar y complementario a la validación definitiva, que se realiza mediante monitoreo de campo y calibración adaptativa (**análisis de consistencia técnica**).
El Qmín-H representa el umbral ecológico mínimo por debajo del cual no debe descender el régimen propuesto, ya que garantiza la continuidad de flujo y condiciones físicas mínimas del hábitat.
Las comparaciones con otros valores deben interpretarse como referencias de contraste, y no como valores sustitutivos del Qmín-H:

- Qmín ecológico hidrológico: Métodos como Q90–Q95 pueden ofrecer valores de inicio aproximados útiles para la construcción de regímenes mensuales. No obstante, no deben emplearse para reducir el Qmín-H si este resulta superior, dado que los métodos hidrológicos no consideran condiciones físicas del cauce.
- Valores de referencia regionales: Sirven como punto de comparación y para evaluar consistencia con planes similares. Si estos valores son más altos que el Qmín-H, puede considerarse su adopción como margen de seguridad adicional, siempre que sea viable.
- Normativa o expertos locales: Pueden aportar validación cualitativa o justificar ajustes al alza, pero en ningún caso deben recomendar valores por debajo del umbral físico mínimo.

Importante:
El caudal ecológico mínimo propuesto en el régimen mensual debe respetar el Qmín-H como valor base. Las demás fuentes pueden orientar la definición final del régimen, pero nunca comprometer la integridad del ecosistema fluvial.

Método hidrobiológico (modelización de hábitat)

Los métodos de modelación de la idoneidad de hábitat se basan en la simulación hidráulica acoplada al uso de curvas de preferencia del hábitat físico para la especie o especies objetivo, obteniéndose curvas que relacionen el hábitat potencial útil con el caudal en los tramos seleccionados**. Requieren una considerable cantidad de recursos**. El esquema conceptual de la metodología de modelización del hábitat parte de dos puntos básicos:

- Las curvas de preferencia de la fauna.
- Un modelo hidráulico fluvial,

Fundiendo ambas ideas, el modelo hidráulico, que simula las condiciones de los distintos segmentos del río en función de los caudales circulantes y el valor potencial del hábitat fluvial, que nos indica las condiciones en las que se van a encontrar las especies que pueden estar presentes, se llega al concepto del **Hábitat Potencial Útil**, herramienta con la que se planteará el régimen ambiental de caudales.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Modelización hidráulica

Realizar un modelo hidráulico según la metodología expuesta en el **Método Hidráulico** para predecir profundidad, velocidad y perímetro mojado en cada transecto y para distintos caudales.

Paso 2: Selección de especies indicadoras

La aplicación de esta metodología debería apoyarse en un conocimiento adecuado sobre la ecología y los requerimientos hídricos de la fauna acuática local, prestando especial atención a aquellas especies más sensibles a las alteraciones del régimen de caudales. En términos generales, se recomienda centrar el análisis en la fauna piscícola, dado que suele presentar una elevada dependencia de las condiciones hidrológicas y una buena representatividad ecológica de los procesos fluviales.

No obstante, esta focalización no debería entenderse como excluyente. En aquellos tramos donde existan datos específicos o se hayan identificado valores ecológicos destacados asociados a otros grupos (como macroinvertebrados, bivalvos, anfibios o vegetación de ribera), se aconseja considerar su incorporación de forma complementaria.

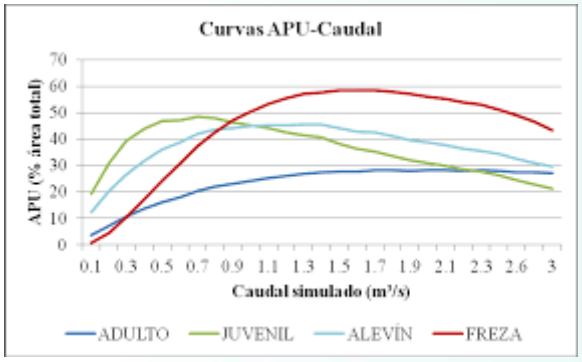
La selección de especies indicadoras debería realizarse atendiendo a las características ecológicas del tramo de estudio, considerando, preferentemente, una o varias especies de interés, habitualmente piscícolas, y distintos estadíos de desarrollo (alevín, freza, adulto). Entre los criterios a tener en cuenta en

dicha selección se sugiere incluir la sensibilidad a las condiciones hidrológicas, la representatividad funcional, la vulnerabilidad ecológica y la disponibilidad de información técnica local.

Aunque la experiencia internacional se ha desarrollado principalmente en torno al uso de especies piscícolas, también podrían considerarse otras especies vinculadas al ecosistema fluvial siempre que se disponga de estudios locales o regionales suficientemente robustos que justifiquen su elección.

Entre los aspectos que hay que tener en cuenta a la hora de la selección de especies, pueden citarse los siguientes:

- **Solo se consideran especies autóctonas con alta representatividad ecológica**, ya que las no autóctonas se consideran indicadores de degradación.
- **También se valoran especies de referencia histórica**, aunque no estén presentes actualmente, como indicadores de condiciones ecológicas más deseables.
- **Se priorizan especies sensibles**, con sensibilidad a las variaciones de caudal en peligro de extinción, vulnerables o de interés especial.
- Es importante **disponer o poder generar funciones de idoneidad del hábitat** para esas especies, especialmente comunes en especies piscícolas.
- Tras seleccionar las especies objetivo, **se debe analizar su ciclo biológico** para identificar en qué época y etapa de desarrollo se encuentran, diferenciando curvas de preferencia de hábitat para los estadíos de desarrollo que resulten pertinentes.
- Esto permite **determinar los periodos críticos** del año hidrológico en los que hay que priorizar las condiciones de hábitat para cada especie.
- En la **simulación de hábitat**, solo se consideran las etapas de desarrollo presentes en cada época, para evitar complicar la toma de decisiones.
- Las **curvas hábitat potencial útil-caudal** se aplican a **periodos ecológicamente significativos y sensibles donde la especie se puede ver amenazada**, *(alevines, freza, adulto).*



Paso 3: Definición de preferencias de hábitat

Definir los rangos óptimos de profundidad, velocidad y sustrato preferidos por cada especie seleccionada. La información sobre preferencia del hábitat puede obtenerse de tres modos diferentes:

- La selección de curvas de distintos tipos ya publicadas.
- Los estudios realizados en tramos de la cuenca de estudio *ad hoc*.
- Realizando pruebas de transferibilidad de funciones de la misma especie desarrolladas en otros ríos.

Las funciones de preferencia reflejan la predilección o tolerancia de una especie hacia los distintos valores, que puede tomar un determinado parámetro del hábitat. La preferencia puede evaluarse en función de la probabilidad de encontrar un organismo en condiciones determinadas, valorándola de 0 a 1. Disponiendo de estas funciones, se puede **cuantificar la habitabilidad para un determinado caudal** en función de la idoneidad de las condiciones que este genera. (Guía 11).

Importante:
La simulación de la idoneidad del hábitat se realizará, preferentemente, mediante modelos bidimensionales. La priorización de estadios vitales debe ajustarse a la ecología de cada especie. En general, para peces se recomienda simular al menos dos etapas (juvenil y adulto); sin embargo, **no todas las especies tienen el mismo estadio más crítico**. Por ejemplo, en especies ovíparas de desove bentónico es vital asegurar caudales durante la **freza** y la **incubación de los huevos**. En estos casos, el caudal ecológico en época de desove debe ser suficiente y estable, de modo que los huevos queden siempre bajo agua hasta la eclosión. En resumen, se tendrá cuidado de identificar el estadio más vulnerable (freza, huevos, alevín, etc.) para cada especie objetivo y garantizar condiciones de hábitat adecuadas durante ese período.

Paso 4: Modelización de hábitat

Elegida una especie o especies objetivo y conocidas sus preferencias de hábitat, se trata de realizar un cálculo de los cambios que la variación de caudal introduce en la habitabilidad del tramo. El parámetro que evalúa el Hábitat Potencial Útil (HPU), (Guía 11) es un indicador del área utilizable por la especie objetivo, descontados aquellos puntos desfavorables que puedan producirse a lo ancho de la sección. La modelización de hábitat se basa en la idea de que cada especie tiene un rango preferido de profundidad, velocidad y sustrato, que define la calidad del hábitat obteniéndose así una serie de pares de valores HPU/caudal para cada transecto. (Guía 11).

Métodos de Simulación del Hábitat recomendados:

Herramienta de análisis hidrobiológico y simulación de hábitat (ficha de recursos técnicos)

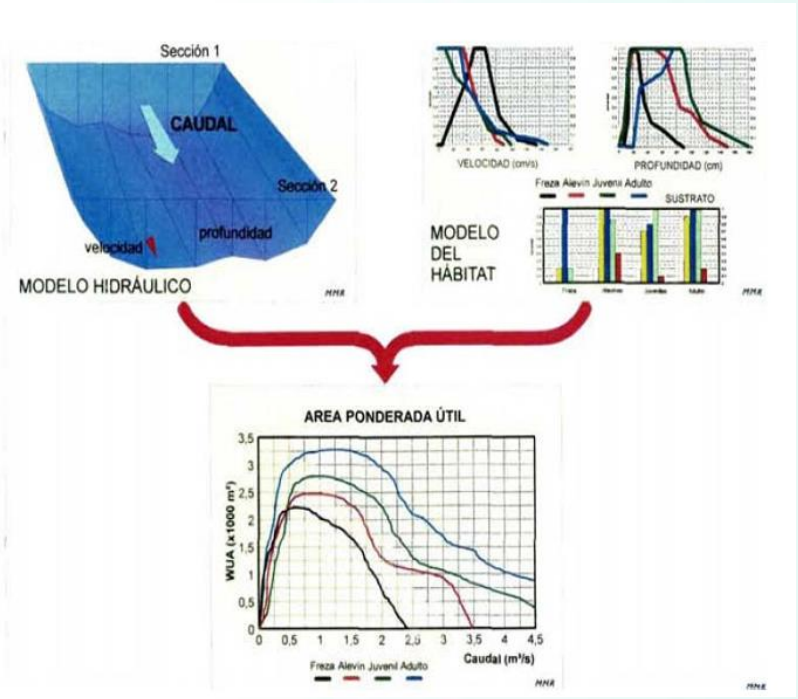
orientada al cálculo de caudales ambientales basada en métodos hidrobiológicos. Integra curvas de preferencia de hábitat, modelización hidráulica bidimensional y análisis de adecuación de caudales según requerimientos ecológicos. Permite simular el hábitat disponible para especies objetivo en función del caudal circulante.

Sistema de modelación hidráulica bidimensional para análisis de hábitat (Guía 6 y ficha de recursos técnicos): Aplicaciones que combinan modelación hidráulica de alta resolución con funciones de adecuación ecológica, posibilitando el análisis espacial del hábitat fluvial en distintas condiciones de caudal. Se utiliza tanto en tramos naturales como en sistemas modificados, siendo especialmente útil en validación de propuestas de régimen de caudales.

Módulo de simulación de regímenes de caudales ecológicos dentro de un sistema integrado de planificación (ficha de recursos técnicos): Herramienta que permite establecer y evaluar propuestas de régimen de caudales mínimos en el marco del análisis global de la planificación hidrológica. Considera restricciones ambientales y operativas, y permite analizar la compatibilidad entre caudales ecológicos y demandas.

Paso 5: Definición de caudales ecológicos

- Análisis de las curvas HPU/ Caudal
  - Determinar el **punto de inflexión** que marca un cambio de comportamiento significativo en el cauce para este caudal, los beneficios en hábitat son máximos con el mínimo de caudal posible.
  - Verificar en períodos críticos (reproducción, estiaje…)
- Definir valores mínimos ecológicos:
  - Un único valor para estiaje.
  - Valores variables según época (opcional).
- Análisis de sensibilidad:
  - Evaluar cambios ante pequeñas variaciones de caudal.
- A continuación se muestra un esquema de la metodología hidrobiológica.



Modelo conceptual del procedimiento metodológico para el análisis de caudales ecológicos mediante la metodología de simulación de hábitat.

Ventajas

- Integra requerimientos biológicos reales.
- Permite definir caudales variables según especies y estaciones.
- Genera información espacial para toma de decisiones de gestión.

Limitaciones

- Alta demanda de datos hidromorfológicos y ecológicos.
- Requiere software especializado.
- Depende de disponibilidad de curvas de preferencia.
- Presentan limitaciones en función del tipo de modelo hidráulico (1D o 2D) que los sustente.
- Los modelos hidráulicos 1D tradicionales no son convenientes en ríos de alta montaña, ríos con altas pendientes y macrorugosidad, ni en ríos trenzados con flujo bidimensional.
- La implementación de modelos hidráulicos 2D tampoco es conveniente en ríos de montaña con pendientes fuertes o cambios bruscos de pendiente (saltos de flujo, pendientes superiores al 10%).
- Estas y otras limitaciones deben consultarse específicamente según las ecuaciones utilizadas en el modelo.

Importante:
No puede ignorarse que la aplicación de los métodos hidrobiológicos exige disponer de información sobre las preferencias de caudal de determinadas especies objetivo, en sus distintos estados de desarrollo, cuestión que en un ámbito territorial con la biodiversidad propia de la región latinoamericana puede resultar sumamente complejo.

Recomendación:

Cuando no se dispone de datos hidrológicos, ecológicos o de hábitat, es posible validar los caudales ecológicos mediante enfoques alternativos que combinan observaciones de campo, conocimiento tradicional y metodologías cualitativas.

- Entrevistas y Talleres Participativos: Se consulta a pobladores sobre cambios históricos en los caudales del río, períodos de estiaje y crecidas, así como la relación con la presencia de peces y otras especies.
- Mapeo de Usos del Agua: Se identifican zonas clave del río donde existen procesos ecológicos importantes, como áreas de desove, refugios de peces o zonas de inundación riparia.
- Reconstrucción de Regímenes Hidrológicos Pasados: Uso de relatos históricos para estimar la variabilidad natural del río y determinar si los caudales ecológicos respetan su dinámica.
- Observación Directa de Hábitats Acuáticos: Se analizan cambios en la estructura del cauce, presencia de pozas, rápidos y zonas de refugio para la fauna.
- Indicadores Visuales del Caudal: Evaluación de si el agua cubre áreas necesarias para la migración de peces, la reproducción de anfibios o la hidratación de la vegetación riparia.
- Fotomonitoring: Captura de imágenes de referencia en diferentes épocas del año para evaluar la estabilidad de los ecosistemas acuáticos con los caudales propuestos.
- Selección de Ríos Comparables: Se identifican ríos cercanos con menor alteración antrópica, cuyos caudales naturales puedan servir de referencia.

Producto Esperado:

- Establecimiento de los caudales mínimos recomendados para conservar las condiciones esenciales de hábitat, con base en la preferencia de las especies para variables hidrológicas específicas (profundidad, velocidad, sustrato).
- Determinación de caudales críticos para períodos de estiaje y épocas húmedas, adaptados a las variaciones estacionales y de ciclo vital de las especies.

Método holístico

Un método holístico aborda el sistema fluvial en su totalidad ,todos los componentes bióticos, abióticos, estructurales y funcionales, entendiendo el régimen de caudales como el principal soporte ecológico de procesos físicos, químicos y biológicos. Integra hidrología, hidráulica, hábitat, geomorfología, economía y aspectos sociales en un proceso interdisciplinar. Es un enfoque que requiere información extensa y de alta calidad, registros históricos de caudales, variables hidráulicas y modelos que relacionen el caudal con los requerimientos de todos o algunos componentes del ecosistema y de la biota acuática, además de información económica y social. (**Guías metodológicas 4**)

¿Cuándo aplicarlo?

- Conflictos fuertes entre demandas de agua y objetivos de conservación.
- Ecosistemas complejos (humedales, estuarios, tramos urbanos) donde los métodos hidrológicos o de hábitat son insuficientes.
- Áreas prioritarias o proyectos de gran escala (presas, trasvases).
- Sitios de referencia para monitoreo intensivo y desarrollo de conocimiento loca

Se estructuran en cuatro niveles, dependiendo del tiempo, los recursos disponibles y la cantidad de datos existentes:

- **Nivel I: Análisis Hidrológico (1-5 meses)** → Se basa en índices hidrológicos relevantes para estimar caudales ecológicos de forma rápida.
- **Nivel II: Panel de Expertos (1-12 meses)** → Método de bajo costo y fácil aplicación, ideal para contextos con información limitada. Un grupo interdisciplinario revisa datos hidrológicos, ecológicos y sociales, y formula recomendaciones de caudal mediante un proceso iterativo de discusión, pruebas y ajustes.
- **Nivel III: Estudios de Campo y Seguimiento (varios años)** → Se aplica en lugares con mayor disponibilidad de datos y financiamiento. Incluye monitoreo a largo plazo para validar los caudales definidos.
- **Nivel IV: Refinamiento Adaptativo (varios años)** → Similar al nivel III, pero con ajustes continuos en la gestión del agua en función de los resultados ecológicos observados.

El nivel 2 **Panel de Expertos** se considera una alternativa confiable y adaptable en un periodo relativamente corto (1-2 meses) con requerimientos de recursos entre bajos y moderados. Donde la metodología a seguir seria:

- Compilación, organización y evaluación de la información disponible, así como para generar aquella imprescindible para la propuesta de caudales.
- Reunión de discusión de los especialistas para que, mediante juicio experto, propongan los caudales ecológicos desde la perspectiva de sus áreas de conocimiento.
- Socializar la propuesta, involucrar a los tomadores de decisiones y ampliar la evaluación bajo otros enfoques, como el de gestión del agua. De esta tercera fase debe salir una propuesta consensuada y las líneas de acción para su implementación.

Recomendación:

- La selección del método adecuado depende de factores como la importancia ambiental del área, la disponibilidad de información y los objetivos del estudio.
- A mayor valoración del sistema, se requieren métodos capaces de abordar de forma más robusta la variedad de especies y las actividades antrópicas asociadas al río
- A mayor nivel de alteración hidromorfológica esperada, es necesaria la implementación de métodos que consideren la información a menor escala espacial y que tengan una mayor conceptualización ecológica.

Distribución final de los caudales

Una vez determinado el **caudal mínimo base** (por ejemplo, el correspondiente al periodo de estiaje), es necesario distribuirlo a lo largo del año en forma de **régimen estacional o mensual**. Para ello, se pueden aprovechar las pautas del régimen natural del río. Una metodología sencilla consiste en **mantener la misma forma estacional** que el hidrograma natural: es decir, asignar caudales mínimos más altos en meses húmedos y algo menores en meses secos, guardando proporción con los caudales medios de cada mes en estado natural.

Por ejemplo, si el caudal mínimo calculado (Qmín) corresponde al mes más seco, para un mes húmedo podría fijarse un valor mayor multiplicando Qmín por la razón entre el caudal medio de ese mes húmedo y el caudal medio del mes seco. De este modo, obtenemos una **serie de caudales mínimos mensuales** que preserva la variación estacional característica del río. Esta distribución temporal garantiza que el régimen ecológico **no sea un valor fijo todo el año**, sino que refleje las fluctuaciones naturales, manteniendo caudales más elevados en épocas de lluvia y asegurando mínimos suficientes en épocas secas.

Distribución de caudales máximos

Entendidos como los caudales que no deben ser superados en la gestión ordinaria de las infraestructuras, con el fin de limitar los caudales circulantes y proteger así a las especies autóctonas más vulnerables a estos caudales, especialmente en tramos fuertemente regulados. Estos caudales se estimarán para periodos estacionales.

La caracterización se realiza analizando los percentiles de excedencia mensuales de una serie representativa de caudales en régimen natural de al **menos 20 años de duración**, pero queda abierto al criterio del ejecutor el dato con el que ha de construirse la correspondiente curva de caudales clasificados que, lógicamente deberá estar en consonancia con las series disponibles.

Los caudales máximos ecológicos solo cobran importancia en escenarios donde la acción humana ha alterado el patrón natural de avenidas del río. Esto ocurre, por ejemplo, en ríos altamente regulados por embalses, donde las mayores liberaciones de agua se hacen en época seca provocando puntas de caudal **fuera de temporada**. Dichas puntas artificiales, pueden desorientar a la biota acuática y producir **pérdida de hábitat**. Al establecer límites de caudal máximo, el régimen ecológico busca evitar estos desfasajes, asegurando que las crecidas **liberadas artificialmente** no superen los umbrales que las especies autóctonas pueden tolerar en condiciones naturales.

En casos donde la acción humana (p. ej. embalses) **haya alterado el patrón natural de crecidas**, se puede aplicar un procedimiento para establecer límites de caudal máximo ecológico por mes. A continuación, se describen los pasos de esta metodología específica

Descripción Metodológica:

Paso 1: Serie de caudales y cálculo de percentiles mensuales

- Partiendo series diarias, construir curvas de duración de caudales a escala mensual, calculando para cada mes los percentiles de excedencia, (p1, p5, p10…, p90).
- Selección de umbrales:
  - No emplear percentiles de excedencia mayores al **90 %**, para mantener las magnitudes fundamentales del régimen natural
  - Para cada mes, identificar el **percentil objetivo** (por ejemplo, p10–p20 para pulsos de alta estación; p5 en meses críticos de reproducción).

Paso 2: Definición del régimen máximo mensual

- Asignar a cada mes el caudal máximo ecológico igual al caudal correspondiente al percentil seleccionado.

Paso 3: Validación hidráulica y de hábitat (opcional)

Los valores numéricos indicados para velocidades máximas admisibles por talla de pez son **referenciales** y deberán ajustarse según la fauna local. En la ictiofauna latinoamericana pueden existir especies con tolerancias diferentes; por ello, si se realiza esta validación, es recomendable basarse en estudios locales de nado o en valores conservadores en ausencia de datos. En general, se debe ser prudente al aplicar estos criterios genéricos, adaptándolos al contexto ecológico específico.

- Seleccionar un tramo representativo (150–250 m) con estructura morfológica y mesohábitats críticos.
- Construir modelo que simule los caudales máximos mensuales.
- Simular cada mes con su caudal máximo ecológico y extraer:
  - Superficie mojada total. Garantizar que al menos el **50 % de la superficie mojada** proporcione condiciones de refugio (profundidad y velocidad admisibles) durante los estadios más sensibles.
  - Distribución espacial de velocidades y profundidades. Las velocidades admisibles serán extraídas de curvas que relacionen el tamaño del individuo con la velocidad máxima admisible. En caso de no disponer de dichas curvas y de tratarse de una especie piscícola se utilizarán los siguientes intervalos de velocidades máximas limitantes: alevines (0,5-1 m/s), juveniles (1,5-2 m/s) y adultos (<2,5 m/s).

Caudales de crecida o generadores

Las crecidas fluviales desempeñan un papel crucial en la dinámica de los ecosistemas acuáticos, inundando llanuras aluviales y conectando hábitats ribereños. En el contexto de los caudales ecológicos, es fundamental incorporar las **crecidas ordinarias** dentro del régimen hidrológico que se pretende conservar o restaurar. A continuación, se presenta una guía técnica paso a paso para determinar el **régimen de crecidas** con fines ecológicos, adaptada al ámbito de la CODIA.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Definición del caudal generador

El primer paso es identificar el caudal que representa aproximadamente el umbral de llenado completo del cauce, conocido también como caudal de “caja llena” o bankfull que suele corresponder a una avenida con un período de retorno o recurrencia de varios años.

Este caudal se considera la mayor crecida ordinaria que el río puede transportar sin desbordarse de su cauce principal, marcando el punto a partir del cual las aguas inundan la llanura de inundación adyacente. Esta crecida “ordinaria” es la que históricamente ha moldeado la forma del cauce y mantiene los procesos geomorfológicos naturales del río, equivale al caudal generador del río (o caudal formador de

cauce), cuya importancia radica en que define el límite entre las crecidas frecuentes y las crecidas extraordinarias (más raras y extremas).

Paso 2: Recopilación de información hidrológica histórica

- Seleccionar estaciones hidrométricas representativas del tramo de río objetivo.
- Obtener series históricas de caudales máximos en régimen natural, es decir antes de la construcción de la infraestructura que debe permitir la liberación de esos caudales generadores.
- Verificar la calidad y consistencia de los datos obtenidos (corrección y depuración de datos incompletos o anómalos).
- Utilizar modelos de simulación de avenidas si no se dispone de datos completos.

Paso 3: Cálculo de la magnitud del caudal generador

- Ajustar la distribución de frecuencias de los máximos anuales a funciones estadísticas de distribución.
- Determinar la magnitud del caudal generador (Qgen) asociada al periodo de retorno, basado en evidencia hidráulica y geomorfológica local.

Paso 4: Definición de la estacionalidad

Identificar los meses del año con mayor probabilidad natural de ocurrencia de crecidas.

Paso 5: Determinación de la duración y tasa de cambio

Este paso se considerará necesario, según las características locales.

- Establecer la duración del evento como el tiempo comprendido desde el inicio del incremento del caudal hasta el retorno al caudal base.
- Vincular intrínsecamente la duración con la tasa de cambio (velocidad de incremento y descenso del caudal), ajustando esta última para garantizar que la crecida pueda realizarse en condiciones operativas seguras y preferiblemente en una jornada laboral.
- Posibilidad de introducir mesetas temporales (caudal constante) para facilitar mediciones y aforos hidráulicos durante el evento.

Producto Esperado:

- Magnitud precisa del caudal generador.
- Periodicidad clara(periodo de retorno) y adaptada al contexto hidrológico regional.
- Periodo estacional amplio definido para la gestión operativa.
- Hidrograma definido en términos de duración y tasa de cambio adecuadas a criterios operativos y ecológicos.

Tasas de cambio

Esta componente de caudales ecológicos se puede considerar de manera opcional y siempre y cuando se observe que es necesario para solucionar problemas que solo se resolverían con una laminación.

Es importante evitar cambios bruscos en los caudales. Si el caudal cambia muy rápido, puede generar incrementos bruscos de velocidad e inundación que afecten negativamente a las especies y al ecosistema en general.

Al igual que ocurre con otras de las componentes complementarias al régimen de mínimos, la fijación de límites a las tasas de cambio solo tendrá sentido aguas abajo de instalaciones hidráulicas que puedan inducir este tipo de cambios de régimen. Es un problema típicamente asociado a la generación

hidráulica que, por otra parte, necesita cierta libertad de operación para realizar ajustes en el sistema eléctrico, en particular ante contingencias especiales y, claramente, ante la necesidad de ajustar o reponer los servicios.

La compatibilidad de tasas de cambio rápidas con las restricciones ambientales exigidas por las especies puede lograrse mediante el uso de «contraembalses» que laminen las descargas del sistema. Lógicamente, la adecuación de todas las infraestructuras no es siempre viable, ni mucho menos inmediata. Todo ello son elementos a tener en cuenta de cara a la fijación de las tasas de cambio.

El proceso para su estimación se basa en los siguientes pasos:

Descripción Metodológica:

1. Se parte del **análisis de las avenidas ordinarias de una serie hidrológica representativa de caudales medios diarios de, al menos, 20 años de duración**.
2. Se calculan las **series clasificadas anuales de tasas de cambio**, tanto en ascenso como en descenso.
3. Sobre estas series clasificadas, se establecerá un **percentil de superación en ascenso y en descenso**. La **obtención de una estimación media de las tasas de cambio** se realizará a partir de estos percentiles.
4. Una vez que se haya identificado la tasa de cambio a partir de los datos, se debe definir un l**ímite tolerable de tasa de cambio** para evitar efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos. Este límite debe ser suficientemente conservador para proteger la biodiversidad, evitando variaciones bruscas que puedan afectar a los organismos acuáticos y a la estructura del hábitat. El límite de tasa de cambio se puede establecer con base en la sensibilidad ecológica de las especies presentes y sus estadíos de desarrollo, especialmente aquellas que dependen de condiciones de caudal más estables, como los peces migratorios o los hábitats de desove.

Recomendación:

En ausencia de datos, se pueden usar aproximaciones basadas en las características geomorfológicas de la cuenca y el tipo de vegetación que domina la región. Por ejemplo, los ríos con una pendiente pronunciada o con cuencas pequeñas suelen tener tasas de cambio más rápidas, mientras que los ríos de cuencas grandes y más llanas pueden tener tasas de cambio más lentas. Estas aproximaciones ayudan a definir límites aproximados para la tasa de cambio.

Aunque los datos no estén disponibles, es importante establecer un límite prudente para la tasa de cambio que no cause impactos negativos en los ecosistemas. Este límite puede basarse en estudios previos de cuencas similares, en la ecología de las especies presentes o en principios conservadores que favorezcan la estabilidad ecológica.

Se pueden aplicar estrategias preventivas, como mantener la variabilidad del caudal dentro de un rango que favorezca a los ecosistemas. Esto se puede hacer evitando fluctuaciones rápidas que no son propias del régimen natural de muchos ríos.

Distribución de caudales en ríos temporales, intermitentes y efímeros

Los ríos temporales, intermitentes y efímeros, son cursos de agua cuyo régimen natural incluye periodos sin caudal. Aunque a veces se usan las palabras temporal e intermitente indistintamente, aquí distinguimos:

- Un río intermitente fluye durante ciertas épocas del año (generalmente la temporada húmeda) y se seca en épocas de estiaje previsiblemente. Mantiene tramos de corriente estacionales y a veces pozas aisladas en sequía (p. ej., ríos que corren solo en invierno).
- Un río efímero, en cambio, solamente lleva agua esporádicamente tras eventos de lluvia significativos; fuera de esas avenidas permanece seco, dado que no tiene aportes base ni flujo estacional estable (típico de cauces en zonas áridas).

Estos tipos de ríos no se habían mencionado antes, pero merecen atención especial: su régimen ecológico debe adaptarse a la realidad de que naturalmente el río cesa de fluir en ciertos periodos.

A continuación, se presentan recomendaciones para distribuir los caudales ecológicos en estos sistemas, teniendo en cuenta cuándo llevan agua, cuánto duran las fases húmedas/secas y cómo manejar las avenidas eventuales.

❓ ¿Cómo caracterizarlos?

Se debe partir del conocimiento del comportamiento natural del río en cuanto a:

- **Cuando lleva agua y cuándo no**
- **Cuánto dura cada fase**
- **Cuán intensos son los episodios de caudal**

❓ ¿Qué mirar en cada caso?

- **Ríos Temporales**
  → Definir los valores de caudales mínimos y máximos mensuales, como en ríos permanentes.
  → Identificar las épocas y características de los periodos sin caudal.
- **Ríos Intermitentes**
  → Describir las épocas sin caudal, su duración y frecuencia.
  → Valorar el papel de las aguas subterráneas en mantener pozas o remansos.
  → Considerar la importancia de las crecidas para el ciclo biológico.
- **Ríos Efímeros**
  → Identificar la duración de los periodos secos y el comportamiento tras las crecidas.
  → Reconocer el papel de las avenidas en mantener la forma y funciones del cauce.

❓ ¿Con qué base?

Utilizar series de datos de caudales, si existen, o información histórica y conocimiento local sobre:

- Épocas de sequía
- Avenidas más importantes
- Cambios observados en la vida acuática y vegetación

Descripción Metodológica:

1. **Recoger información** (datos, testimonios, mapas, series si existen)
2. **Describir el comportamiento típico** del río a lo largo del año.
3. **Identificar periodos sin caudal y episodios de crecida**.
4. **Definir un caudal ecológico básico** que respete este comportamiento natural y sus funciones mínimas.

Régimen de caudales ecológicos durante periodos de sequía

Antes de aplicar un régimen especial, es necesario entender **qué constituye una sequía hidrológica** y cómo reconocerla. En el contexto de la planificación, se considera sequía un período prolongado de caudales anormalmente bajos y disponibilidad hídrica reducida, más allá de la variabilidad estacional normal. Suele identificarse mediante **indicadores objetivos** (por ejemplo, índices de escasez o umbrales de caudal/acumulación en embalses) que, una vez sobrepasados, señalan la entrada en estado de sequía. Solo tras declarar formalmente esta situación de sequía (según los criterios legales o técnicos establecidos) se justifica implementar un régimen ecológico excepcional.

❓ **¿Cuándo aplicarlo?** Solo en situación oficial de sequía y bajo las condiciones que establezca el marco legal del país. Es decir, se deberá verificar que la normativa vigente permite adoptar excepciones temporales a los caudales ecológicos durante la sequía (por ejemplo, mediante un plan o protocolo de sequía aprobado por la autoridad competente). De lo contrario, el régimen ecológico ordinario seguirá vigente incluso en periodos secos.

❓ **¿Cómo debería ser este régimen?**

- Más flexible y reducido que el régimen **ordinario,** pero manteniendo:
  - El carácter natural de los mínimos mensuales.
  - Una **proporción respecto a los caudales en condiciones de No sequia** (manteniendo la forma mensual, aunque más bajos).
- Mínimo garantizado: Al menos conservar % de **hábitat potencial útil** (según simulaciones de hábitat) que permita garantizar el buen funcionamiento de los ecosistemas.

❓ **¿Cómo hacerlo?**

- Reducir progresivamente los caudales en proporción a la situación de sequía.
- Mantener la forma natural de los mínimos mensuales (bajar caudales sin alterar su distribución a lo largo del año).
- Simular o comprobar que al menos se mantiene el % de hábitat estimado como mínimo.

❓ **¿Qué evitar?**

- Deterioros ecológicos graves o irreversibles.
- Cambios bruscos o desordenados que puedan dañar los ecosistemas.

Descripción Metodológica:

1. Comprobar legalmente si es aplicable (plan de sequía y normativa).
2. Revisar indicadores hidrológicos y definir el grado de ajuste necesario.
3. Aplicar una reducción gradual y proporcional al régimen ordinario.
4. Asegurar que no se alteran los periodos mínimos mensuales ni se superan límites ecológicos.

Tarea 3: Análisis de consistencia técnica

Antes de su implantación formal, el régimen de caudales ecológicos propuesto debe someterse a una **revisión técnica ex ante**, que permita verificar si responde adecuadamente a los objetivos ecológicos definidos, es coherente con las condiciones hidrológicas del sistema y puede ser operado dentro de las capacidades reales de gestión.

Este proceso constituye una etapa iterativa de análisis técnico que permite, en caso necesario, **ajustar el régimen antes de su adopción definitiva**. Se aplicará preferentemente en aquellos tramos o puntos de control donde se disponga de información hidráulica o resultados de modelación que permitan contrastar los caudales propuestos con condiciones de referencia.

Se consideran dos enfoques complementarios:

1. Evaluación funcional ecológica (en base a simulaciones y coherencia técnica)

Este enfoque busca verificar que los caudales definidos conducen, en teoría, a condiciones ecológicas aceptables, mediante modelos y criterios indirectos:

- **Verificación mediante modelos hidráulico-biológicos** de que los caudales definidos generarían áreas funcionales de hábitat suficientes en escenarios críticos (reproducción, estiaje, etc.).
- **Revisión de la consistencia técnica** entre los caudales definidos y las curvas de preferencia o criterios ecológicos que se utilizaron para su determinación.

- **Análisis comparativo cualitativo** en tramos sin modelación específica: se evalúa si los caudales propuestos se asemejan a los definidos en tramos similares donde sí se aplicaron métodos avanzados (hidrología comparada).
- **Análisis inverso en tramos modelados:** se comprueba si los valores propuestos, introducidos en modelos hidráulicos, reproducen las condiciones (profundidad, velocidad, cobertura) que sustentan su justificación.
- **Comparación con series hidrológicas históricas:** se sitúan los valores definidos dentro del régimen hidrológico natural (e.g., Q95, Q50), evaluando si su magnitud resulta razonable.
- **Revisión cruzada de métodos:** se analiza la coherencia entre los caudales obtenidos por métodos hidrológicos simples y los resultados esperables según modelos de hábitat, cuando estos están disponibles.

2. Evaluación de viabilidad operativa del régimen propuesto

Este enfoque analiza si el régimen puede ser incorporado de manera realista en los esquemas actuales de distribución y gestión del agua, sin generar conflictos operativos o comprometer la garantía de los usos establecidos:

- **Integración del régimen propuesto en balances hídricos**, utilizando herramientas de simulación y escenarios representativos.
- **Estimación del impacto sobre la garantía de suministro** a los diferentes usos, diferenciando por sector (abastecimiento, riego, energía) y localización.
- **Identificación de posibles incompatibilidades técnicas o temporales** entre la implantación del régimen ecológico y los patrones actuales de demanda y regulación.

Los resultados de este análisis deben permitir, cuando sea necesario, **ajustar los valores propuestos con base en criterios técnicos sólidos**, manteniendo la función ecológica del régimen sin comprometer la viabilidad de su aplicación.

Tarea 4: Propuesta de régimen de caudales ecológicos

Este paso se enfoca en traducir los resultados del cálculo de caudales ecológicos en una **propuesta operativa de distribución temporal (usualmente mensual)** para la gestión del recurso. Es decir, se definen valores de caudal ecológico para cada mes (u otra unidad de tiempo pertinente) siguiendo el patrón establecido. Para ello se han de seguir los siguientes pasos:

Descripción Metodológica:

Antes de formular la propuesta final, se deben consolidar los resultados obtenidos en la fase previa de cálculo y validación.

- **Recopilación de valores definitivos de caudal ecológico:**
  - Caudal mínimo, Caudales máximos, tasas de cambio y caudales de crecida.
  - Ajustes basados en la validación ecológica y socioeconómica.

- **Análisis de compatibilidad con la gestión del agua:**
  - Identificación de restricciones operativas en embalses y tomas de agua.
  - Evaluación de impactos en usos del agua (abastecimiento, riego, hidroeléctrica).

Importante:
Puede resultar conveniente que las medidas para la implantación de los caudales ecológicos se adopten a nivel de gestión general, asegurando un marco homogéneo para todos los usuarios. Por tanto, en términos operativos, **cada embalse y derivación en la cuenca debería ajustar sus reglas de operación** para dar cumplimiento al régimen de caudales ecológicos establecido.
Esto se debería implementar mediante disposiciones legales o reglamentarias de carácter general (p. ej., condicionantes en las concesiones, normas técnicas de operación), garantizando así una aplicación uniforme en toda la cuenca o en todo el país.
No se abordarán soluciones caso por caso en el Plan, sino que se sentarán las bases para que las autoridades competentes desarrollen la reglamentación necesaria que permita la adaptación de todas las infraestructuras hidráulicas al nuevo régimen ecológico de caudales, en los términos que consideren procedentes.

Tarea 5: Proceso de concertación

Una vez definida técnicamente la propuesta de régimen de caudales ecológicos, se desarrollará un proceso de **concertación** con los usuarios del agua y demás actores involucrados (sector de riego, hidroeléctricas, abastecimiento, autoridades locales y ambientales, comunidades, etc.).
Este proceso consistirá en mesas de diálogo y consultas en el ámbito de la cuenca, coordinadas por la autoridad hídrica, para presentar los caudales propuestos, discutir sus implicaciones y recoger aportes.

El objetivo es lograr un **acuerdo social** en la implementación de los caudales ecológicos, equilibrando la protección ecológica con las necesidades socioeconómicas.
Cabe destacar que la concertación se llevará a cabo buscando el mayor consenso posible. Este paso asegura transparencia, legitimidad y compromiso de todos con las medidas adoptadas, en línea con los principios participativos de la GIRH.

Tarea 6: Implantación de caudales ecológicos

Con los caudales ecológicos ya concertados y formalmente adoptados en el Plan, se pasa a su **implantación** en la gestión del agua. En primer lugar, se emitirá el acto administrativo o normativo que establezca la **obligatoriedad legal** de respetar los nuevos caudales ecológicos para todos los aprovechamientos (p. ej., una resolución de la autoridad del agua que modifique las condiciones de las concesiones existentes). Se definirá una **estrategia de implementación progresiva**, cuando sea necesaria, diferenciando zonas o permitiendo un período de adaptación: por ejemplo, escalonar los caudales ecológicos incrementándolos gradualmente hasta alcanzar el valor pleno en un cierto número de años, especialmente en cuencas altamente reguladas.
Durante la implantación, se pondrá en marcha el **sistema de monitoreo y control** para verificar el cumplimiento. Si en la fase de seguimiento se detecta que algún caudal ecológico no cumple su función o genera impactos no previstos, se activarán los mecanismos de **gestión adaptativa**: es decir, se propondrán ajustes al régimen en la siguiente revisión del Plan.
En síntesis, esta tarea traduce las medidas de papel a la realidad operativa, garantizando que los caudales ecológicos pasen de ser números en el plan a flujos concretos en los ríos.

Tarea 7: Monitoreo, cumplimiento y seguimiento

La implementación de caudales ecológicos no es suficiente por sí sola, es esencial garantizar su cumplimiento y evaluar su efectividad a lo largo del tiempo. Para ello, se requieren mecanismos legales sólidos, monitoreo continuo y un enfoque adaptativo que permita ajustes cuando sea necesario. A continuación, se apuntan las claves principales para el **cumplimiento** de los caudales ecológicos.

- El éxito de los caudales ecológicos depende en gran medida de su inclusión en el marco normativo y la existencia de mecanismos para poder exigir su cumplimiento.
- Debe establecerse su obligatoriedad para distintos sectores (hidroeléctricas, riego, abastecimiento urbano, industria, etc.).

- Las autoridades responsables deben tener competencias claras para su supervisión y aplicación.
- Será necesario definir qué se va a considerar un fallo en el cumplimiento de los caudales ecológicos; es decir, el paso de tiempo para el análisis que puede ser, instantáneo, horario, diario…etc.
- Se deben definir sanciones económicas, administrativas y legales para usuarios que no cumplan con los caudales ecológicos.
- Es clave que la fiscalización se realice mediante inspecciones regulares y auditorías hidrológicas.

En cuanto al **seguimiento**, no basta con establecer valores de referencia, sino que es fundamental desarrollar una metodología robusta. Para ello, se deben considerar varios aspectos clave:

a. Selección de indicadores
b. Diseño de una red de monitoreo
c. Validación de los caudales ecológicos
d. Herramientas para el seguimiento
e. Implementación de medidas correctoras

Descripción Metodológica:

Paso 1: Selección de indicadores para el seguimiento

El seguimiento debe basarse en indicadores hidrológicos, ecológicos y socioeconómicos que permitan evaluar el impacto real de los caudales ecológicos en los ecosistemas. Se pueden considerar los siguientes indicadores:

- **Indicadores Hidrológicos**: Variabilidad del caudal, cumplimiento del régimen de caudales ecológicos (caudal mínimo, máximo, tasas de cambio).
- **Indicadores Ecológicos**: Estado de las comunidades biológicas (macroinvertebrados, peces, vegetación ribereña), conectividad fluvial, calidad del hábitat.
- **Indicadores Socioeconómicos**: Impacto en el uso del agua para abastecimiento, riego, hidroenergía, percepción de actores locales.

Paso 2: Diseño de una red de monitoreo

Para asegurar un seguimiento efectivo, se deben establecer estaciones de monitoreo en puntos estratégicos:

- Tramos prioritarios según vulnerabilidad ecológica (zonas de reproducción de especies clave, áreas protegidas).
- Ríos regulados por presas o con alta extracción de agua.
- Tramos de referencia en buen estado para comparar tendencias.

La **frecuencia del monitoreo** dependerá del tipo de indicador. Los datos hidrológicos deben obtenerse, si es posible, en tiempo real o, si ello no fuera posible, con mediciones diarias continuas (caudales instantáneos), mientras que los indicadores ecológicos pueden evaluarse trimestral o anualmente, dependiendo del ciclo de vida de las especies de interés.

Paso 3: Verificación de los caudales ecológicos

El cumplimiento del régimen de caudales ecológicos debe verificarse mediante:

- Comparación entre caudales medidos y valores objetivo, identificando desviaciones y sus causas (sequías, extracciones ilegales, fallos en la operación de infraestructuras).
- Evaluación de la respuesta ecológica, midiendo la recuperación de hábitats y especies sensibles.

Herramientas para el seguimiento: Existen diversas metodologías y tecnologías para mejorar la evaluación de los caudales ecológicos:

- Técnicas de teledetección para identificar cambios en la vegetación de ribera y humedales asociados al régimen de caudales.

- Bioindicadores como peces migratorios, macroinvertebrados o vegetación acuática, que permiten detectar efectos a mediano y largo plazo.

Paso 4: Implementación de medidas correctivas

Si el monitoreo revela incumplimientos o efectos negativos no previstos, se deben activar mecanismos de ajuste, tales como:

- Ajuste, en la siguiente revisión del plan permitiendo la revisión de los caudales establecidos si se detecta que no cumplen con los objetivos ecológicos previstos. Ajustes de modelos usados para la estimación de caudales.
- Modificación de la operación de infraestructuras (por ejemplo, cambios en la curva de desembalse de una presa).
- Reforestación de áreas ribereñas para mejorar la infiltración y reducir la erosión.

Recomendación:

En ausencia de datos se pueden usar métodos alternativos. Por ejemplo, pueden llevarse a cabo acciones como:

- Monitoreo comunitario: Se capacita a pobladores locales para hacer mediciones periódicas con métodos sencillos (flotadores, aforos manuales, registros visuales).
- Indicadores ecológicos cualitativos: Se observan cambios en la vegetación riparia, presencia de peces y estado de pozas permanentes como señal de cumplimiento o incumplimiento del caudal ecológico.
- Fotomonitoring: Uso de fotografías en puntos fijos del río para documentar variaciones en el caudal y hábitat acuático.

Tareas a realizar en contextos con información insuficiente

Objetivo: Establecer un procedimiento simplificado e intermedio y provisional para la determinación de caudales ecológicos en situaciones de baja disponibilidad de información, que permita generar valores de referencia iniciales y sentar bases para procesos participativos y estudios futuros.

Consideraciones Previas:

- Contexto hidrológico limitado (sin series largas de caudal).
- Poca información sobre fauna acuática.
- Enfoque adaptado a condiciones tropicales y subtropicales.

Descripción Metodológica:

Tarea 1: Delimitación y selección de tramos prioritarios

- Identifique los tramos fluviales prioritarios (alta biodiversidad, captaciones relevantes, conflictos de uso).
- Recopile información disponible sobre usos actuales del agua, alteraciones y presiones significativas (presas, derivaciones, vertidos).
- Defina claramente la ubicación geográfica y extensión longitudinal del tramo seleccionado.

Herramientas recomendadas:

- Imágenes satelitales (Google Earth, Sentinel).
- Información local y entrevistas con actores clave (usuarios del agua, técnicos locales).

Tarea 2: Caracterización básica del régimen hidrológico

Este paso consiste en obtener una estimación simplificada pero rigurosa del régimen hidrológico del tramo fluvial seleccionado, especialmente importante en contextos latinoamericanos donde los registros hidrológicos suelen ser limitados o incompletos. La caracterización básica del régimen hidrológico busca definir parámetros esenciales de caudal mediante métodos indirectos o simplificados, permitiendo obtener información preliminar suficiente para la determinación posterior del caudal ecológico, Este paso no determina aún el caudal ecológico, sino que caracteriza cuál es la situación hidrológica general del tramo.

Actividades específicas del paso:

1. **Recopilación y análisis preliminar de información disponible**
   - Identifique toda fuente de datos hidrológicos disponible:
     - Estudios técnicos o científicos anteriores (instituciones ambientales, tesis académicas, ONGs).
     - Registros históricos parciales o aforos puntuales existentes, aunque sean discontinuos.
     - Información climática regional básica (precipitación anual media, estaciones meteorológicas cercanas, mapas de evapotranspiración).

2. **Estimación preliminar del régimen hidrológico con métodos indirectos**

En ausencia de información continua o detallada de caudales diarios o mensuales, se emplean métodos hidrológicos simplificados, ampliamente aceptados en la región por su validación técnica y facilidad de implementación:

Importante:
- Estos métodos simplificados aportan una estimación preliminar en contextos con escasez de datos hidrológicos continuos o detallados.
- Deben considerarse como resultados iniciales provisionales.
- Debe señalarse explícitamente la importancia de obtener mejores datos a futuro (mediciones continuas, estaciones hidrológicas permanentes, monitoreo regular) para mejorar la precisión de la caracterización hidrológica del tramo.

Tarea 3: Métodos hidrológicos simplificados recomendados y su procedimiento técnico

A. Método de Percentiles de Excedencia (Q90/Q95)

Este método se basa en la determinación del caudal mínimo habitual en periodos críticos de estiaje:

- **Q95:** Caudal excedido el 95% del tiempo; caudal mínimo habitual que asegura condiciones mínimas de sostenibilidad ecológica.
- **Q90:** Caudal excedido el 90% del tiempo; levemente superior al Q95, menos conservador.

¿Cómo estimarlo en contexto limitado?:

- Realizar campañas puntuales de aforos durante la época de mínimo caudal (estiaje severo).
- Obtener mínimo 3-5 valores puntuales de aforo, idealmente distribuidos en diferentes años.
- Establecer el valor mínimo observado o la media de los mínimos obtenidos, como una primera estimación indirecta de Q90/Q95.
- Usar información de estaciones hidrológicas cercanas (si existen, aunque sean incompletas) para una interpolación básica que apoye el valor obtenido en campo.

B. Método del Porcentaje del Caudal Medio Anual (%QMA)

Este método permite una estimación preliminar del régimen hidrológico básico a partir del caudal medio anual (QMA) obtenido por métodos indirectos, como ecuaciones regionales lluvia-escorrentía.

¿Cómo aplicarlo técnicamente en contexto limitado?:

- Emplear ecuaciones empíricas regionales validadas localmente que calculan el caudal medio anual a partir de datos fáciles de obtener como precipitación media anual, área de cuenca, pendiente, cobertura vegetal y tipos de suelo.
- Una vez estimado el caudal medio anual mediante estas ecuaciones indirectas, selecciona un porcentaje recomendado en el país o en otros estudios según la presión de uso.

Ejemplo simplificado de cálculo:

- Supongamos que, mediante una ecuación regional lluvia-escorrentía, se estimó que el caudal medio anual indirectamente obtenido para una cuenca específica es de 4 m³/s.
- Se selecciona como primera referencia un porcentaje medio del 15% → Caudal preliminar simplificado: 0,6 m³/s.

Herramientas recomendadas

- **Software libre especializado en hidrología:** Programas gratuitos con capacidad de:
  - Estimar caudales mediante métodos indirectos (lluvia-escorrentía, interpolación hidrológica básica).
  - Calcular rápidamente estadísticas hidrológicas básicas (percentiles Q90/Q95).
- **Herramientas SIG (Software libre):**Permiten la obtención de información espacial básica necesaria para estimaciones indirectas (superficie de cuenca, curvas de nivel, cobertura vegetal, precipitación especializada).
- **Hojas de cálculo convencionales:** Utilizadas para implementar fórmulas regionales simplificadas (por ejemplo, ecuaciones empíricas de escorrentía anual o estadísticas básicas para percentiles Q90/Q95).

Tarea 4: Análisis básico de especies indicadoras

Aunque no se realicen métodos hidrobiológicos formales por limitación de recursos o datos, es importante no ignorar totalmente los aspectos biológicos en la determinación inicial de caudales ecológicos. La razón es la siguiente:

- Los caudales ecológicos, por definición, tienen como objetivo mantener un régimen hidrológico mínimo compatible con la conservación básica de la vida acuática.
- Aún con limitada información, es técnicamente recomendable incorporar una aproximación cualitativa básica que considere las necesidades ecológicas mínimas de la fauna acuática local.
- Se trata, por tanto, de hacer una valoración cualitativa simplificada, más que estudios cuantitativos complejos.

En contextos con información limitada, la determinación del caudal ecológico debe integrar un criterio biológico simplificado y fácilmente realizable. Para ello, el procedimiento técnico recomendado sería:

1. **Selección sencilla de especies clave (cualitativa):**
   - Seleccionar especies indicadoras bien conocidas, relevantes ecológica o socialmente, y de presencia conocida en el tramo (peces migratorios, especies de interés pesquero local o en riesgo conocido).
   - Esta selección puede realizarse mediante una breve consulta bibliográfica o entrevistas cortas con actores locales (pescadores, técnicos ambientales locales, universidades locales).
2. **Identificación básica de periodos críticos (sin mediciones formales):**
   - Documente cualitativamente períodos de reproducción, migración, crecimiento, o estiaje severo conocidos por la comunidad local o expertos locales.

- Esto permite ajustar ligeramente la distribución temporal del caudal ecológico preliminarmente estimado.

3. **Consulta de información previa disponible (sin estudios específicos nuevos):**
   - Revisar brevemente estudios locales o regionales existentes (tesis académicas, informes técnicos, documentos institucionales locales) sobre especies acuáticas relevantes en la región o tramo específico.
4. **Validación visual cualitativa en campo:**
   - Observar en campo (en época seca o crítica) si el caudal estimado preliminarmente mantiene hábitats mínimos (como pozas, áreas de refugio, conexión del cauce, etc.) que puedan satisfacer condiciones mínimas para las especies identificadas.

Recomendación:

- Debe quedar claro que este paso es **explícitamente cualitativo y simplificado**, no implicando métodos hidrobiológicos formales.
- La selección de especies indicadoras debe basarse en conocimiento local o documentación previa sencilla y fácilmente accesible, no en nuevos estudios.
- Debe aclararse explícitamente que esta aproximación básica es una primera etapa provisional hasta disponer de información biológica más robusta.
- Si incluso la identificación cualitativa de especies clave resulta inviable o incierta, es posible sustituir este paso directamente por una validación visual cualitativa general del hábitat fluvial durante el periodo de caudal mínimo crítico. Es decir, evaluar únicamente la conexión mínima de hábitats visibles y presencia general de fauna, sin especificar especies concretas.

Tarea 5: Cálculo preliminar del caudal ecológico (método simplificado hidrológico adaptado)

Este paso consiste en aplicar métodos simplificados y validados regionalmente para la estimación preliminar del caudal ecológico en cuencas con limitada información hidrológica. La elección del método dependerá especialmente de la disponibilidad y calidad de los datos hidrológicos existentes, las características del tramo analizado, y los objetivos ecológicos preliminares definidos previamente.
En situaciones frecuentes, especialmente en pequeñas y medianas cuencas o cuencas con escasos registros hidrométricos, es habitual no contar con datos diarios o mensuales detallados, **pero sí disponer de estimaciones indirectas del caudal medio anual** obtenidas a través de métodos regionales simplificados (ecuaciones empíricas, métodos de regresión hidrológica regional, curvas regionales lluvia-escorrentía, entre otros).
Se proponen los siguientes métodos adaptados al contexto latinoamericano con su desarrollo técnico:

1. **Método del Porcentaje del Caudal Medio Anual (%QMA)**

Este método establece el caudal ecológico preliminar a partir de un porcentaje estimado sobre el caudal medio anual (QMA)(paso 2). Su aplicación es especialmente útil cuando se dispone únicamente de una estimación general indirecta del caudal medio anual, obtenida mediante:

- Ecuaciones empíricas regionales (lluvia-escorrentía) que utilizan variables hidrológicas y físicas sencillas (precipitación media anual, área de la cuenca, tipo de cobertura, pendiente media).
- Registros históricos muy limitados o aforos puntuales.

<u>Procedimiento metodológico:</u>

- Utilizar el valor de caudal medio anual (QMA) obtenido previamente mediante ecuaciones empíricas regionales (ver Paso 2).

- Aplicar un porcentaje del QMA como estimación inicial del **caudal ecológico**, seleccionando el valor en función del nivel de presión hídrica y del grado de incertidumbre disponible:
  - En contextos de alta presión sobre el recurso o falta de información fiable, se recomienda adoptar valores más altos del rango como medida precautoria.
  - En cuencas con baja presión hídrica o buena conectividad ecológica, puede aplicarse un valor más conservador del rango inferior.

Ejemplo de aplicación práctica:

Imaginemos que, aplicando una fórmula que relaciona precipitación media anual, área de la cuenca y un coeficiente de escorrentía, se ha estimado que el **caudal medio anual (QMA)** para el tramo estudiado es de **3,2 m³/s**.(Paso 2).

A partir de este valor, se procede a calcular un **caudal ecológico preliminar** aplicando los porcentajes definidos en el procedimiento anterior:

- **10% del QMA** → 0,32 m³/s → aplicable si la cuenca presenta baja presión o buen estado ecológico.
- **20% del QMA** → 0,64 m³/s → recomendable si existe alta presión sobre el recurso, alteración hidrológica o incertidumbre significativa.

Cuando **no se dispone de suficiente información** para determinar con claridad el grado de presión o alteración, es habitual aplicar un criterio precautorio intermedio.

En estos casos se propone un valor de **% del QMA**, menor a los anteriores que ofrece un equilibrio entre conservación y viabilidad de gestión:

2. Método de Percentiles de Excedencia (Q90/Q95)

El método Q90/Q95 es ampliamente empleado en Latinoamérica cuando se tienen series limitadas o registros puntuales de caudal, y permite estimar un valor conservador de caudal ecológico para situaciones de estiaje extremo:

- Q95: valor de caudal excedido el 95% del tiempo (caudal mínimo habitual). Usado como referencia mínima precautoria para mantener vida acuática básica.
- Q90: valor excedido el 90% del tiempo. Ligeramente menos restrictivo que el Q95 y apropiado cuando la presión de uso es moderada.

Procedimiento metodológico simplificado:

- Si no dispones de datos diarios o mensuales directos, puedes estimar Q90 o Q95 a partir de aforos puntuales realizados en periodos de estiaje (campañas específicas).
- Si existe una estación hidrológica cercana (aunque sea corta o discontinua), extrapola mediante métodos simplificados (interpolación hidrológica básica).

Ejemplo práctico simplificado:

- Realiza campañas de medición en épocas secas.
- Establece un valor medio de estos aforos y considéralos como un valor de referencia del Q95 o Q90 (dependiendo de su severidad).

3. Método de Tennant adaptado (porcentajes diferenciados estacionales)

En contextos latinoamericanos donde existen al menos datos básicos estacionales (lluvia seca/húmeda) y alguna estimación del caudal medio anual, es posible usar el método simplificado de Tennant adaptado.

Procedimiento metodológico simplificado**:**

- Divide el año en dos o tres periodos hidrológicos claramente definidos (seco, húmedo, transición).
- Usa porcentajes adaptados regionalmente (por ejemplo):
  - Periodo seco crítico: 10–20% QMA
  - Periodo húmedo o transición: 30–40% QMA
- Este método permite un manejo más adaptado a condiciones hidrológicas locales, aun cuando la información es limitada.

Ejemplo práctico simplificado:

- Si la estimación indirecta del caudal medio anual es 5 m³/s:
  - Periodo seco: 15% QMA → 0.75 m³/s
  - Periodo húmedo: 35% QMA → 1.75 m³/s

Herramientas recomendadas

- Software libre especializado en hidrología: Herramientas informáticas gratuitas para realizar cálculos hidrológicos simples, realizar aforos puntuales, procesar ecuaciones regionales empíricas o generar series hidrológicas simplificadas.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG) libres: Para realizar análisis espacial básico, delimitación de cuencas, estimaciones indirectas (mediante capas de precipitación, cobertura vegetal y suelo).
- Hojas de cálculo convencionales para cálculo sencillo del porcentaje QMA y aplicación de porcentajes estacionales.

Tarea 6: Talleres participativos locales

- Organiza al menos un taller con actores clave: usuarios del agua, técnicos locales, autoridades ambientales, comunidades indígenas y locales.
- Presenta los resultados preliminares y obtén retroalimentación sobre la factibilidad y la percepción local del caudal propuesto.

Herramientas recomendadas:

- Metodologías participativas simples (mapas participativos, entrevistas semiestructuradas).
- Documentación gráfica para facilitar comunicación (fotografías, gráficos claros y sencillos).

Tarea 7: Ajuste definitivo del régimen preliminar de caudales ecológicos

- Integra los aportes técnicos y locales obtenidos en talleres.
- Formula un régimen inicial de caudales ecológicos (mensual o estacional según capacidad de gestión).
- Documenta las limitaciones, incertidumbres y propone claramente la necesidad de revisión posterior cuando exista mejor información.

✅ **Ventajas del enfoque propuesto:**

- Adaptado específicamente para Latinoamérica.
- Técnicamente riguroso pero aplicable en contextos de limitación de datos.
- Económicamente viable (baja inversión inicial, uso de herramientas abiertas).
- Integración de actores locales en la validación y adopción inicial de caudales ecológicos.

⚠️ **Limitaciones:**

- Resultados iniciales deben ser revisados periódicamente conforme se obtenga más información.
- Dependiente de la validación visual en campo y el juicio experto local.

GUÍAS

Guía 1: Metodologías para el cálculo de caudales ecológicos y ambientales en ríos regulados en México
🔗 https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/metodologias-calculo-presas/files/assets/basic-html/page158.html

Guía 3:Caudal ecológico del río Chambas en la provincia Ciego de Ávila (Cuba)

http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v37n1/riha05116.pdf

Guía 3: Guía para la determinación de caudal ecológico en México
https://www.researchgate.net/profile/Juan-Reyes-Gonzalez/publication/264457391_Guia_para_la_determinacion_de_caudal_ecologico_en_Mexico/links/53dfebc90cf2aede4b4a91d1/Guia-para-la-determinacion-de-caudal-ecologico-en-Mexico.pdf

Guía 4: Estudios técnicos de caudales ecológicos en la cuenca Chancay-Huaral (Perú)
https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-lima/archivos/public/docs/2807-qeco.pdf

Guía 5: IberHABITAT: evaluación de la idoneidad del hábitat físico y del hábitat potencial útil para peces (río Eume)

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/180239/KR_07.pdf

Guía 6: Guía metodológica para determinar el caudal ambiental para centrales hidroeléctricas en el SEIA (Chile)
https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/imce/archivos/2017/12/19/guia_metodologica_caudal_ambiental.pdf

Guía 7: Metodología para la determinación y evaluación de caudales ecológicos y planes de manejo de cuencas en Paraguay
https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2023/06/Estado-del-Arte.-2.1.-Caudal-Ecologico.pdf

Guía 8: Recomendaciones para la concertación de regímenes ecológicos de caudales en la planificación hidrológica española
https://www.fnca.eu/images/documentos/ODMA/4a%20FASE/docu316.pdf

Guía 9: Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 sobre caudales ecológicos
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166834/NMX-AA-159-SCFI-2012.pdf

Guía 10:`Curvas de preferencia para especies piscícolas de las cuencas del Guadiana y Guadalquivir
https://www2.montes.upm.es/Dptos/dsrn/Hidrobiologia/INFORMES/CurvasPreferencia_ot.pdf

Guía 11: *Ecological Flows in the Implementation of the Water Framework Directive* (UE)
https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/publicaciones/Guidance%20No%2031%20-%20Ecological%20flows%20(final%20version).pdf

Guía 12: Análisis del método de porcentaje utilizado por la Dirección de Agua para determinar el caudal ambiental (Costa Rica)
https://da.go.cr/wp-content/uploads/2021/02/ANALISIS-METODO-PORCENTAJE-UTILIZADO-POR-LA-DIRECCION-DE-AGUA-PARA-DETERMINAR-CAUDAL-AMBIENTAL.pdf

[3.4.4] Balance de recursos-demandas y la asignación y reserva de recursos hídricos

Definición: El **balance entre recursos y demandas** constituye uno de los ejes técnicos de análisis en la planificación hidrológica. A través de este procedimiento se compara la disponibilidad efectiva de recursos hídricos con las demandas existentes y futuras, permitiendo evaluar la capacidad de cada sistema de explotación (o unidad de gestión) para atenderlas bajo distintos escenarios hidrológicos. Una vez obtenido el diagnóstico de cobertura, presión o déficit, el plan puede aplicar, si se dispone de la información necesaria y un sistema concesional desarrollado, el proceso de **asignación y reserva de recursos**. Este proceso consiste en proponer una distribución técnica del recurso entre los distintos tipos de uso y, si procede, reservar volúmenes para futuras demandas justificadas dentro del horizonte del plan.

Objetivo: Los balances permiten obtener una visión precisa y cuantificada de la situación hídrica del sistema, identificando el grado de cobertura alcanzado, los niveles de garantía por tipo de uso, y las posibles situaciones de estrés hídrico o déficit.

A partir de estos resultados, el proceso de asignación busca garantizar una distribución eficiente, equitativa y sostenible del recurso, respetando los compromisos ambientales y sociales, priorizando los usos estratégicos y permitiendo la inclusión ordenada de nuevas demandas.

En los casos en que no sea viable aplicar una asignación formal, el balance detallado sigue siendo una herramienta útil para orientar decisiones de gestión, establecer prioridades de actuación y diseñar medidas progresivas de mejora.

Utilidad:

El análisis de balances y asignación aporta valor en múltiples niveles de la planificación hidrológica:

- Justifica técnicamente las decisiones sobre el reparto del recurso y la atención a la demanda.
- Permite anticipar déficits estructurales y proponer medidas de ajuste (eficiencia, regulación, obras, control de usos).
- Orienta la ordenación de usos y la programación de reservas en función del grado de cobertura alcanzado.
- Apoya decisiones concesionales, especialmente en contextos donde los derechos de uso deben estar alineados con la disponibilidad real.
- Refuerza la transparencia del proceso de planificación, al permitir que las decisiones estén basadas en evidencia técnica.

Contenidos que deben incluirse en un Plan Hidrológico

El plan hidrológico debe contener de manera clara y sistemática los resultados de los balances hídricos (recursos vs. demandas) desglosados por sistema de explotación o unidad de gestión. A partir de esos balances, se justifican las asignaciones a cada tipo de uso y las reservas previstas para demandas futuras, respetando siempre las restricciones ambientales si se hubieran considerado como tales (por ejemplo: caudales mínimos, zonas de reserva o requerimientos de calidad, entre otros).
El plan hidrológico debería incluir en contextos de información limitada o media o donde no se ha desarrollado el sistema concesional:

- **Sistemas de explotación como elemento de análisis.**
- **Balances recursos-demandas.**

En contextos de disponibilidad alta de información y capacidad para aplicar el proceso de asignación y reserva de los recursos, además de lo anterior se debe incluir:

- **Metodología general para la asignación y reserva de recursos.**
- **Asignación de recursos por tipo de uso y nivel de garantía alcanzado y las reservas previstas para demandas futuras.**

El trabajo de asignar los recursos va a necesitar disponer de los resultados de otras tareas que se habrán tenido que desarrollar previamente o al menos en clara conexión con esta actividad, en particular:

- **Inventario recursos hídricos**.
- Catálogo de unidades de demanda (**Descripción general de usos y demandas**)
- Descripción suficientemente detallada, a efectos de su documentación en las herramientas de balance, del **patrimonio hidráulico y sus reglas de operación**.

Sistemas de explotación como elemento de análisis

Desarrollo del contenido en Tarea 1: Descripción de los sistemas de explotación o unidad de gestión seleccionada

En el marco del plan hidrológico, el **sistema de explotación** constituye la **unidad operativa fundamental** para realizar los balances entre los recursos y las demandas, y por tanto para plantear el análisis de la asignación y reserva de recursos. Cada sistema agrupa cuerpos de agua, infraestructuras hidráulicas y demandas que interactúan bajo unas determinadas reglas de operación adoptadas dentro de un mismo ámbito territorial.

Delimitación y descripción del sistema o unidad de explotación

El plan debe incluir una **descripción clara de cada sistema**, detallando:

- Su **delimitación geográfica**.
- Los **elementos físicos y operativos** que lo componen.
- Su **estructura de funcionamiento** (regulación, transporte, atención a demandas).
- Y, si existen, sus **interconexiones** con otros sistemas de explotación.

Esta caracterización ofrece el marco espacial y técnico necesario para realizar los balances hídricos y fundamentar las decisiones de asignación y gestión dentro del plan.

Importante:
El sistema de explotación constituye el **marco técnico de análisis** para realizar balances hídricos, asignaciones y reservas. No obstante, en ciertos casos puede ser necesario introducir **estructuras jerárquicas adicionales** (como subsistemas o sectores operativos, o incluso reunir varios sistemas en un esquema unificado), por ejemplo, cuando se gestionan cuencas interconectadas, zonas con diferentes patrones de uso, o infraestructuras compartidas.
En tales situaciones, se recomienda justificar técnicamente esta división o agrupación, asegurar su coherencia con el modelo de simulación empleado y mantener la consistencia en su aplicación a lo largo de todo el análisis.

Balances recursos-demandas

Desarrollo del contenido en Tarea 2: Balances hídricos por sistema de explotación

El plan hidrológico debe incluir los resultados del **análisis comparativo entre los recursos hídricos disponibles y las demandas existentes y previstas** en cada sistema de explotación. Estos balances constituyen el punto de partida técnico del proceso de asignación y reserva de recursos, ya que permiten evaluar la capacidad del sistema para atender las demandas en distintos escenarios hidrológicos y bajo condiciones operativas realistas.

El análisis puede realizarse con **diferentes niveles de detalle**, en función de la información disponible y del grado de desarrollo del sistema de gestión:

- **Simplificado**: cuando no se dispone de información suficiente o desagregada, el balance se realiza considerando únicamente los **valores globales** de recursos y demandas del sistema de explotación. Esta aproximación simplificada puede ser muy peligrosa y llevar a interpretaciones manifiestamente erróneas. Por ejemplo, en España los recursos hídricos anuales medios superan los 100.000 millones de metros cúbicos mientras que las demandas rondan los 30.000 millones de metro cúbicos anuales, la comparación de ambas cifras podría conducir a interpretar la ausencia de problemas de suministro y de atención de demandas, cuando la realidad de hecho dista de corresponder con esa interpretación. Sin embargo, y con las debidas precauciones, este enfoque simplificado puede ayudar a detectar si existe un déficit general, aunque no permite identificar **en qué parte del sistema se produce ni con qué demandas.** (Tareas a realizar en contextos con información limitada). De esta manera no se aportan resultados de detalle, por lo que sólo una tiene validez muy limitada, a título general, en análisis globales comparativos.
- **Detallado**: cuando se conoce la estructura interna del sistema y se pueden representar los elementos que lo componen (usos, fuentes, nodos de demanda, infraestructuras, reglas de operación…). Esto permite **localizar geográficamente los recursos y demandas**, modelizar el funcionamiento del sistema e identificar zonas potencialmente deficitarias y mejorar la capacidad operativa del análisis. De esta manera es como el balance realmente alcanza su mayor utilidad, al poder aportar resultados de forma detallada.

En todos los casos, se recomienda ejecutar el balance a escala del **sistema de explotación**, que es la unidad técnica de análisis más eficiente de cara a la elaboración de un plan. Lo que varía no es la escala territorial, sino el **nivel de desagregación interna** que puede alcanzarse dentro del sistema, en función del grado de conocimiento técnico e información disponible.

Este enfoque progresivo permite adaptar el análisis a contextos diversos, fortaleciendo la base técnica para la asignación de recursos y permitiendo avanzar progresivamente hacia una planificación más detallada y operativa.

La información generada en este apartado permite:

- Detectar déficits estructurales o zonas críticas.
- Identificar oportunidades de mejora en la eficiencia, regulación y priorización de demandas.
- Justificar técnicamente la asignación de recursos y la programación de reservas.

Los siguientes apartados desarrollan los componentes técnicos necesarios para llevar a cabo este análisis: estimación de los recursos disponibles, cuantificación de demandas, modelización del sistema, procedimiento de balance y presentación del diagnóstico final.

Estimación de los recursos hídricos disponibles

Se debe llevar a cabo una cuantificación de los recursos hídricos que se consideran disponibles en cada sistema de explotación para la atención de las demandas. El análisis debe contemplar tanto los recursos superficiales como los subterráneos, incluyendo las aportaciones medias obtenidas a partir de series históricas representativas. Asimismo, deben considerarse los recursos no convencionales, como la reutilización de aguas residuales o la desalación, en los casos en que estén presentes.

Importante:
El cálculo de los recursos hídricos disponibles debe derivarse de la información contenida en el Inventario recursos hídricos, a fin de garantizar la coherencia metodológica en todo el plan.

La disponibilidad efectiva de recursos puede calcularse **descontando del volumen bruto** los caudales ecológicos (cuando se consideren como restricción operativa), las pérdidas por evaporación o infiltración, y otras limitaciones ambientales o técnicas. Y tomando en consideración también la capacidad de los embalses y otras infraestructuras para acomodar los suministros a las demandas.

La **forma de aplicar esta estimación dependerá del nivel de detalle del balance**:

- En enfoques **simplificados**, se estima un volumen total disponible para todo el sistema de explotación, sin discriminar espacial ni funcionalmente su origen o distribución.
- En análisis más **detallados**, se asocian los recursos a subzonas o nodos específicos del sistema, permitiendo representar su localización y comportamiento con mayor precisión. La estimación debe basarse en **series de aportaciones mensuales suficientemente largas** que permitan representar la variabilidad hidrológica del sistema, incluyendo años medios, húmedos, secos, condiciones de sequía, y demás circunstancias.

Caracterización y cuantificación de las demandas

El plan debe ofrecer una visión detallada de las demandas hídricas dentro de cada sistema de explotación, **agrupadas por tipo de uso** (abastecimiento urbano, agrícola, industrial, ambiental, etc.) y organizadas en unidades de demanda (conforme hayan sido definidas en la tarea de **Descripción general de usos y demandas de agua**). Esta información constituye uno de los pilares del balance, por lo que debe ser **técnicamente fundamentada y trazable**.

En el caso de **balances detallados**, estas demandas deben estar **desagregadas espacial y temporalmente**:

- Ubicadas geográficamente dentro del sistema y vinculadas a infraestructuras y nodos de demanda concretos, en caso de que exista información suficiente.
- Distribuidas en **series tipo que representan la distribución**, para capturar estacionalidad y coincidencia con la disponibilidad del recurso.

En cambio, en análisis más **simplificados o agregados**, las demandas pueden estimarse como **volúmenes totales por tipo de uso** en el conjunto del sistema, sin localización precisa, aunque esto limita la posibilidad de priorización operativa y de identificación geográfica de déficits.

Además de las demandas actuales, deben identificarse aquellas **demandas futuras justificadas** cuya entrada en servicio esté prevista dentro de los horizontes del plan. Para su inclusión, se requiere justificar técnicamente su probabilidad de ocurrencia mediante referencias como:

- Planes sectoriales aprobados.
- Proyectos urbanísticos en trámite.
- Iniciativas agrícolas registradas o en evaluación administrativa.
- Etc.

Modelización del sistema

El plan hidrológico debe establecer cómo se ha representado el funcionamiento del sistema de explotación para simular la relación entre recursos disponibles y demandas. La modelización debe permitir reproducir la operación del sistema bajo distintos escenarios hidrológicos, identificando su capacidad de atención a las demandas y posibles déficits.

La representación del sistema debe incorporar, en la medida de lo posible, los siguientes elementos funcionales:

- **Cuerpos de agua**: ríos, embalses, acuíferos …
- **Infraestructuras hidráulicas**: presas, conducciones, canales, estaciones de bombeo, derivaciones,
- **Nodos de demanda**
- **Reglas de operación** y restricciones técnicas o ambientales (si los caudales ecológicos se hubieran establecido como tales).
- **Prioridad de usos (**establecida normativamente o en el propio plan**)**

La modelización numérica del sistema se llevará a cabo siempre que sea posible, especialmente cuando se tenga información suficiente para hacer balances **detallados o completos**, en los que se requiere una representación explícita del sistema: asignación espacial de nodos, trazado de redes, aplicación de reglas de explotación, restricciones ambientales (si las hubiera), y parámetros operativos (eficiencia, retornos, etc.).

La modelización con series largas de datos mensuales de aportaciones permite contemplar la variabilidad hidrológica representativa del sistema de explotación (años medios, secos, húmedos y sequías prolongadas, etc.).

Se deben definir los **criterios que determinan cuándo se considera que una demanda ha sido satisfecha** (Conceptos y criterios para abordar la planificación hidrológica con visión de GIRH). Estos criterios son **un input al modelo**, no un resultado. Pueden expresarse, por ejemplo, como el **porcentaje mínimo de cobertura mensual** o como el **número de meses tolerables con atención parcial** (Descripción general de usos y demandas de agua). Una vez fijados estos criterios, el modelo simula la atención de la demanda en cada mes del periodo, identificando los meses con "fallo en el servicio" y calculando indicadores agregados de cobertura y garantía.

Para garantizar la robustez técnica del análisis, el modelo debe ser **verificado mediante comparación con datos reales** (volúmenes circulantes, demandas atendidas, registros operativos), así como con el conocimiento técnico local o la percepción de los usuarios sobre la calidad del suministro.

El **resultado fundamental del modelo es la identificación de situaciones de déficit o de ausencia de déficit**, es decir, el grado en que las demandas pueden ser atendidas en cada periodo.

Este enfoque permite asegurar que los resultados obtenidos son coherentes con el comportamiento real del sistema, y por tanto adecuados para fundamentar decisiones de asignación y reserva de recursos.

Importante:
La evaluación puede realizarse con modelos matemáticos especializados o mediante herramientas simplificadas, como hojas de cálculo estructuradas, siempre que se mantenga la coherencia del enfoque, la trazabilidad de los resultados y su utilidad para la toma de decisiones.

Resultados del balance y diagnostico técnico

Una vez aplicado el procedimiento de balance entre recursos y demandas, el plan debe presentar de forma clara y estructurada los **resultados obtenidos para cada sistema de explotación**, con especial atención a la caracterización del desempeño del sistema bajo distintas condiciones hidrológicas.

El grado de precisión y localización de los resultados dependerá del nivel de detalle del análisis:

- En **balances simplificados**, (sin aplicación de modelo), los resultados se pueden presentar de forma agregada a nivel de sistema de explotación, sin desagregación espacial ni mensual. Este enfoque permite conocer si existe una presión general sobre el recurso, pero **no permite identificar con claridad los posibles problemas de suministro, en qué parte del sistema se concentran los déficits ni qué usos resultan más afectados**.
- En **balances detallados**, donde se aplica un modelo de simulación, se puede **ubicar geográficamente el origen de los déficits**, asociarlos a demandas específicas o zonas del sistema, e interpretar su comportamiento en distintos escenarios. Este enfoque permite aplicar criterios técnicos más rigurosos, reflejar las reglas de operación y obtener resultados reproducibles.

Los resultados deben incluir, como mínimo, la siguiente información por tipo de uso y unidad de demanda:

- **Volumen total demandado**.
- **Volumen efectivamente servido**.
- **Porcentaje de cobertura alcanzado**.

Adicionalmente, debe indicarse el **nivel de garantía asociado** a cada uso o demanda, entendido como la **frecuencia con la que una demanda se atiende correctamente**, bajo los criterios definidos. Por ejemplo: "la demanda urbana X se satisface plenamente en el 90 % de los años modelados". Este

indicador es clave para sustentar decisiones futuras de asignación, programación de reservas o priorización de medidas de mejora.

Cuando se identifiquen **déficits estructurales**, es decir, situaciones en las que determinadas demandas no pueden ser atendidas de forma sostenida, el plan debe presentar de forma clara:

- La **magnitud del déficit**.
- Su **distribución espacial** dentro del sistema.
- Las **posibles causas técnicas u operativas**.

Este diagnóstico final es clave para valorar la necesidad de medidas complementarias, como:

- Nuevas infraestructuras o ampliaciones.
- Mejoras en la eficiencia de uso del agua.
- Reajustes en las reglas de operación o en los criterios de asignación.

En todos los casos, se recomienda que los resultados se acompañen de **tablas comparativas y representaciones gráficas** que permitan visualizar de forma clara el grado de cobertura por tipo de uso, por escenario y por unidad funcional.

Metodología general para la asignación y reserva de recursos

Desarrollo del contenido en Tarea 3: Metodología general para la asignación y reserva de recursos

Este apartado del plan hidrológico debe presentar de forma clara y justificativa la metodología aplicada para llevar a cabo, una vez se ha realizado un balance recursos-demandas completo, el análisis de asignación y reserva de recursos hídricos, con el fin de garantizar la trazabilidad técnica de los resultados obtenidos, así como la coherencia con los principios normativos y los objetivos de la planificación hidrológica. Debe explicar las bases conceptuales que sustentan el análisis, incluyendo:

- Descripción general del modelo de simulación aplicado para calcular el balance.
- Justificación de las herramientas técnicas utilizadas.
- El uso de balances hídricos como herramienta técnica para relacionar recursos y demandas.
- La integración de escenarios hidrológicos. Se deberán considerara series de datos suficientemente largas de manera que recojan la variabilidad hidrológica.
- Los principios aplicados para priorizar usos y establecer reservas, en línea con la normativa vigente.

Importante:
No se trata aquí de desarrollar resultados concretos, sino de exponer de forma clara **el enfoque, los criterios y las fases** que han estructurado el trabajo, garantizando su trazabilidad y coherencia con el resto del plan.

Asignación de recursos por tipo de uso y nivel de garantía alcanzado y las reservas previstas para demandas futuras

Desarrollo del contenido en Tarea 4: Asignación de recursos por tipo de uso y nivel de garantía

Una vez conocidos los resultados del balance, este apartado traduce esos datos en una **distribución efectiva de recursos entre usos consolidados y los futuros previstos**. El contenido debe contemplar los siguientes aspectos:

- Asignación de recursos por tipo de uso (abastecimiento, regadío, industrial, ambiental, etc.) en cada sistema.
- Indicación del volumen anual asignado y del nivel de garantía alcanzado para cada uso.
- Identificación de futuras demandas justificadas que requieren reserva de recursos.
- Cuantificación de los volúmenes reservados, su destino y condiciones de activación.

- Análisis de la coherencia entre asignación/reserva y la disponibilidad de recursos identificada en los balances.
- Identificación de situaciones de déficit estructural y medidas previstas para mitigarlos.
- Análisis de la capacidad del sistema para absorber incrementos de demanda sin comprometer la sostenibilidad.
- Referencia a cómo se vinculan los resultados con las decisiones de gestión y concesión de usos.

Importante:
Este bloque no debe repetir los datos generales del balance, sino centrarse en cómo se reparte el recurso disponible y qué fiabilidad ofrece dicha distribución.

Tareas según contexto

En muchos países, la disponibilidad de información para realizar asignaciones y reservas de recursos hídricos puede verse limitada por la falta de balances actualizados, datos incompletos sobre demandas o insuficiente caracterización de los sistemas de explotación. Por esta razón, la guía propone una metodología flexible que puede adaptarse a distintos contextos institucionales y técnicos, según el nivel de desarrollo de la planificación y la capacidad operativa existente.

El objetivo de estas tareas es establecer los pasos necesarios para elaborar, revisar o mejorar el proceso de asignación y reserva de recursos, de modo que se logre una base técnica suficiente para orientar la toma de decisiones y garantizar la sostenibilidad del uso del agua.

Se proponen dos enfoques: uno dirigido a contextos con información consolidada y sistemas de explotación bien caracterizados, y otro orientado a situaciones donde los datos disponibles son limitados, priorizando soluciones progresivas, métodos simplificados y mejora gradual de capacidades.

- Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos media (Balances de recursos-demandas detallados sin asignación y reserva de recursos) y alta (Balances de recursos-demandas detallados con asignación de recursos)
- Tareas a realizar en contexto de información limitada (Balances de recursos-demandas simplificados)

Tareas a realizar en contextos con disponibilidad de datos media y alta

El proceso de planificación hidrológica y, en particular, la evaluación de la relación entre recursos y demandas puede aplicarse con distintos niveles de profundidad según el grado de información disponible en cada demarcación o sistema de explotación. A partir del enfoque progresivo adoptado en esta guía, se distingue entre dos escenarios avanzados:

- **Contexto con disponibilidad de datos media (Tareas 1 y 2)**: Se dispone de información suficiente para realizar balances detallados entre recursos y demandas (incluyendo modelización del sistema, series históricas, desagregación espacial y temporal de demandas), pero **aún no existe un sistema concesional consolidado o una base legal-operativa suficiente** para ejecutar formalmente el proceso de asignación y reserva de recursos. En este contexto, los balances permiten generar un diagnóstico completo del comportamiento hídrico del sistema, identificar déficits y orientar medidas de gestión, pero no se traducen aún en propuestas concretas de reparto.
- **Contexto con disponibilidad de datos alta (Tareas de la 1 a la 4)**: Además de contar con balances detallados, existe un sistema concesional funcional o un registro operativo de derechos de uso que permite aplicar de manera estructurada el proceso de **asignación de recursos a usos consolidados** y la **programación de reservas para demandas futuras**. En estos casos, el plan puede traducir el diagnóstico en propuestas técnicas de reparto, con estimación de garantías, condicionantes de reserva y medidas de ajuste territorial.

Ambos contextos permiten avanzar significativamente en la gestión integrada del recurso hídrico, pero requieren enfoques diferenciados. Las tareas asociadas al primer caso se centran en la generación de diagnósticos sólidos y la mejora de la eficiencia y sostenibilidad del sistema. En el segundo caso, además de lo anterior, se incorporan decisiones operativas de asignación y reserva que vinculan directamente la planificación con la gestión administrativa del recurso.

Tarea 1: Descripción de los sistemas de explotación o unidad de gestión seleccionada

La descripción de los sistemas de explotación constituye un paso fundamental en el proceso de planificación hidrológica, ya que establece el **marco espacial y funcional** en el que se llevarán a cabo los balances hídricos, la asignación de recursos y la definición de medidas de gestión. Cada sistema de explotación representa una unidad operativa que integra recursos disponibles, demandas, infraestructuras y relaciones entre componentes hidrológicos y técnicos.

- La descripción del sistema de explotación debe ser **suficientemente detallada para permitir su representación funcional en un modelo de simulación**, pero también clara y comprensible para su inclusión en el cuerpo del plan.
- Esta tarea aporta una base estructural a todo el análisis posterior (balances, asignación, reservas, déficit), y por tanto debe asegurar **consistencia con todos los apartados del plan**.
- Se recomienda acompañar la descripción con **cartografía de síntesis**, cuadros resumen de elementos clave, y referencias cruzadas al anejo técnico si se utiliza.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Delimitación espacial del sistema de explotación

- Definir el **ámbito territorial** de cada sistema de explotación dentro de la cuenca hidrográfica, atendiendo a criterios hidrológicos, operativos y de gestión. Utilizar como referencia:
  - Cuencas o subcuencas hidrográficas.
  - Límites administrativos si son relevantes (municipios, regiones).
  - Zonificación anterior, si aplica.
- Representar gráficamente los límites en cartografía temática, incluyendo escalas adecuadas y relación con el resto del territorio.

Paso 2: Identificación de cuerpos de agua incluidos

- Enumerar y caracterizar los **cuerpos de agua superficiales y subterráneos** que forman parte del sistema:
  - Ríos, arroyos y canales principales.
  - Cuerpos de agua subterránea asociados a captaciones o recargas relevantes.
- Señalar los puntos clave de entrada y salida de recursos en el sistema (límites hidrológicos, vertidos, transferencias).

Paso 3: Inventario de infraestructuras hidráulicas

- Incluir todas las infraestructuras relevantes para la **regulación, transporte, distribución y almacenamiento del agua** dentro del sistema:
  - Embalses y presas.
  - Canales, conducciones, estaciones de bombeo.
  - Redes de abastecimiento o riego a escala regional.
- Describir su función principal, capacidad operativa y rol dentro del sistema (p. ej., regulación estacional, transferencia entre zonas, punto de control operativo).

Paso 4: Identificación de unidades funcionales de demanda

- Localizar y clasificar las **unidades de demanda** incluidas en el sistema:

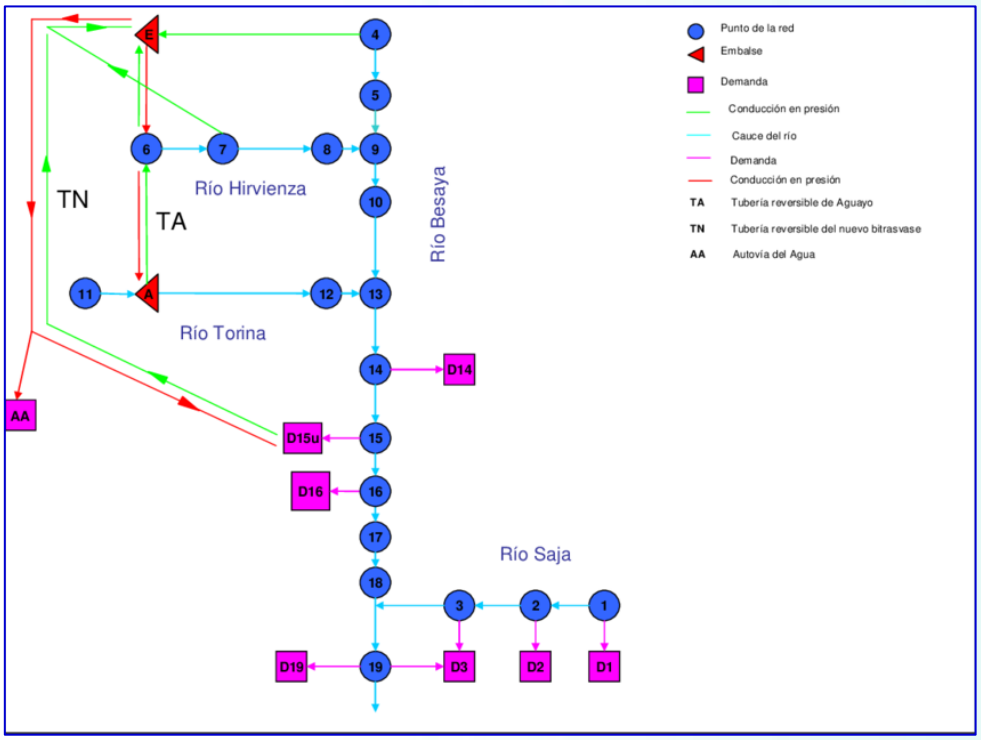
  - Urbanas (UDU), agrícolas (UDA), industriales (UDI), ambientales (UDAmb), entre otras.
- Establecer su **conexión funcional con el sistema**, es decir:
  - Punto o tramo desde el que se abastecen.
  - Infraestructura utilizada.
  - Localización del retorno (si aplica).

Paso 5: Construcción de esquema topológico

Como paso final de la descripción del sistema de explotación, se recomienda **elaborar un esquema topológico** que integre de forma sintética todos los elementos identificados: cuerpos de agua, infraestructuras hidráulicas y unidades de demanda.

Este esquema debe representar **cómo se conectan y operan entre sí los distintos componentes del sistema**, permitiendo visualizar su estructura funcional de forma clara y comprensible.

Se trata de una herramienta útil tanto para **documentar la configuración del sistema** como para facilitar la interpretación de balances, simulaciones y decisiones de gestión. No requiere precisión cartográfica, sino una representación lógica y operativa que sea coherente con el modelo de análisis que se aplicará.



Ejemplo de esquema topológico (Garcia, J., et al. 2007)

Tarea 2: Balances hídricos por sistema de explotación

Los balances hídricos constituyen uno de los diagnósticos técnicos centrales del plan. Permiten comparar los recursos disponibles con las demandas actuales y futuras dentro de cada sistema de explotación. Las tareas de este bloque se orientan a obtener una visión detallada y cuantificada del funcionamiento hídrico del territorio, sirviendo como base para la toma de decisiones sobre asignación, reserva y gestión de los recursos.

Este análisis se realiza a escala del sistema de explotación, que constituye la unidad operativa del plan. Dependiendo de la calidad y cantidad de información disponible, los balances pueden abordarse con distintos niveles de detalle. En el caso de **balances detallados**, como el que se aborda en esta tarea,

se representa explícitamente la estructura interna del sistema: cuerpos de agua, infraestructuras, unidades de demanda, reglas de operación y condiciones ambientales, todo ello aplicado a distintos escenarios hidrológicos.

La simulación del sistema permite evaluar su comportamiento real o previsto, identificar zonas de conflicto, cuantificar los niveles de cobertura y determinar el grado de cumplimiento de objetivos de garantía y sostenibilidad. Esta tarea está orientada a contextos donde existe información suficiente para aplicar modelos hídricos o de gestión, y constituye un paso clave dentro del proceso de asignación y reserva de recursos.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Descripción de los elementos considerados en la simulación

En este paso se identifican y detallan los componentes clave del sistema de explotación que han sido incorporados al modelo de simulación hidrológica. Esta descripción debe asegurar que la representación funcional del sistema sea realista y permita evaluar con rigor la relación entre disponibilidad y demanda.

- Todos los elementos descritos deben estar geográficamente referenciados y correctamente conectados en la red simulada del sistema.
- La documentación de este paso debe incluir esquemas, diagramas o mapas que muestren la disposición y relaciones entre estos elementos.
- La calidad de esta etapa determina en gran medida la fiabilidad del balance final, por lo que es clave mantener consistencia entre los datos utilizados en este paso y los incluidos en el inventario general de recursos y demandas del plan.

Recursos hídricos superficiales y subterráneos

- Se deben incluir todas las fuentes de agua que aportan recursos al sistema: ríos, arroyos, embalses naturales, manantiales, captaciones superficiales y subterráneas.
- Para los recursos superficiales, se incorporan las **aportaciones naturales** estimadas a partir de series históricas y ajustadas a los escenarios hidrológicos seleccionados.
- En el caso de las aguas subterráneas, se debe representar la **recarga natural**, las extracciones (bombeos) y las interacciones con cuerpos de agua superficiales, si son relevantes.

Importante:
Las aportaciones deben estar espacialmente asignadas al sistema y reflejarse en puntos de entrada específicos en el modelo. Aplicar la estimación de recursos hídricos disponible en el **Inventario recursos hídricos** al sistema de explotación analizado.

Retornos

- Los retornos son volúmenes de agua que, tras su uso, regresan total o parcialmente al sistema.
- Deben identificarse los retornos urbanos, agrícolas e industriales, con estimación de su volumen y localización dentro del sistema.
- Se deben considerar tanto los **retornos internos** (que vuelven al sistema de explotación) como los **retornos externos** (que salen del sistema y no están disponibles).

Importante:
Los coeficientes de retorno deben basarse en valores medidos, empíricos o aceptados por la administración hidráulica.

Caudales ecológicos

- Representan los volúmenes mínimos que deben mantenerse en determinados tramos de los cuerpos de agua para conservar sus funciones ecológicas. (**tarea de definición de caudales ecológicos**)
- En el modelo se deben aplicar como una **restricción prioritaria**, deduciendo estos volúmenes de los recursos disponibles antes de distribuirlos entre las demandas.
- Se deben definir para cada punto de control o tramo relevante, incluyendo condiciones de mantenimiento continuo o estacional.

Recomendación:
Si se incumplen los caudales ecológicos en la simulación es recomendable que el sistema lo registre.

Embalses

- Se deben incorporar todos los embalses relevantes dentro del sistema, indicando su volumen útil, capacidad de regulación y reglas operativas.
- La simulación debe reflejar cómo los embalses almacenan, liberan o transfieren caudales según las condiciones del sistema y los objetivos de operación.

Recomendación:
Es recomendable simular el comportamiento dinámico de los embalses (entradas, salidas, evaporación) en función de las condiciones mensuales o estacionales.

Conducciones de transporte

- Incluyen canales, tuberías, acueductos y otras infraestructuras que permiten el movimiento del agua entre fuentes, demandas y zonas de almacenamiento.
- Deben representarse con su capacidad máxima de transporte, posibles pérdidas y, si aplica, condiciones de operación o prioridad de uso.

Importante:
Estas conducciones pueden ser limitantes en la cobertura de algunas demandas si su capacidad restringe el flujo entre zonas.

Paso 2: Selección del método para calcular el balance

La elección del método de simulación para el cálculo de balances hídricos y el análisis de la asignación y reserva de recursos debe estar guiada por criterios técnicos, operativos y de contexto. Dado que existen distintos **tipos de modelos** con niveles de complejidad variables, es fundamental adaptar la

herramienta seleccionada a las características del sistema de explotación, la disponibilidad de información y los objetivos del análisis.

A continuación, se indican las principales consideraciones para la selección del modelo:

1. **Objetivo del análisis.** El tipo de simulación debe ser coherente con el alcance del estudio:
   - Si se busca analizar balances entre recursos y demandas, identificar coberturas y déficits, o justificar asignaciones, es adecuado emplear un **modelo de simulación de sistemas de explotación** (**Guías metodológicas 2 y 3**).
   - Si solo se requiere un diagnóstico básico o en ausencia de datos, puede optarse por un **modelo de balance hídrico estático**, basado en comparaciones anuales o mensuales de recursos y demandas, teniendo siempre en cuenta que los valores medios pueden enmascarar una variabilidad real determinante en el balance. Es por consiguiente un procedimiento muy arriesgado de cara a ofrecer resultados concluyentes.
2. **Complejidad del sistema y grado de regulación**
   - Sistemas con múltiples cuerpos de agua, demandas interconectadas y embalses requieren herramientas que puedan representar la dinámica del sistema, incluyendo prioridades de uso, retornos y reglas de operación. En estos casos, son recomendables modelos de simulación avanzados o integrados.
   - Para sistemas pequeños, sin infraestructuras complejas o con usos independientes, puede bastar con una simulación simplificada o una metodología por balance directo, estimable mediante cálculos sencillos.
3. **Disponibilidad y calidad de los datos**
   - La precisión del modelo depende de la información disponible sobre aportaciones, demandas, eficiencias, retornos, caudales ecológicos y operación de infraestructuras.
   - Si se dispone de **series históricas,** derechos de uso de agua **registrados y datos de explotación**, es deseable utilizar modelos numéricos de paso temporal mensual.
   - En ausencia de información detallada, se recomienda usar **métodos simplificados** que minimicen la incertidumbre y mantengan trazabilidad.
4. **Capacidad técnica e institucional**
   - El modelo debe ser **comprensible, reproducible y operativo** para el equipo técnico que elabora o supervisa el plan.
   - Se debe considerar si ya existen herramientas aplicadas por las autoridades del agua, o si se dispone de soporte técnico para su implementación y mantenimiento.
   - Cuando se requiera evaluar diferentes escenarios de política, medidas o cambio climático, pueden ser adecuados modelos integrados o de optimización.
5. **Transparencia y coherencia metodológica**
   - Independientemente del tipo de modelo, debe garantizarse la **coherencia con otros componentes del plan** (inventario, demandas, prioridades) y la **posibilidad de documentar los resultados y criterios de decisión**.
   - Toda simulación debe permitir extraer de forma clara los indicadores clave: volúmenes disponibles, volúmenes atendidos, niveles de garantía, déficits y salidas del sistema.

Paso 3: Caracterización y cuantificación de las unidades de demanda

Este paso tiene por objeto identificar, delimitar y cuantificar todas las demandas hídricas que actúan dentro del sistema de explotación analizado. Esta información es esencial para el balance, ya que define el volumen total de agua requerido y su distribución temporal y espacial.

Importante:
En el capítulo de **Descripción general usos y demandas** se desarrolla en profundidad los elementos de este paso.

El análisis debe considerar tanto las **demandas actuales consolidadas** como aquellas **futuras previstas** cuya materialización esté contemplada dentro del horizonte del plan.

- El conjunto de unidades de demanda debe ser exhaustivo pero manejable: evitar subdivisiones innecesarias que no aporten valor operativo.
- La caracterización debe reflejar el estado actual del sistema, pero también permitir evaluar su comportamiento futuro ante cambios en las demandas o condiciones hidrológicas.
- La consistencia entre las unidades de demanda y el resto de los elementos del sistema (conducciones, embalses, puntos de control) es fundamental para garantizar la solidez del modelo.

Paso 4: Prioridades o reglas de gestión

Este paso tiene por finalidad definir cómo se comporta el sistema de explotación en condiciones de distribución de recursos, especialmente cuando la oferta es inferior a la demanda. Se trata de establecer las reglas de reparto del recurso hídrico entre los distintos usos existentes, conforme a una lógica de funcionamiento realista y operativa, que pueda ser replicada en la simulación del modelo.

Importante:
En el capítulo de **Descripción general usos y demandas** se desarrolla en profundidad los elementos de este paso.

Estas reglas no sustituyen la normativa vigente sobre derechos concesionales, pero sí permiten aplicar una gestión técnica coherente dentro del análisis del plan.

- Las reglas de gestión deben ser sencillas, reproducibles en la simulación y aplicables a todos los escenarios hidrológicos modelados.
- Es importante que estén fundamentadas técnica y socialmente: pueden basarse en criterios legales, sectoriales o de sostenibilidad ambiental.
- En el informe del plan, deben quedar claramente documentadas para permitir su revisión y validación.

Paso 5: Ejecución de los balances

Este paso consiste en ejecutar el análisis comparativo entre los **recursos hídricos disponibles** y las **demandas hídricas cuantificadas** para cada sistema de explotación, aplicando las reglas de operación y prioridades establecidas previamente. Su finalidad es obtener un **diagnóstico técnico del comportamiento hídrico del sistema**, bajo distintos horizontes temporales y escenarios (Ver **Proyecciones y escenarios futuros**), y evaluar el grado de cobertura, los déficits y la sostenibilidad del sistema.

El balance debe realizarse de forma estructurada, sistemática y transparente, con resultados que permitan fundamentar las decisiones de asignación, reserva y medidas de gestión.

Balances de las demandas

Este subapartado constituye el núcleo operativo del balance hídrico, ya que compara de forma cuantitativa los **volúmenes demandados** por los distintos usos del agua con los **recursos efectivamente disponibles** en el sistema de explotación, bajo las condiciones simuladas. Su objetivo principal es determinar **en qué medida pueden atenderse las demandas existentes y previstas**, y con qué nivel de regularidad y garantía.

El análisis debe realizarse para **cada escenario** simulado, con resultados para **cada tipo de uso** y **unidad de demanda** considerada en el modelo.

Contenido mínimo a considerar:

1. **Volumen demandado por uso y por unidad de demanda**
   a. Datos anuales y, cuando proceda, desagregados por mes o estación.
   b. Inclusión de usos urbanos, agrícolas, industriales, ambientales, hidroeléctricos y otros.

   c. Identificación de las demandas actuales y las futuras previstas que han sido incluidas en la simulación.
2. **Volumen efectivamente suministrado**
   a. Resultado de la simulación, condicionado por la disponibilidad de recurso, la infraestructura y las reglas de prioridad.
   b. Diferenciación entre el volumen total demandado y el volumen realmente atendido en cada escenario.
3. **Déficit de atención**
   a. Cálculo de los volúmenes no cubiertos por el sistema en cada unidad de demanda.
   b. Distinción entre déficits estructurales (constantes incluso en condiciones medias) y coyunturales (dependientes del escenario o la época del año).
   c. Categorización del déficit por gravedad (Por ejemplo, <10 %, 10–30 %, >30 % de la demanda no atendida).
4. **Porcentaje de cobertura**
   a. Expresión del volumen atendido como porcentaje del volumen demandado.
   b. Comparación entre distintos usos, sistemas o escenarios para evidenciar diferencias de comportamiento y vulnerabilidad.
5. **Nivel de garantía**
   a. Evaluación de la frecuencia con la que una demanda se cubre plenamente en el periodo simulado.
   b. Por ejemplo, se puede expresar que “la demanda urbana X se cubre al 100 % en el 95 % de los años simulados”.
   c. Este indicador es clave para clasificar las asignaciones futuras y para la toma de decisiones concesionales.

Recomendación:

- **Agrupar los resultados** en tablas comparativas por sistema de explotación, tipo de uso y escenario hidrológico.
- Incorporar **gráficos de barras o líneas** para visualizar la evolución mensual del suministro frente a la demanda.
- Incluir **mapas de cobertura o déficit**, especialmente útiles cuando hay distribución territorial heterogénea en los resultados.
- Documentar los **criterios de interpretación**: qué se considera una cobertura aceptable, qué usos deben tener garantía plena, qué margen de déficit es tolerable.

Ejemplo (datos ficticios) de tabla de resultados.

Sistema de explotación	Tipo de uso	Volumen demandado (hm³/año)	Volumen servido (hm³/año)	Cobertura (%)	Nivel de garantía (%)
Sistema Norte	Abastecimiento	52	52	100%	99%
	Agrícola	120	96	80%	85%
	Industrial	15	15	100%	97%
Sistema Sur	Abastecimiento	45	43	96%	91%
	Agrícola	100	65	65%	70%

Salidas del sistema y ajuste del modelo

Este componente del análisis se centra en dos aspectos fundamentales:

1. La identificación y cuantificación de **los volúmenes de agua que salen del sistema de explotación**.
2. La **verificación y ajuste** del modelo de simulación, evaluando si su comportamiento reproduce de forma adecuada la realidad del sistema y corrigiendo posibles desviaciones.

Ambos elementos son esenciales para garantizar la **solidez técnica y operativa del balance**, y asegurar que los resultados obtenidos tienen validez para sustentar las decisiones de planificación.

- Documentar las salidas no utilizadas ayuda a explicar por qué, a pesar de una aparente disponibilidad de recursos, no se alcanza una cobertura plena.
- La validación del modelo no implica obtener un ajuste perfecto, sino asegurar que las diferencias entre el comportamiento simulado y el real son **razonables, explicables y aceptables** para los fines del plan.
- Este paso refuerza la **trazabilidad y credibilidad técnica del análisis**, especialmente en contextos donde se proponen medidas estructurales o se justifican decisiones concesionales.

1. Salidas del sistema

Las salidas del sistema son todos aquellos flujos que, estando técnicamente disponibles en algún momento del análisis, no se consumen para atender demandas internas y, en consecuencia, abandonan el sistema. Estas salidas pueden tener múltiples causas y deben registrarse para interpretar correctamente los resultados del balance.

Tipos de salidas comunes:

- **Vertidos no aprovechados:**
  - Aguas que superan la capacidad de regulación o transporte del sistema y se vierten al cauce sin uso.
  - Pueden producirse en periodos húmedos, en zonas con infraestructura limitada o en sistemas con baja flexibilidad operativa.
- **Excedentes regulados:**
  - Volúmenes liberados desde embalses o infraestructuras una vez satisfechas las demandas prioritarias y cumplidos los requisitos operativos (Por ej., caudales ecológicos, niveles máximos de embalse).
- **Retornos no reutilizados:**
  - Agua que regresa al medio tras su uso (retornos agrícolas, urbanos o industriales) pero no es consumida dentro del propio sistema.
  - Pueden contribuir a otros sistemas aguas abajo, pero no cuentan como recurso disponible local.
- **Transferencias a otros sistemas:**
  - En sistemas interconectados, parte del recurso puede derivarse intencionadamente a otro sistema de explotación.
  - Estas transferencias deben registrarse y cuantificarse explícitamente.

2. Ajuste y validación del modelo

Una vez ejecutada la simulación, es fundamental **verificar si el comportamiento del modelo es coherente con la realidad del sistema** y con los objetivos del análisis. El ajuste del modelo asegura que los resultados del balance no solo sean lógicos internamente, sino también confiables desde el punto de vista técnico.

Aspectos a verificar:

- **Comparación con datos históricos observados:**
  - Aforos en ríos o canales.
  - Series de explotación de embalses.
  - Registros de consumo real por uso.
  - Volúmenes efectivamente suministrados o déficit observados en el pasado.
- **Coherencia interna de resultados:**
  - Verificar que no haya asignaciones que superen la disponibilidad real.
  - Confirmar que las prioridades y reglas de operación se reflejan correctamente en la simulación.

- Revisar que los déficits y coberturas se comportan lógicamente entre escenarios.

- **Ajustes necesarios:**
  - Si se detectan desviaciones relevantes, deben revisarse los parámetros del modelo: dotaciones, rendimientos, reglas operativas, estructura de nodos, etc.
  - Se recomienda documentar cualquier modificación realizada para mejorar la consistencia del modelo.

Tarea 3: Metodológica general para la asignación y reserva de recursos

Una vez realizados los balances entre recursos y demandas por sistema de explotación, y siempre que se cuente con un sistema concesional suficientemente estructurado, es posible aplicar el proceso de **asignación de recursos** a los distintos usos consolidados y de **reserva de recursos** para futuras demandas justificadas.

La metodología debe ser **clara, reproducible y trazable**, y estar alineada con el diagnóstico obtenido en los balances detallados. Su aplicación no implica necesariamente la formalización inmediata de concesiones individuales, pero sí establece una **propuesta de reparto y reserva técnicamente fundamentada** que puede orientar futuras decisiones administrativas.

El procedimiento de asignación y reserva se basa en los siguientes principios:

- **Atención prioritaria de los usos consolidados**, en función de su peso actual y su desempeño dentro del sistema.
- **Aplicación de criterios técnicos y ambientales**, como niveles de garantía alcanzados, ubicación geográfica, presión sobre los cuerpos de agua, eficiencia en el uso, y compatibilidad con los objetivos ambientales del plan.
- **Identificación de demandas futuras justificadas**, cuya inclusión como reservas debe estar respaldada por proyectos aprobados, planes sectoriales o instrumentos de ordenación reconocidos.
- **Determinación de niveles de garantía** asociados a cada asignación, considerando la frecuencia con la que el recurso puede ser atendido en condiciones medias y desfavorables.
- **Condicionalidad de las reservas**: la activación efectiva de una reserva puede vincularse a requisitos como la existencia de disponibilidad real, la ejecución de obras, la mejora de la eficiencia o el cumplimiento de ciertas condiciones ambientales.

Antes de abordar los resultados técnicos del análisis, el plan debe definir con claridad el enfoque metodológico que ha guiado el proceso. Esto incluye los principios que lo sustentan, las herramientas técnicas utilizadas, las unidades de análisis empleadas y la estructura general del procedimiento.

A continuación, se enumeran aquellos aspectos que la metodología general debe poner en contexto de cara a que quede claro el procedimiento de asignación y reserva de recursos:

- Definir el enfoque metodológico general del análisis de asignación y reserva, con base en los objetivos del plan.
- Establecer los principios técnicos y ambientales que guiarán el proceso (priorización, sostenibilidad, coherencia territorial, etc.).
- Seleccionar la unidad de análisis (sistema de explotación) y su nivel de desagregación.
- Diseñar la estructura del procedimiento: etapas, datos requeridos, criterios, escenarios hidrológicos.

Recomendación:

El cuerpo principal del plan debe incluir una versión sintética y comprensible de la metodología.

- Todo el desarrollo técnico (bases de datos, herramientas empleadas, simulaciones, hipótesis de cálculo) debe quedar recogido en un **anejo metodológico**, que permita la trazabilidad del análisis.
- El anejo debe estructurarse igual que las fases descritas en la metodología, para que cualquier lector pueda vincular contenido y resultados con facilidad.

Descripción Metodológica:

Esto se puede estructurar de múltiples maneras, aunque a continuación se pone un ejemplo de cómo podría llevarse a cabo de manera algo más detallada:

Paso 1: Finalidad del análisis

La metodología debe comenzar explicando por qué se realiza el análisis: se trata de estimar si los recursos disponibles son suficientes para atender las demandas consolidadas y, si corresponde, justificar la reserva de recursos para nuevas demandas futuras.

Es clave destacar que el análisis tiene **carácter planificador**, no concesional: no otorga derechos, sino que establece un marco orientador.

Es útil vincular esta finalidad con los objetivos generales del plan y con las necesidades de gestión adaptativa frente al cambio climático o el crecimiento de la demanda.

Paso 2: Descripción general del modelo de simulación

La elaboración de un balance de recursos-demandas detallado y la posterior, en caso de que se pueda, realización de un proceso de asignación y reserva de recursos requiere una representación operativa del comportamiento del sistema hídrico. Para ello, es necesario aplicar un modelo de simulación que permita calcular balances entre recursos y demandas para distintos escenarios y horizontes temporales (**Proyecciones y escenarios futuros**), teniendo en cuenta las condiciones operativas, las prioridades de uso y las restricciones ambientales.

Este paso tiene por objeto describir, de forma general y no técnica, qué tipo de herramienta se ha utilizado, cómo se ha estructurado su aplicación al sistema, y cuáles han sido los criterios para su selección, sin necesidad de entrar en detalles metodológicos que correspondan a un anejo técnico.

Se debe indicar si se ha utilizado:

- Un **modelo de simulación consolidado a nivel nacional o regional**, desarrollado por una autoridad competente.
- Una **herramienta adaptada a escala local**, diseñada específicamente para el sistema de explotación objeto de estudio.
- Un **método simplificado o esquemático**, adecuado para contextos con baja disponibilidad de datos o capacidad operativa limitada.

En todos los casos, es importante señalar si el modelo permite simular:

- El funcionamiento del sistema bajo distintos escenarios hidrológicos.
- Las prioridades de atención a las demandas.
- El comportamiento dinámico de embalses, retornos, recargas y pérdidas.

Paso 3: Consideración de distintos escenarios hidrológicos

Se deben especificar los escenarios hidrológicos utilizados en el análisis para evaluar la cobertura de las demandas y el comportamiento del sistema en condiciones variables.

Por ejemplo: al menos un año medio y uno seco, y opcionalmente un año húmedo y un escenario de sequía prolongada.

Para fortalecer la robustez del análisis ante la incertidumbre climática, se recomienda complementar los escenarios hidrológicos (año medio, seco, húmedo y sequía prolongada) con proyecciones basadas en modelos climáticos regionales (RCM) existentes o en los informes de IPCC (Ver capítulo de **consideración del cambio climático**)

- **Obtención de proyecciones:**
    1. Seleccionar Modelos de Circulación General (GCM) validados para la Región y, de ser posible, descargas regionales (RCM) a resolución adecuada (10–25 km) para el período de planificación (p. ej., 2020–2050).
    2. Extraer series de precipitación y temperatura proyectadas, y transformar estos datos en caudales ajustados mediante un modelo hidrológico simplificado o calibrado.

3. Definir al menos dos RCP (Representative Concentration Pathways) relevantes para la región, por ejemplo, RCP4.5 y RCP8.5, para evaluar impactos moderados y extremos.

- **Integración al balance hídrico:**
  1. Generar al menos un escenario intermedio (2020–2040) y otro a largo plazo (2040–2060) que reflejen la variabilidad proyectada de caudales medios y extremos.
  2. Incorporar estos escenarios climáticos al modelo de simulación del sistema de explotación, evaluando cómo cambian los volúmenes de recurso disponible en función de la variación de aportes.
  3. Comparar la cobertura de demandas proyectadas bajo estos escenarios con la asignación actual, para identificar déficits potenciales futuros y estimar reservas adicionales posibles.
- **Estrategias de adaptación vinculadas:**
  1. Con base en los resultados anteriores, diseñar medidas de adaptación específicas (p.ej., obras para aumentar la recarga de acuíferos, conservación de humedales, canalizaciones inteligentes) que permitan mitigar la reducción de disponibilidad en escenarios más secos.
  2. Ajustar los niveles de garantía de usos prioritarios considerando la mayor frecuencia de periodos de déficit proyectados, de modo que la asignación futura contemple márgenes de seguridad adecuados.

Importante:
Este análisis de cambio climático debe quedar documentado en un anexo específico, donde se describa la metodología de obtención de escenarios, las fuentes de datos climáticos y los criterios de ajuste de caudales. En el cuerpo del plan, se presentará un resumen de los hallazgos clave para guiar la toma de decisiones. (**consideración del cambio climático**).

Recomendación:
No es suficiente con usar valores medios; la robustez del análisis depende en gran medida de su capacidad para evaluar el sistema en condiciones extremas.

Paso 4: Criterios de priorización de usos

Aunque el orden legal de usos puede variar por país, el plan debe justificar cómo se han priorizado los usos en el análisis (por ejemplo, abastecimiento humano, regadío, industrial, ambiental).

1. Priorizar abastecimiento humano, seguido de usos ambientales (caudales ecológicos), y luego usos productivos (regadío, industrial).
2. En caso de déficit, aplicar criterios de corte progresivo: primero reducciones en usos menos prioritarios, salvaguardando siempre el consumo humano.
3. Equidad **social y territorial**

   - Garantizar dotaciones mínimas para poblaciones vulnerables y zonas rurales aisladas (≥98 % de cobertura en años secos).
   - Proteger a pequeños agricultores y comunidades indígenas, evitando que reasignaciones concentradas afecten su subsistencia.
   - Constituir un “fondo de reserva social” que garantice un porcentaje mínimo de suministro para sectores históricamente desatendidos (asentamientos populares, comunidades de base).
   - Al reasignar volúmenes en situaciones críticas, priorizar población y usuarios de menor escala antes que grandes explotaciones o usuarios industriales.

Importante:
Estos criterios deben basarse en estudios socioeconómicos y censales previos para identificar zonas vulnerables y dimensionar dotaciones mínimas.

Paso 5: Estructura del procedimiento

Debe explicarse que el análisis se estructura en **fases secuenciales**, que deben estar bien delimitadas:

1. **Caracterización del sistema de explotación:** incluye la identificación y delimitación del sistema, sus elementos y relaciones internas.
2. **Estimación de recursos disponibles:** se cuantifican aportaciones, recursos subterráneos, capacidad de regulación, y se integran restricciones ambientales. (Tarea de Inventario de los recursos hídricos).
3. **Cuantificación de demandas:** se recopilan y estiman las demandas existentes y futuras justificadas, por tipo de uso.
4. **Realización de balances:** se comparan recursos y demandas en distintos escenarios hidrológicos.
5. **Asignación de recursos:** se definen los volúmenes que pueden asignarse por uso, y el nivel de garantía alcanzado.
6. **Determinación de reservas:** se identifican y cuantifican reservas para futuras demandas razonablemente previsibles.
7. **Análisis de déficits y alternativas de gestión:** se detectan insuficiencias estructurales y se proponen medidas correctoras.

Paso 6: Vinculación con el horizonte temporal del plan

El análisis debe aplicarse, como mínimo, al ciclo de planificación vigente, y puede extenderse a horizontes más largos si se cuenta con información suficiente para proyectar la evolución del sistema.

- **Aspecto importante:** Las proyecciones deben estar justificadas por planes sectoriales, documentos oficiales o tendencias observadas, no por hipótesis arbitrarias.
- Si se considera un horizonte más largo, se debe explicar claramente qué variables se han proyectado (demanda, oferta, cambio climático, etc.).

Tarea 4: Asignación de recursos por tipo de uso uy nivel de garantía

Una vez definida la metodología general de asignación y reserva de recursos, el siguiente paso consiste en su **aplicación práctica y estructurada** sobre cada sistema de explotación, utilizando como base los resultados obtenidos en los balances detallados y la información existente sobre concesiones, demandas, prioridades y condiciones de gestión.

Esta tarea busca traducir los diagnósticos técnicos en una **propuesta concreta de reparto del recurso hídrico**, que sea coherente con los principios definidos, técnicamente justificable y alineada con los objetivos del plan hidrológico. La asignación no se limita a repartir volúmenes, sino que incorpora el análisis de garantías, la programación de reservas para usos futuros, y la evaluación de medidas necesarias para resolver déficits o conflictos.

El proceso debe desarrollarse con una lógica operativa clara, manteniendo la trazabilidad entre los resultados del balance, la caracterización de las demandas y las decisiones adoptadas en términos de asignación y reserva.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Revisión y recopilación de datos necesarios para aplicar el proceso de asignación y reserva

Antes de ejecutar el proceso de asignación y reserva de recursos hídricos, es fundamental contar con un conjunto mínimo de información técnica y administrativa que permita aplicar el procedimiento de manera coherente, trazable y técnicamente justificable.

Este paso tiene como objetivo asegurar que los datos que sustentan las decisiones estén disponibles, actualizados y correctamente integrados en el modelo o herramienta utilizada. La calidad y completitud de esta información condiciona directamente la fiabilidad de los resultados de asignación.

A continuación, se enumeran los principales grupos de datos requeridos:

- **Resultados del balance hídrico por sistema de explotación**
  - Volúmenes demandados y efectivamente servidos por tipo de uso y unidad de demanda.
  - Porcentajes de cobertura y niveles de garantía alcanzados en distintos escenarios hidrológicos.
  - Identificación de déficits estructurales o zonas de presión.
- **Información sobre concesiones y derechos de uso**
  - Concesiones otorgadas por tipo de uso, localización y caudal autorizado.
  - Fecha de otorgamiento y vigencia, si se dispone.
  - Distribución geográfica de los usuarios dentro del sistema de explotación.
- **Demanda futura prevista**
  - Proyectos de desarrollo en planificación o trámite (urbanísticos, agrícolas, industriales).
  - Planes sectoriales o instrumentos de ordenación territorial que justifiquen nuevas demandas.
  - Información sobre la temporalidad estimada de la demanda futura (a corto, medio o largo plazo).
- **Criterios técnicos y ambientales para asignación y reserva**
  - Orden de prioridad entre usos, si está establecido.
  - Objetivos de sostenibilidad y restricciones ambientales aplicables (como cumplimiento de caudales ecológicos o control de sobreexplotación).
  - Reglas técnicas de reparto incluidas en la metodología general definida en el plan.
- **Representación espacial y funcional del sistema**
  - Relación entre cuerpos de agua, infraestructuras, nodos de demanda y puntos de control.
  - Ubicación de embalses, captaciones, retornos, transferencias y otras variables que afectan la distribución operativa del recurso.

Paso 2: Determinar los volúmenes asignados por tipo de uso en cada sistema de explotación

Para cada sistema, se debe consolidar el resultado del balance hídrico, distinguiendo los usos cuya demanda ha sido atendida con un grado de cobertura considerado aceptable (en función de criterios técnicos definidos).

La asignación se expresa como volumen anual asignado por tipo de uso y, en caso necesario, también mensual o estacional si el comportamiento del sistema lo requiere.

Importante:
La asignación no debe superar el volumen realmente atendido en los escenarios simulados, y debe respetar la estructura de prioridades definida previamente.

Paso 3: Estimar el nivel de garantía alcanzando para cada uso (frecuencia de cobertura)

El nivel de garantía es un **indicador de frecuencia o fiabilidad** con que un uso puede ser atendido. La garantía es característica de cada demanda, tal y como se ha explicado en Garantía de las demandas. Se suele expresar como:

- Porcentaje de años en que la demanda se cubre hasta un determinado nivel de fallo.
- Porcentaje medio de cobertura.

El nivel de garantía aceptable puede variar según el tipo de uso. Por ejemplo:

- Abastecimiento urbano: garantía muy alta (>95–98 %).
- Agrícola: garantías medias o variables según cultivos.
- Industria: garantías específicas según procesos.

Importante:
Esta estimación debe basarse directamente en los resultados de la simulación, y estar diferenciada por tipo de uso y sistema.

Paso 4: Verificar la coherencia de las asignaciones con el balance y con los objetivos ambientales

Toda asignación debe ser **coherente con los recursos realmente disponibles** y con las limitaciones técnicas, ambientales o normativas del sistema.

En particular:

- No debe haber **asignaciones que generen sobreexplotación** o deterioro del estado de los cuerpos de agua.
- Se debe asegurar que se cumplen los **caudales ecológicos**, restricciones operativas y otras de carácter técnico o administrativo que deban tomarse en consideración.

Si se detectan asignaciones que comprometen el equilibrio del sistema, debe optarse por reducirlas, condicionarlas o priorizar alternativas de gestión.

Paso 5: Representar las asignaciones mediante tablas comparativas y gráficos de cobertura

Los resultados deben presentarse de forma clara y operativa, mediante:

- **Tablas por sistema** que muestren:
  - Volumen demandado por uso.
  - Volumen efectivamente asignado.
  - Nivel de garantía alcanzado.
- **Gráficos de cobertura** que representen:
  - Porcentajes de atención en distintos escenarios.
  - Distribución mensual o estacional de la asignación.

Recomendación:
Incluir resúmenes por cuenca y por tipo de uso, que permitan una lectura global del nivel de atención alcanzado en el plan.

Paso 6: Análisis de escenarios de déficit

Este paso permite detectar aquellos sistemas de explotación o unidades de demanda en los que **las demandas no pueden ser atendidas adecuadamente**, evidenciando un déficit estructural. Esta identificación es clave para priorizar medidas correctoras o revisar las estrategias de asignación y reserva.

A continuación, se enumeran los pasos necesarios para la ejecución de dicho análisis:

1. **Revisión de los resultados de los balances hídricos**.
2. **Comparación entre el volumen demandado y el volumen servido**, por tipo de uso y unidad de demanda.
3. **Cálculo del déficit absoluto y relativo**:
   a. Déficit absoluto: volumen no atendido (hm³/año).
   b. Déficit relativo: porcentaje de la demanda no cubierta.

4. **Identificación de unidades con déficit sistemático**, es decir, donde el incumplimiento de cobertura conforme a los criterios de garantía adopados.
5. **Cartografía de zonas con déficit estructural**, indicando:
    a. Qué tipo de usos están afectados.
    b. Qué parte del sistema se ve comprometida (zona alta, media, baja).
    c. La magnitud del problema.

Paso 7: Alternativas de gestión ante déficit estructural

Una vez identificadas y cartografiadas las áreas o unidades de demanda con déficit estructural, se propone evaluar de forma prioritaria las siguientes opciones de gestión (no excluyentes entre sí), que pueden aplicarse de manera combinada estas alternativas deberán tenerse en cuenta en el **Programa de actuaciones**:

Mejora de la gestión actual

- Revisar y ajustar las reglas operativas de embalses y trasvases para maximizar la eficiencia en la distribución de caudales cuando la disponibilidad es limitada.
- Implementar mejoras en la operación de conducciones (ej.: reducción de pérdidas por fugas, revisión de válvulas y puntos de control) para incrementar el volumen realmente transportado.
- Refinar las prioridades de asignación entre usos consolidados, de modo que, en años secos, se asegure suministro mínimo a abastecimiento humano y caudales ecológicos antes que otros usos.

Inversiones en nuevas fuentes y ampliación de infraestructura

- Evaluar la construcción de plantas de tratamiento y reutilización de agua residual (agua regenerada) para destinarla a riego o procesos industriales, reduciendo la presión sobre fuentes convencionales.
- Considerar la factibilidad de plantas desaladoras en zonas costeras o áreas con salinización de acuíferos, cuando se demuestre un déficit recurrente que no pueda atenderse con fuentes superficiales o subterráneas.
- Identificar posibles obras de regulación adicionales (embalses complementarios, represas de baja altura, estanques de recarga inundados) para acumular excedentes en periodos húmedos y disponer de reservas en años secos prolongados.

Programas de ahorro y eficiencia en la demanda

- Desarrollar campañas de uso eficiente del agua en riego (Por ej., riego por goteo, aplicaciones de sensores de humedad), con el fin de disminuir la demanda agrícola.
- Promover la instalación de contadores y sistemas de detección temprana de fugas en redes urbanas, con el objetivo de reducir pérdidas de agua potable.
- Fomentar incentivos (subvenciones o tarifas diferenciadas) para industrias que adopten procesos de circuito cerrado o reciclado interno de agua.

Reasignación temporal o definitiva de usos

- En contextos de déficit severo, revisar la posibilidad de reasignar temporalmente volúmenes destinados a usos secundarios (Por ej., ciertos volúmenes de riego) hacia el abastecimiento urbano, garantizando mínimamente el derecho al agua potable.
- Si se confirma que un sistema presenta déficit estructural, evaluar la reubicación de cultivos intensivos en otras áreas o la reducción planificada de concesiones hidráulicas para usos no prioritarios.

Medidas complementarias de gobernanza y normatividad

- Ajustar los instrumentos regulatorios (ordenanzas, decretos) para reflejar las nuevas prioridades en años críticos, de modo que los usuarios (públicos y privados) conozcan claramente los procedimientos de corte o restricción.
- Establecer un **sistema de alerta temprana** que combine datos hidrológicos y meteorológicos para anticipar déficits en meses recientes, de forma que se active con suficiente antelación alguno de los mecanismos mencionados (optimización, reasignación, etc.).
- Promover acuerdos de colaboración entre cuencas vecinas (o con cuencas transfronterizas, cuando corresponda) para coordinar volúmenes de transferencia en emergencias hidrológicas.

Tareas a realizar en contextos con información limitada

En muchos contextos, los sistemas de información sobre recursos, demandas, concesiones o infraestructuras son incompletos, desactualizados o fragmentarios. En estas situaciones, **no es viable aplicar directamente modelos complejos ni ejecutar balances detallados** como los descritos en otros apartados.

Esto no significa que deba renunciarse a realizar un análisis técnico útil. El enfoque adecuado consiste en **aplicar un balance simplificado** entre recursos y demandas, utilizando la información disponible de forma estructurada y transparente. Este balance puede representar un **primer paso para avanzar progresivamente** hacia procesos más completos.

Las siguientes tareas describen una ruta básica que permite estructurar este tipo de análisis de forma sólida, aun con datos parciales:

1. Delimitar los sistemas de explotación con criterio funcional.

- Utilizar el sistema de explotación como unidad operativa de referencia.
- Aun sin datos precisos, es importante delimitar claramente qué cuerpos de agua, infraestructuras y zonas de demanda pertenecen al sistema.

Se recomienda usar criterios prácticos como subcuencas, áreas de captación o zonas de uso dominante. Aunque no se disponga de una delimitación oficial precisa, es importante contar con una base operativa clara sobre la que aplicar el análisis. En la tarea 1 se dan algunos detalles para llevar a cabo este procedimiento (Tarea 1: Descripción del sistema de explotación).

2. Estimar la disponibilidad de recursos hídricos con base en información accesible.

En contextos con información limitada, la estimación de recursos hídricos debe realizarse a partir de fuentes disponibles y criterios técnicos razonables, priorizando la consistencia metodológica sobre la precisión numérica. Como punto de partida, se recomienda recurrir al **Inventario de Recursos Hídricos**, cuando esté disponible, ya que ofrece una base consolidada para estimar aportaciones superficiales, subterráneas y recursos no convencionales (como la reutilización o desalación).

Cuando el inventario no esté actualizado o no cubra todas las áreas de interés, pueden utilizarse fuentes complementarias como:

- **Aportaciones medias anuales** estimadas para el sistema o región, ya sea desde estudios previos, balances hidrológicos regionales o conocimiento técnico local.
- **Datos puntuales o series históricas** de estaciones de aforo, registros de captaciones, escorrentía media observada u otras observaciones de campo.
- **Información cualitativa o indirecta** basada en el comportamiento hidrológico del sistema, incluyendo periodos secos frecuentes, evidencia de sobreexplotación o reducción significativa de caudales.

Además, es importante considerar de forma explícita las principales **restricciones** que puedan afectar la disponibilidad efectiva de los recursos, tales como:

- Requisitos de **caudales ecológicos**, aunque se representen solo de manera aproximada.
- **Limitaciones técnicas** como falta de infraestructura de captación o regulación.
- Condiciones estacionales extremas o periodos de **estiaje prolongado**.

La combinación de estas fuentes permite establecer una estimación integrada del volumen anual o estacional disponible, con un grado de confianza acorde al contexto, que servirá como base para comparar con las demandas y orientar las decisiones de asignación.

Lo importante es obtener una cifra representativa realista del recurso medio disponible, reconociendo su variabilidad estacional y limitaciones básicas.

3. Estimar la demanda hídrica total

El siguiente paso consiste en cuantificar las demandas actuales totales del sistema de explotación, desagregadas por tipo de uso (urbano, agrícola, industrial, ambiental, etc.). Este trabajo es uno de los

elementos clave del plan, y como tal ya se ha descrito en **Descripción general de usos y demandas de agua**.

Cuando no se disponga de concesiones registradas o mediciones de consumo, es posible realizar estimaciones indirectas utilizando:

- Indicadores como el número de usuarios, la población abastecida, la superficie regada o la capacidad instalada en usos industriales.
- Información procedente de catastros de riego, censos productivos, registros de licencias, proyecciones de crecimiento urbano o datos sectoriales disponibles.

Estas estimaciones deben realizarse de forma coherente con la estructura del sistema de explotación definido y, en la medida de lo posible, con periodicidad anual o mensual para reflejar la estacionalidad.

Asimismo, deben incorporarse las **demandas futuras justificadas** que puedan surgir dentro del horizonte del plan, siempre que existan referencias formales como planes urbanísticos aprobados, proyectos agrícolas en trámite, solicitudes administrativas o políticas públicas que sustenten su viabilidad. En estos casos, se recomienda dejar constancia de las fuentes que respaldan su inclusión.

4. Comparar recursos y demandas totales

Una vez estimados los recursos disponibles y las demandas totales, se realiza una **comparación global** para determinar la situación general del sistema. Esta operación puede expresarse como:

Recursos disponibles (R) – Demandas totales (D) = Margen de equilibrio o déficit

Esta comparación sencilla debe realizarse con suma precaución, puesto que fácilmente enmascarará problemas de suministro debidos a la variabilidad temporal de los recursos hídricos. Por ejemplo, en el caso español, donde son patentes problemas de suministro y existe un balance equilibrado en grandes zonas del país, los recursos disponibles totales superan los 100.000 millones de metros cúbicos anuales, las demandas totales se sitúan en torno a los 30.000 millones de metros cúbicos y, por consiguiente, la simple diferencia entre esos valores podría llevar a suponer que es posible garantizar los suministros de manera sencilla..

5. Establecer un diagnóstico técnico preliminar.

Con base en la comparación anterior, el plan puede clasificar la situación del sistema y orientar decisiones técnicas iniciales:

- **Equilibrado**: los recursos disponibles permiten atender las demandas sin dificultad; no se requieren medidas urgentes.
- **Ligeramente deficitario**: el sistema presenta márgenes reducidos de cobertura; conviene priorizar medidas de eficiencia y control de usos no prioritarios.
- **Deficitario**: el sistema no puede atender las demandas bajo condiciones normales; se deben evaluar medidas de regulación, optimización de infraestructuras, redistribución o restricciones.

Este diagnóstico no reemplaza el análisis detallado, pero sí permite establecer una posición técnica sólida para avanzar.

6. Proponer medidas estratégicas iniciales

En función del diagnóstico, pueden proponerse **medidas generales de gestión**, incluso si no se dispone aún de un sistema de asignación formal. Algunas posibles líneas de acción son:

- **Priorizar los usos estratégicos**, como el abastecimiento humano o la conservación ambiental, frente a usos de menor prioridad.
- **Establecer márgenes de seguridad** o caudales de reserva antes de asignar nuevos volúmenes, especialmente en contextos deficitarios.
- **Fortalecer el sistema de información**, mediante la mejora de las redes de monitoreo, la recopilación de datos de concesiones o la integración de registros dispersos.
- **Aplazar decisiones críticas** cuando no exista seguridad técnica suficiente, condicionando futuras asignaciones a una mejora de la información o a la validación de nuevas estimaciones.

7. Documentar limitaciones y trazabilidad

Es fundamental que todo el procedimiento, incluso si es simplificado, quede documentado de forma clara y transparente. El plan debe reflejar:

- Las **fuentes de información utilizadas** y su nivel de confiabilidad.
- Los **supuestos asumidos**, criterios técnicos y rangos de incertidumbre.
- Las **limitaciones del análisis**, tanto en la calidad de los datos como en la escala de aplicación.
- Una **declaración explícita de que los resultados son preliminares**, pero válidos como base técnica para la toma de decisiones mientras se mejora progresivamente el sistema de información.

Esta documentación asegura la trazabilidad del proceso y facilita su actualización futura, fortaleciendo la transparencia y la credibilidad técnica del plan.

Importante:
Este enfoque simplificado no busca replicar con menos datos el procedimiento completo, sino **aprovechar al máximo el conocimiento disponible** para tomar decisiones razonables y técnicamente sustentadas, sirviendo como fase inicial del ciclo de planificación.

GUÍAS

GUÍA 1: Manual de Normas y Procedimientos para la Gestión y Administración de Recursos Hídricos. Chile

https://bibliotecadigital.ciren.cl/items/2f524e82-f3b9-417b-b0df-bf3caf07c716

GUÍA 2: Guía Metodológica. Modelación hidrológica y de recursos hídricos con el modelo WEAP.

https://www.weap21.org/downloads/guia_modelacion_weap_espanol.pdf

GUÍA 3: Construcción del Modelo WEAP del Río Santa. Perú

https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-ancash/archivos/public/docs/5_construccion_del_modelo_weap_del_rio_santa.pdf

Casos prácticos

BRASIL: Plan Integrado de Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del rio Paraíba do Sul

[3.5] Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas

[3.5.1] Identificación de las zonas protegidas para usos y conservación ambiental

Definición: El registro de zonas protegidas dentro de un plan hidrológico consiste en identificar, sistematizar y documentar todas aquellas áreas del territorio que, por su valor ecológico, hidrológico o social, han sido **formalmente reconocidas** como prioritarias para la protección del recurso hídrico. Básicamente se considerarán, al menos, dos grandes tipos de zonas protegidas: las relacionadas con la captación de agua para consumo humano y las zonas de especial interés ambiental. Este reconocimiento debe estar respaldado por una base legal, técnica o administrativa —ya sea legislación nacional, normativas regionales, instrumentos de ordenamiento territorial o compromisos internacionales—. La documentación debe incluir la localización georreferenciada, delimitación, categoría de protección, estatus jurídico y estado ecológico de cada zona.

Importante:
En algunos contextos es frecuente que los registros incluyan únicamente zonas con protección legal explícita (como parques nacionales), omitiendo otras áreas de gran relevancia hídrica —por ejemplo, nacientes de agua o áreas de recarga— que aún no cuentan con una designación oficial. Esta omisión puede limitar la utilidad del registro para la planificación del agua. Por tanto, el plan puede **complementar el registro principal** con una **identificación técnica de zonas críticas sin reconocimiento legal**, a fin de orientar futuras acciones de protección. La ausencia de mapas detallados y de referencias claras a la base legal o técnica de cada zona constituye una debilidad técnica relevante que debe ser subsanada para asegurar la robustez del inventario.

Objetivo: La identificación de zonas protegidas dentro de un plan Hidrológico con enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) tiene como objetivo garantizar la conservación y el uso sostenible del agua en ecosistemas estratégicos, así como la protección de fuentes de agua clave para el abastecimiento humano, la biodiversidad y la regulación hidrológica. Además, permite integrar la gestión del agua con la planificación ambiental y territorial, asegurando la sostenibilidad a largo plazo.

El objetivo principal de este registro es controlar que estas zonas se mantengan en un estado adecuado para cumplir con sus funciones específicas. Por ejemplo:

- Las áreas de captación de agua para consumo humano deben estar protegidas de contaminantes para garantizar la potabilidad. Pueden existir, según el marco legal de cada país, restricciones específicas en estas zonas, tanto para la captación como para el vertido, a fin de

evitar la sobreexplotación y la contaminación, limitando con ello los costes de potabilización y suministro.
- Las zonas que albergan especies acuáticas (fauna y flora) de valor ecológico o económico requieren una calidad de agua que permita su mantenimiento y reproducción.

Importante:
Es importante destacar que, salvo disposición jurídica expresa, el plan hidrológico no establece el régimen de protección de estas zonas, sino que reconoce su existencia y asume las medidas necesarias para respetar sus condiciones de protección. El registro no crea una nueva zona protegida, solo **reconoce y respeta las que ya existen**, o aquellas que deben tratarse con cuidado por sus funciones ecológicas clave. El organismo de cuenca o autoridad responsable del plan hidrológico debe integrar este registro. La protección legal de las zonas puede corresponder a otras entidades (ministerios de ambiente, gobiernos locales), pero el plan debe respetar su estatus y ajustar la gestión del agua en consecuencia.
Esto no es óbice para que, como se ha dicho anteriormente, el plan complemente **el registro principal** con una **identificación técnica de zonas críticas sin reconocimiento legal**.

Utilidad:

- Preservar ecosistemas estratégicos vulnerables o críticos.
- Garantizar la calidad y cantidad de agua en zonas clave para abastecimiento o equilibrio ecológico.
- Cumplir con normativas nacionales e internacionales.
- Integrar la gestión del riesgo climático e hidrológico, considerando el papel amortiguador de ciertos ecosistemas.
- Favorecer un desarrollo socioeconómico sostenible, al proteger recursos vitales para la población y la producción.
- Guiar la toma de decisiones sobre caudales ecológicos, asignación de recursos y medidas de gestión

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Un plan hidrológico con enfoque GIRH debe incorporar secciones específicas sobre las zonas protegidas vinculadas al recurso hídrico. Los contenidos mínimos recomendados incluyen:

- **Identificación y registro de zonas protegidas.**
- **Diagnóstico de la zona protegida.**
- **Objetivos específicos de protección.**

Identificación y registro de zonas protegidas

El plan hidrológico debe incorporar un **inventario detallado de las zonas protegidas vinculadas al recurso hídrico**, con el objetivo de garantizar la conservación de áreas estratégicas para la regulación, calidad y disponibilidad del agua. Este apartado debe incluir la **localización geográfica precisa, delimitación, categoría de protección, y base legal** de cada zona protegida, con apoyo de **cartografía georreferenciada**.

✅ **Contenidos clave:**

- **Listado sistemático de zonas protegidas** dentro del ámbito de planificación, organizadas por subcuenca o unidades de gestión. **Categorías principales** a considerar:

- **Fuentes de abastecimiento de agua potable**: incluyendo manantiales, cuencas de captación superficial y acuíferos estratégicos. Deben indicarse los perímetros de protección sanitaria (si existen) y su régimen de protección (por ejemplo, zonas de restricción de actividades).
- **Humedales de importancia ecológica o regulatoria**: sitios Ramsar, humedales permanentes o estacionales críticos para la biodiversidad o regulación hidrológica.
- **Áreas de recarga de acuíferos**: zonas geológicamente aptas para la infiltración y recarga natural de aguas subterráneas, en especial aquellas que alimentan acuíferos desde los que se abastecen centros poblados.
- **Hábitats críticos de fauna y flora acuática**: nacederos de ríos con especies endémicas o amenazadas, zonas de desove de peces migratorios, estuarios con alta biodiversidad.
- **Zonas ribereñas con vegetación protectora**: franjas de protección legal o técnica que amortiguan impactos de escorrentía y erosionan menos las orillas.
- **Áreas recreativas vinculadas al agua**: zonas oficiales de baño, navegación o turismo de naturaleza, siempre que estén sujetas a medidas de gestión de la calidad del agua.
- **Zonas con especies acuáticas de valor económico**: áreas donde la calidad del agua es determinante para especies piscícolas, moluscos o macroinvertebrados de interés comercial o alimentario.

- **Base normativa o técnica de designación**: debe indicarse claramente el marco legal o técnico que respalda la protección de cada zona (por ejemplo: decreto nacional, ordenanza local, designación como sitio Ramsar, figura del plan de ordenamiento territorial, etc.), identificando la autoridad pública responsable de la administración de dicha zona protegida.
- **Estado actual de conservación**: si existe información disponible, puede incluirse una nota sobre el grado de alteración, integridad ecológica o presiones existentes sobre la zona.
- **Mapas georreferenciados**: al menos un mapa temático debe mostrar la ubicación, extensión y superposición con cuerpos de agua o unidades de gestión. Este mapeo es clave para integrar estas zonas en el diagnóstico de presiones y en la planificación de caudales ecológicos y medidas de protección.

Diagnóstico de la zona

Una vez identificadas las zonas protegidas relacionadas con el agua, el plan hidrológico debe incluir un diagnóstico claro y técnicamente fundamentado sobre su estado actual y las principales amenazas que enfrentan. Este análisis, en que deberá participar la autoridad pública responsable de la zona protegida, es clave para entender qué tan bien están cumpliendo estas zonas sus funciones ecológicas, de abastecimiento o de protección, y qué factores podrían estar comprometiendo su integridad.

El diagnóstico debe abordar, al menos, los siguientes aspectos:

✅ **Contenidos clave:**

- **Calidad del agua**: en zonas destinadas al abastecimiento o de valor ecológico, se deben analizar parámetros fisicoquímicos (por ejemplo, turbidez, oxígeno disuelto, nitratos, contaminantes específicos) que permitan evaluar si la calidad del agua es adecuada para los usos o funciones que se busca proteger.
- **Cantidad y disponibilidad de agua**: en áreas de recarga o hábitats dependientes del régimen hídrico, se debe evaluar el estado de los caudales base, el nivel de los acuíferos o la estabilidad del suministro. Indicadores como el descenso del nivel freático o el incumplimiento del caudal ecológico mínimo son señales de presión.
- **Estado de humedales y hábitats acuáticos**: es importante determinar su grado de conservación, la biodiversidad presente (especies clave o endémicas), y si existen procesos de degradación (reducción de superficie, pérdida de vegetación ribereña, presencia de especies invasoras, etc.).
- **Presiones antrópicas**: deben identificarse claramente las actividades humanas que afectan negativamente a estas zonas, tales como:
  - Contaminación agrícola o industrial (por escorrentía, vertidos, uso de agroquímicos).
  - Sobreexplotación de acuíferos o captaciones no reguladas.

- Alteraciones del hábitat (deforestación, drenajes, construcción de infraestructura).
- Urbanización y ocupación de zonas ribereñas o de recarga.

Por ejemplo, si un humedal está protegido, pero ha perdido superficie en los últimos años, el plan debe señalar cuánto ha disminuido, qué especies están en riesgo, qué tipo de contaminantes se han detectado y cuáles son los factores responsables de dicha pérdida.

El uso de **indicadores cuantitativos** fortalece el diagnóstico. Algunos ejemplos útiles incluyen:

- Porcentaje de superficie inundable perdida respecto al histórico.
- Concentración de nitratos o coliformes en aguas subterráneas protegidas.
- Número de eventos en los que el caudal mínimo en tramos fluviales protegidos no ha sido respetado.

Finalmente, el diagnóstico debe incorporar una valoración de los **efectos proyectados del cambio climático** sobre estas zonas. Esto incluye posibles variaciones en la recarga de acuíferos, aumento de temperaturas, eventos extremos como sequías o inundaciones, y la capacidad de los ecosistemas para adaptarse (resiliencia).

Este análisis será la base para definir medidas concretas en el programa de actuaciones, y establecer prioridades en la gestión y conservación de zonas críticas.

Recomendación:

Diagnóstico en contextos con baja disponibilidad de información
En muchas regiones, la falta de datos sistemáticos no debe ser un obstáculo para incluir un diagnóstico operativo. En estos casos, se recomienda aplicar una combinación de estrategias:

- **Uso de fuentes secundarias**: planes territoriales, estudios ambientales, informes técnicos o académicos disponibles.
- **Percepción local validada**: entrevistas con actores clave y uso de herramientas participativas para identificar presiones y tendencias observadas.
- **Análisis espacial y teledetección**: mapas e imágenes satelitales para detectar cambios en coberturas, extensión de cuerpos de agua o presiones evidentes.
- **Indicadores indirectos**: señales visuales (turbidez, vegetación alterada), presencia de conflictos de uso o pérdida de biodiversidad observada.
- **Matriz cualitativa de riesgo**: clasificación de zonas en función de su valor ecológico y la intensidad de presiones percibidas.
- **Recomendaciones de refuerzo**: proponer medidas para mejorar el monitoreo futuro (muestreo básico, estaciones de bajo costo, monitoreo comunitario).

Este enfoque permite construir un diagnóstico técnicamente válido y útil para la toma de decisiones, incluso en ausencia de datos cuantitativos sistemáticos.

Objetivos específicos de protección

Para que las zonas protegidas realmente cumplan su función en la gestión del agua, es necesario definir objetivos claros y alcanzables. Estos objetivos deben responder a las funciones que cada zona cumple —abastecimiento, conservación de hábitats, recarga hídrica, etc.— y deben estar alineados con los marcos legales y ambientales vigentes.

Los objetivos deben ser **específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un plazo definido**. Algunos ejemplos incluyen:

- **Calidad del agua:** mantener los niveles de una fuente de abastecimiento dentro de los límites de la normativa de agua que se va a destinar a la producción de agua potable.

- **Recuperación ecológica:** restaurar un área de recarga degradada, como 50 ha para el año 2030.
- **Conservación de hábitats:** asegurar un caudal mínimo en un tramo de río que albergue especies sensibles, como peces o nutrias.

Estos objetivos, fijados por las autoridades correspondientes, deben integrar compromisos legales nacionales e internacionales, y vincularse con otras metas del plan hidrológico (por ejemplo, calidad de los cuerpos de agua o adaptación al cambio climático).

- **Medidas de gestión y protección**

Para alcanzar los objetivos, el plan debe incluir un conjunto de medidas concretas, adaptadas a cada tipo de zona y presión identificada:

- **Medidas de conservación de ecosistemas**: reforestación de áreas de recarga, restauración de humedales, protección de riberas mediante acuerdos de conservación o cercado, permeabilización de barreras, etc.
- **Control de contaminación**: tratamiento de aguas residuales antes de su vertido en zonas de baño o en áreas de captación para fuentes de consumo; promoción de prácticas agrícolas sostenibles en cuencas abastecedoras.
- **Regulación y ordenamiento**: definición de perímetros de protección en fuentes de agua potable; restricciones en zonas de extracción; ordenamiento del uso del suelo en cuencas críticas.
- **Incentivos y participación local**: fondos del agua (como FONAG[17] en Quito o MERESE[18] en Perú), acuerdos comunitarios de vigilancia y educación ambiental.

Cada medida debe incluir información sobre su ubicación, qué se va a hacer, cómo y con qué objetivo, así como una estimación de su efectividad, costes, responsables y plazos.

- **Programa de seguimiento y monitoreo**

Un buen plan debe incluir un sistema de monitoreo para comprobar si los objetivos se están cumpliendo y si las medidas están funcionando. Esto implica:

- **Indicadores**: por ejemplo, calidad del agua en fuentes protegidas, niveles freáticos en acuíferos, extensión de vegetación en humedales, presencia de especies sensibles.
- **Frecuencia y responsables**: definir cada cuánto se medirán los indicadores, quién lo hará (autoridades, operadores, academia) y cómo se informarán los resultados.
- **Alertas tempranas y revisión**: si se detecta un deterioro en una zona protegida, se deben activar medidas correctivas. Además, el plan debe revisarse periódicamente para ajustar los objetivos y acciones.

Recomendación:

En contextos con baja disponibilidad de información

- Utilizar imágenes satelitales o teledetección para evaluar cambios en cobertura vegetal o estado de cuerpos de agua.
- Apoyarse en conocimiento local, entrevistas o talleres participativos para validar amenazas y condiciones ecológicas.
- Priorizar zonas más críticas y utilizar indicadores indirectos (presencia de vegetación ribereña, disminución del caudal base, calidad percibida del agua, etc.).
- Diseñar objetivos progresivos, ajustables conforme se obtenga más información o capacidad técnica..

[17] https://www.fonag.org.ec/web/
[18] https://www.minam.gob.pe/economia-y-financiamiento-ambiental/mecanismos-de-retribucion-por-servicios-ecosistemicos-mrse/

Integración de zonas protegidas en la planificación hidrológica: visión regional y buenas prácticas

En la Región, diversos países han comenzado a incorporar zonas protegidas en sus procesos de planificación hidrológica como una buena práctica para fortalecer la gestión integrada del recurso hídrico. Esta integración busca asegurar que las acciones planificadas consideren el valor ecológico y estratégico de estas zonas, promoviendo su conservación.

Casos ejemplares de integración efectiva

Diversos países han desarrollado planes que articulan exitosamente la planificación hídrica con la gestión de zonas protegidas:

- **Colombia – POMCA del Río Chinchiná**: Incorporó páramos, bosques altoandinos y humedales, con objetivos concretos (como frenar la expansión agrícola en el páramo) y medidas como reforestación y adquisición de predios estratégicos. Implementó un monitoreo robusto en alianza con el Parque Nacional Natural Los Nevados.
- **México – Programa Nacional de Reservas de Agua**: Estableció reservas ecológicas en cuencas con bajo nivel de desarrollo hídrico, protegiendo caudales para ecosistemas (ej. Pantanos de Centla). Basado en estudios técnicos, este modelo ha sido replicado en otros países con apoyo del BID y WWF.
- **Perú – Plan de la Cuenca Chira-Piura**: Vinculó las acciones del plan con humedales costeros y lagunas altoandinas, estableciendo metas de caudales ecológicos y promoviendo la coordinación entre áreas protegidas y acciones aguas arriba.
- **Argentina – Plan de Saneamiento Matanza-Riachuelo**: Aunque orientado a saneamiento, protegió humedales urbanos y planicies de inundación frente a urbanización, estableciendo metas de conservación y regulación hidrológica.
- **Costa Rica – Plan de Cuenca del Río Savegre**: Integró la planificación con la declaratoria de Reserva de Biosfera UNESCO, protegiendo bosques primarios y rechazando proyectos hidroeléctricos en tramos clave del río.

[3.5.2] Evaluación del estado de la calidad de las aguas y objetivos de calidad

Definición: La calidad del agua es el conjunto de características físicas, químicas, microbiológicas y biológicas de un cuerpo de agua que determinan su estado y su capacidad para:

- Satisfacer los usos humanos, sociales y económicos asignados (potable, riego, recreación, industrial, etc.).
- Mantener el equilibrio y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, garantizando su integridad y resiliencia.

La calidad se expresa como un valor absoluto, sino como una evaluación relativa en función de unos **objetivos de referencia** (normativos o no), dependiendo de la tipología del cuerpo de agua de que se trate, que se comparan con datos obtenidos mediante monitoreo.

Enfoques para su evaluación
En la planificación hidrológica se emplean dos enfoques complementarios para evaluar la calidad:

1. **Enfoque por usos y general (calidad química y fisicoquímica):**
   - Evalúa la calidad en relación con valores de referencia para parámetros químicos, fisicoquímicos y microbiológicos exigidos para cada uso.
   - Incluye los cuerpos de agua sin uso asignado, comparándolos con **valores generales de referencia** para prevenir el deterioro.
2. **Enfoque integrado (químico-fisicoquímico + biológico):**
   - Integra los resultados fisicoquímicos con indicadores biológicos e hidromorfológicos para obtener una visión completa del estado ecológico.
   - Permite valorar la salud de los ecosistemas acuáticos y el grado de cumplimiento de los objetivos ambientales.

El grado de aplicación de cada enfoque dependerá de la ambición con que se planteen los trabajos y de la calidad y cantidad de información disponible: en contextos con datos limitados se comenzará por el primer enfoque y se evolucionará hacia el segundo conforme se disponga de datos más robustos.

Objetivo: La evaluación de la calidad del agua es una parte esencial de un plan hidrológico. No solo permite conocer el estado actual de los cuerpos de agua, sino también la brecha que existe entre la situación diagnosticada y la deseada, fundamentando con ello la planificación de actuaciones y medidas, el seguimiento del cumplimiento de objetivos y el diseño de estrategias de protección y recuperación. Esta evaluación debe abordarse de manera estructurada, detallada y con base técnica sólida, como parte de un enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

Utilidad: La utilidad del análisis de calidad de las aguas radica en su capacidad para:

- Ayuda a interpretar y comprender el modelo conceptual, al que se alude en la tarea de **inventario de recursos**", donde la marca cualitativa de las aguas, su fisicoquímica fundamentalmente deberá ser coherente con la explicación dada a los flujos del ciclo hidrológico, en particular en situaciones de mezcla de aguas de distintos orígenes (intrusión salina, cuña estuarina), de conexión entre la escorrentía superficial y la subterránea (recargas y descargas) y otras circunstancias.
- Proteger la salud pública: Garantizar que el agua destinada al consumo humano y otras actividades con repercusión sobre la salud (riego de productos que se consumen en fresco, baño…) sea segura.
- Identificar fuentes de contaminación: Detectar y controlar las fuentes de contaminación para mitigar sus efectos.
- Conservar los ecosistemas acuáticos: Mantener la biodiversidad y el equilibrio ecológico.
- Cumplir con la normativa: Asegurar que se cumplen los estándares legales y reglamentarios.
- Gestionar los recursos hídricos: Facilitar la toma de decisiones informadas para la gestión sostenible del agua.
- Priorización de inversiones o definición de zonas críticas de actuación.

Importante:
En el ámbito de la CODIA se está trabajando en un Marco común de calidad de aguas que se incluirá en la Guía cuando sea finalizado y aprobado por los países socios.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Para abordar el estudio de la calidad de las aguas, el plan hidrológico deberá incorporar los siguientes contenidos:

1. Marco normativo y regulatorio
2. Objetivo y alcance del análisis
3. Caracterización inicial de la zona de análisis
4. Objetivos de calidad
5. Análisis y evaluación de la información de partida
6. Red de monitoreo para la evaluación de la calidad de las aguas
7. Validación de los datos obtenidos en la red de monitoreo
8. Diagnostico
9. Propuestas de medidas de gestión y mejora
10. Seguimiento de la calidad

Marco Normativo y regulatorio

El plan debe contempla el marco normativo que encuadrará el estudio de calidad de las aguas. En ese sentido se debe tener en cuenta:

- **Legislación nacional**: Revisión de leyes y normativas relacionadas con la gestión del agua y la protección ambiental, con el fin de identificar reglas de alto nivel y reglamentarias sobre objetivos de calidad y protección de las aguas, que sean propias del país. Cada país dispone de

su propia normativa de calidad de agua, que establece parámetros y estándares según sus realidades y usos, y que, obviamente, deberá ser tomada en consideración. A modo de referencia, México define límites permisibles para agua potable en la NOM-127-SSA1-2021; Colombia regula los vertimientos de aguas residuales a cuerpos hídricos mediante la Resolución 0631 de 2015 del Min Ambiente; Perú ha adoptado Estándares de Calidad Ambiental para Agua (D.S. N° 004-2017-MINAM) aplicables a distintas categorías de cuerpos de agua; Chile establece normas de calidad para distintos usos de agua https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf

- **Instrumentos internacionales (globales): Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS)** para la calidad del agua potable (establecen valores guía de contaminantes para proteger la salud pública); criterios y guías de calidad de agua de la **Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA)**, incluyendo el desarrollo de criterios biológicos y toxicológicos; y los **Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU**, en particular la Meta 6.3 de la Agenda 2030, que busca para 2030 'mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertido y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos), la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (DMA-UE) que establece un marco común de protección para todas las aguas, o más específicamente, para las aguas de abastecimiento, la Directiva 2020/2184, de 16 de diciembre de 2020, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

Objetivo y alcance del análisis

- **Definición del objetivo del análisis**: identificar claramente para qué se evalúa la calidad del agua (uso humano, riego, ecosistemas, recreación, etc).
- **Delimitación del alcance**: A priori el alcance debe incluir todas las aguas continentales (superficiales y subterráneas) del territorio a que se refiere el plan hidrológico, pudiendo incluso incorporar aguas costeras o de ambientes de transición cuando su estado esté claramente afectado por las aguas continentales (**delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua**) qué cuerpos de agua o áreas serán evaluados, diferenciando:
  - Aguas superficiales (ríos, lagos, humedales, aguas costeras o tramos).
  - Aguas subterráneas (acuíferos).
  - Consideración especial de zonas protegidas en función del tipo de protección y sus requisitos particulares (producción de agua potable, baño, acuicultura…),

El área de estudio debería ser todo el ámbito del plan hidrológico, siendo las unidades discretas del análisis los cuerpos de agua (superficiales y subterráneos), reconociendo que algunos cuerpos tendrán datos directos, obtenidos mediante las redes de control, mientras que otros carecerán de datos directos y deberán ser evaluados mediante un estudio de presiones e impactos.

Caracterización inicial de la zona de análisis

Este contenido se desarrolla en la tarea 1: Caracterización inicial de la zona de análisis

Proporcionar una comprensión integral del sistema hídrico antes del monitoreo, conforme al modelo conceptual expuesto en el **Inventario de los recursos hídricos**, estableciendo la base para el diagnóstico, la interpretación de resultados y la toma de decisiones.

Contenido mínimo que debe contemplarse:

- Ubicación geográfica y contexto territorial.
- Tipología de cuerpos de agua, necesario para análisis de la calidad ambiental. (**delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua**).
- Condiciones hidrológicas e hidrográficas.
- Clasificación y usos actuales o previstos del agua. (**descripción general de usos y demandas de agua**).
- Presiones sobre la calidad del agua. (**inventario de presiones**).

Objetivos de calidad

Desarrollo de contenido en Tarea 2: Asignación de objetivos de calidad

Los **objetivos de calidad** del agua son metas definidas para lograr una mejora continua en la calidad de los cuerpos de agua, alineadas con los **distintos usos** actuales y proyectados del recurso, así como con la **recuperación y conservación ambiental**. Estos objetivos se establecen con un enfoque a largo plazo, considerando diversas dimensiones, tales como: la viabilidad técnica, la adecuación ambiental y la sostenibilidad socioeconómica. La principal función de estos objetivos es servir como una referencia normativa y técnica para evaluar la calidad del agua, interpretar los resultados del diagnóstico y, en función de todo ello, tomar decisiones adecuadas en términos de gestión, protección y recuperación de los recursos hídricos.

Habrá situaciones en que estos objetivos hayan sido formalmente establecidos mediante, por ejemplo, una tabla de valores de concentración límite para diversos parámetros. Esta solución puede no ser fácilmente aplicable cuando se estén investigando condiciones naturales para determinar requisitos de calidad para ecosistemas, en particular si están relacionados con descargas de agua subterránea o corresponden a **tipologías específicas** (**delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua**) por su salinidad u otras condiciones que los singularicen. En estos casos, y a falta de mejor información, el plan hidrológico deberá estimar las concentraciones o parámetros límite que puedan resultar adecuados.

En el contexto de la planificación hidrológica con enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), el establecimiento de objetivos de calidad del agua constituye una herramienta central para orientar las acciones de mejora, conservación y recuperación de los cuerpos de agua. No obstante, en muchos países de América Latina y el Caribe (ALC), **las limitaciones en la cobertura y calidad del monitoreo** dificultan el establecimiento de **objetivos ambientales integrales**, que aúnan el objetivo para la satisfacción de usos y el mantenimiento de ecosistemas.

Ante esta realidad, se plantea en esta guía una **diferenciación metodológica explícita** entre dos categorías complementarias de objetivos:

- **Objetivos químicos y fisicoquímicos:** Son objetivos que se vinculan al cumplimiento de valores umbral para parámetros de calidad del agua (nutrientes, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, bacteriología, metales pesados, contaminantes prioritarios, etc.). Estos objetivos se aplican **tanto a las masas con uso asignado como a aquellas que no lo tienen**:
  - **Para las masas con uso**, los valores objetivo se establecen en función de la normativa correspondiente al uso específico (abastecimiento, riego, recreativo, etc.).
  - **Para las masas sin uso actual, se fijan objetivos generales de calidad**, tomando como referencia valores normativos nacionales o, en su defecto, valores de referencia internacionales, con el fin de garantizar una calidad mínima y prevenir su deterioro, de forma que puedan ser aptas para usos futuros.
- **Objetivos ambientales o ecológicos:** Este tipo de objetivos se orienta a mantener o recuperar la funcionalidad ecológica de los ecosistemas acuáticos (preservar hábitats, biodiversidad, conectividad de cauces, régimen de caudales, etc.). Su formulación implica definir el **estado ecológico** deseado, que normalmente se expresa en clases de calidad (por ejemplo, alcanzar al menos un estado “bueno” o “muy bueno”). La base técnica para establecer estos objetivos es el concepto de **condiciones de referencia**, entendidas como las condiciones naturales o muy poco alteradas que ofrece un cuerpo de agua en ausencia de presiones significativas que lo deterioren. Estas condiciones de referencia sirven como estándar para:
  - Comparar la calidad actual con el estado deseado.
  - Calibrar los índices biológicos y fisicoquímicos utilizados en la evaluación.
  - Establecer de manera objetiva la meta ambiental en cada tipo de cuerpo de agua.

La fijación de objetivos ecológicos suele ser progresiva y adaptativa, comenzando con aproximaciones más generales cuando los datos son limitados y avanzando hacia una definición más precisa a medida que se fortalecen los programas de monitoreo y la capacidad técnica e institucional.

Análisis y evaluación de la situación de partida

Este contenido se desarrolla en la tarea 3: Análisis y evaluación de información de partida

En esta fase se **organiza, revisa y evalúa la información existente para cada cuerpo de agua del área de estudio**. El objetivo es tener una visión clara y documentada de los datos disponibles relativos a:

- Usos del agua,
- Límites ambientales y normativos,
- Presiones identificadas,
- Disponibilidad de datos históricos y actuales de calidad y cantidad.

El resultado es un **inventario estructurado** que servirá de base para identificar carencias y planificar el diseño de la red de monitoreo.

Esta evaluación parte de la **comparación sistemática entre la información disponible y los requisitos normativos establecidos**, teniendo en cuenta tanto los usos definidos para el agua como las presiones detectadas sobre los cuerpos de agua. El análisis permite:

- Detectar deficiencias en el monitoreo y en la caracterización de presiones,
- Identificar los cuerpos con suficiente información para el diagnóstico y aquellos en los que se requieren campañas complementarias.

El producto final de esta tarea es un **inventario evaluado de la información existente, indicando para cada cuerpo de agua el grado de cobertura y de confianza de los datos**, lo que proporcionará la base técnica para la fase de diagnóstico y la definición de la red de monitoreo.

Red de monitoreo para la evaluación de la calidad de los cuerpos de agua y programas de control

Este contenido se desarrolla en la tarea 4: Definición de la red de monitoreo.

Una vez establecida la situación actual de la cuenca y detectadas la necesidad en cuanto al control de la calidad del agua, se procede al diseño de la **red de monitoreo de calidad del agua,** que constituye el sistema mediante el cual se recopila la información necesaria para diagnosticar el estado de los cuerpos de agua, evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad y hacer seguimiento a la eficacia de las medidas implementadas. Su diseño debe estar alineado con los objetivos del plan, los usos del agua identificados, las presiones existentes y las capacidades institucionales del país o región. (**Definición de las redes de monitoreo**).

Una red bien estructurada debe cumplir con las siguientes funciones:

- **Representatividad espacial:** Garantizar que los puntos de control cubran adecuadamente la variabilidad natural de la cuenca y las zonas afectadas por las presiones antrópicas.
- **Adaptación a usos y objetivos:** Seleccionar los parámetros adecuados según los usos asignados al recurso y los objetivos de calidad definidos.
- **Representatividad temporal:** Establecer frecuencias de muestreo que capturen adecuadamente la dinámica estacional e hidrológica.
- **Seguimiento de medidas:** Incluir estaciones destinadas a evaluar la eficacia de las medidas del plan.
- **Ajuste normativo e institucional:** Asegurar que el diseño sea coherente con los estándares nacionales e internacionalmente reconocidos, y viable en función de los recursos disponibles.

Dada la heterogeneidad en la capacidad técnica, institucional y de datos, dominante en los países de América Latina y el Caribe, se presentan **dos esquemas metodológicos diferenciados** para la evaluación de la calidad del agua a partir de los resultados de las redes de monitoreo:

- **Enfoque por usos y general; calidad química y fisicoquímica:** Este enfoque evalúa si la calidad del agua es adecuada para los usos asignados (abastecimiento, riego, recreación, industrial, etc.) a través del control de **parámetros fisicoquímicos** y, cuando sea necesario por la presencia de presiones específicas, **parámetros químicos adicionales**. Para cada tipo de uso se establece un conjunto mínimo de parámetros y se comparan los resultados con los estándares legales o guías nacionales correspondientes.
  Parámetros fisicoquímicos, entre lo que se suelen incluir:
  - Temperatura
  - Turbidez
  - Sólidos suspendidos totales
  - Color y transparencia

- Oxígeno disuelto
- DBO_5 y DQO
- Nutrientes: nitratos, nitritos, amonio, fósforo total y ortofosfatos
- Sales principales: cloruros, sulfatos, bicarbonatos, alcalinidad/dureza, sodio, calcio, magnesio, conductividad eléctrica

Parámetros químicos

- Metales y metaloides: arsénico, plomo, cadmio, mercurio, etc.
- Contaminantes específicos: pesticidas, hidrocarburos, compuestos orgánicos prioritarios u otros contaminantes emergentes.

Parámetros microbiológicos mínimos: coliformes totales y *Escherichia coli* cuando proceda (consumo humano, recreación).

Este esquema permite diseñar redes de monitoreo con **cobertura representativa**, sin necesidad de una alta densidad de estaciones, y constituye la base mínima de evaluación en contextos con información y recursos limitados.

En los casos en que un cuerpo de agua no tenga definido un uso específico, puede aplicarse un conjunto de **límites generales de calidad** como referencia para su evaluación. Estos límites se establecerán según normativa nacional o, en su defecto, con base en valores de referencia internacionales para las aguas destinadas a potabilización. La finalidad es asegurar una calidad mínima y prevenir el deterioro de cuerpos de agua aún no destinados a usos intensivos. Esta evaluación es clave en contextos donde se planifican futuros aprovechamientos o se desea conservar la calidad natural del recurso.

- **Enfoque integrado fisicoquímico y biológico (para contextos con mayor disponibilidad de datos):** Evaluación Integrada (Calidad química y fisicoquímica + biológica): Este enfoque combina la evaluación de los **parámetros fisicoquímicos y químicos** con el análisis de **indicadores biológicos e hidromorfológicos**, proporcionando una medida completa del **estado ecológico** de los cuerpos de agua. Supone un nivel más avanzado de diagnóstico, aplicable en contextos con mayor disponibilidad de información y capacidad técnica.
  - **Parámetros fisicoquímicos y químicos:** Se utilizan los mismos parámetros definidos en el enfoque por usos (bloque químico y fisicoquímico y, cuando proceda, parámetros químicos específicos), permitiendo evaluar el cumplimiento normativo básico y la existencia de contaminantes derivados de presiones concretas.
  - **Indicadores biológicos.** Se evalúan comunidades acuáticas sensibles a las presiones antrópicas:
    - **Macroinvertebrados bentónicos** (altamente sensibles y más utilizados).
    - **Peces** (opcionales índices de integridad biótica).
    - **Fito bentos (diatomeas)** y **macrófitas** en masas de agua adecuadas.

    Estos indicadores reflejan los efectos integrados de las presiones, incluyendo contaminación orgánica, eutrofización, alteraciones hidromorfológicas o tóxicas.
    Cada país debe seleccionar los indicadores biológicos más adecuados a las **presiones predominantes en su ámbito.** *Ejemplo:* En zonas con vertidos urbanos, los cambios en la composición y abundancia de macroinvertebrados y fitoplancton permiten detectar eutrofización, anoxia o toxicidad.
    Los resultados de los indicadores biológicos se interpretan en relación con **condiciones de referencia** o índices ecológicos adaptados regionalmente (ej. BMWP para macroinvertebrados, IBI para peces).
  - **Indicadores hidromorfológicos.** Las condiciones hidromorfológicas de los ríos y lagos, dan soporte al hábitat en que se desarrollan los indicadores biológicos. En consecuencia, muchos impactos sobre los elementos de calidad biológicos son consecuencia de deterioros hidromorfológicos. Para su evaluación, puede analizarse:
    - **Continuidad longitudinal y transversal de los cauces**
    - **Presencia de barreras y determinación de su franqueabilidad**
    - **Régimen hidrológico**
    - **Estado de las riberas**

Este enfoque exige mayor capacidad técnica y logística: laboratorios especializados, personal formado en taxonomía, muestreos coordinados y más frecuentes. Por ello, se aplica como una evolución del esquema básico. El objetivo final es **ir más allá del cumplimiento químico** e incorporar la respuesta

ecológica del ecosistema, alineando la gestión del agua con estándares internacionales adaptados a las condiciones locales.

Ambos esquemas son compatibles y pueden implementarse de manera progresiva, avanzando conforme se fortalezca la capacidad de diagnóstico y seguimiento en cada país.

El diseño de la red debería responder a **tres preguntas** fundamentales:

1. ¿Dónde se mide y por qué? (Selección de puntos de control)
Se utilizan dos enfoques complementarios:

- **Enfoque determinista** (por uso e incumplimiento):
  - Puntos obligatorios donde existan usos prioritarios o antecedentes de incumplimiento. Ej.: captaciones para agua potable, zonas con denuncias de contaminación.
- **Enfoque estadístico** (por representatividad):
  - Cuando no se puede cubrir el 100 % de cuerpos agua con puntos de control, se realiza una **estratificación o agrupación** (tipología, presión predominante) y selección de una muestra representativa por grupo.

2. ¿Qué se mide? (Selección de parámetros) dependiendo del enfoque**:**

- **Enfoque por usos y calidad química y fisicoquímica:**
- Se mide lo exigido por la normativa u otros límites establecidos para cada uso.
- **Enfoque integrado químico- fisicoquímico y biológico (para contextos con mayor disponibilidad de datos:**
  - Se agregan parámetros biológicos y tróficos. Se aplican índices adaptados a la región (BMWP, IBI, etc.).

3. ¿Cuándo se mide? (Frecuencia de muestreo) se establecerán las frecuencias de muestreo que estime cada país según su legislación, en ausencia de la misma se puede aplicar este ejemplo.

- **Mínimo operativo:** 2 campañas anuales (seca y lluviosa). Es importante que la frecuencia sea repetida en las mismas fechas para permitir su comparabilidad.
- **En zonas críticas:** mensual o trimestral, según presión.
- **Bioindicadores:** 1–2 veces/año, o cada varios años, según ciclo biológico.

Las respuestas a estas preguntas **informan del propósito** del punto de muestreo, lo que permitirá relacionar este punto con uno o varios programas de seguimiento. A continuación, se describen los programas de seguimientos más comúnmente utilizados.

- **Programa de visión general:** Proporciona una **visión panorámica** del estado de la calidad del agua en todo el territorio o cuenca. Su objetivo es identificar las condiciones generales y tendencias a largo plazo, sirviendo como **línea base**. No requiere una alta densidad de estaciones ni muestreos muy frecuentes, pero sí garantizar una buena **cobertura espacial** (puntos distribuidos representativamente) y **continuidad temporal** (mediciones periódicas regulares) para poder detectar cambios o desviaciones respecto a condiciones de referencia naturales. Este programa permite, por ejemplo, advertir si la calidad del agua está mejorando o deteriorándose con el tiempo en términos generales, derivas relacionadas con el cambio climático y así, poder alertar sobre posibles problemas emergentes.
- **Programa de referencia;** Define las condiciones naturales o mínimamente alteradas que sirven como estándar para la clasificación ecológica.
- **Programa de seguimiento de cuerpos impactados (Incumplimientos):** Enfocado a **monitorear cuerpos de agua problemáticos**, aquellos que están bajo presiones (p.ej. ríos con grandes vertidos, lagos eutrofizados) o que actualmente **no cumplen** los objetivos de calidad establecidos. Su finalidad es evaluar de cerca la evolución de estos impactos y verificar la eficacia de las medidas aplicadas. A diferencia del programa de visión general, aquí se requiere mayor **resolución y frecuencia**: se seleccionan parámetros más específicos del problema (incluyendo contaminantes relacionados con la presión), se muestrea con mayor periodicidad y se instalan estaciones aguas arriba y abajo de fuentes de contaminación. Por ejemplo, si un tramo de río tiene alta carga orgánica por descargas urbanas, este programa medirá DBO,

nutrientes, coliformes con frecuencia mensual, para ver si las mejoras en saneamiento están funcionando.

- **Programa adaptado a usos:** Enfocado a controlar la calidad del agua directamente en los puntos donde se realiza un uso concreto del recurso, con el fin de verificar el cumplimiento de los estándares legales exigidos para ese uso. Su ámbito de aplicación suele focalizarse sobre las captaciones de agua para abastecimiento, zonas de baño y recreación, zonas de pesca o acuicultura, reservas para agua industrial, etc.

A continuación, se muestra una tabla resumen de los programas de seguimiento analizados.

Programa	Dónde	Qué	Cuando
Programa de visión general	Según una distribución estadística, cuando no se dispone de control en todos los cuerpos de agua.	Parámetros fisicoquímicos y químicos relacionados con las presiones.	Al menos dos veces al año para parámetros fisicoquímicos y químicos; los indicadores biológicos pueden medirse una vez al año.
Programa de referencia	Cuerpos de agua prístinos por no recibir presiones significativas.	Todos los parámetros posibles, incluyendo como mínimo los macroinvertebrados, y todos aquellos sobre los que se soporte la evaluación.	Cuando se quiera volver a establecer las condiciones de referencia.
Programa de cuerpos impactados	Cuerpos de agua deteriorados, en los que se registran incumplimientos.	Parámetros fisicoquímicos generales y, de forma prioritaria, aquellos relacionados con los incumplimientos detectados.	Una vez al año para indicadores biológicos y cuatro veces al año para parámetros fisicoquímicos. La frecuencia puede aumentarse según la magnitud del problema.
Programa de usos	En los puntos donde se ubica la captación o uso específico.	Parámetros asociados al uso, según la normativa vigente.	Frecuencia determinada por la legislación aplicable.

Recomendación:

Adicionalmente se pueden proponer p**rogramas de investigación (estudios especiales)**: que son monitoreos puntuales y temporales diseñados para esclarecer problemas de calidad del agua que los programas regulares no pueden explicar. Se utilizan para identificar causas y dinámica de contaminaciones inusuales (p. ej., contaminantes inesperados en acuíferos o floraciones algales tóxicas sin causa aparente). En otros casos se pueden llegar a emplear técnicas avanzadas (análisis isotópicos, bioensayos, muestreos intensivos) y alta densidad de control en la zona afectada, con participación de expertos y diferentes instituciones. Su finalidad es generar información precisa para tomar medidas correctivas y, una vez resuelto el problema, se cierran o se integran los resultados en los programas permanentes.

En conjunto, las **redes de monitoreo estructuradas en estos niveles** aseguran un sistema robusto de evaluación de la calidad del agua, capaz de atender las necesidades de información desde lo más general hasta lo más específico. Esto permite al gestor del recurso hídrico contar con datos confiables para **diagnosticar** el estado de las aguas, **diseñar** medidas de gestión adecuadas y **dar seguimiento** al cumplimiento de los objetivos de calidad tanto a corto como a largo plazo.

Validación de los datos obtenidos de la red de monitoreo

Este contenido se desarrolla en la tarea 5: Validación de datos de calidad..

El análisis de la bondad de los datos de calidad del agua es un paso clave para convertir los resultados del monitoreo en información útil para la gestión. Para que este proceso sea confiable, es fundamental asegurar la calidad de los datos desde su origen y aplicar criterios técnicos en su interpretación. Este análisis tiene tres funciones principales:

- **Garantizar la validez de los datos:** A través de controles de calidad que permitan identificar errores, inconsistencias o sesgos en las mediciones.

- **Depurar y preparar la información:** Eliminando registros erróneos o incompletos y asegurando que los datos finales sean coherentes y comparables.
- **Extraer conocimiento relevante:** Mediante herramientas estadísticas y visuales que permiten reconocer las características, identificar tendencias, variabilidad, eventos anómalos y relaciones entre parámetros.

La calidad de los datos determina la solidez del diagnóstico, por eso, es necesario aplicar buenas prácticas de validación y análisis, utilizando tanto métodos técnicos como herramientas gráficas, adaptadas al contexto de cada cuenca y a las capacidades locales.

Diagnóstico

Este contenido se desarrolla en la Tarea 6: Enfoque por usos y general: calidad química y fisicoquímica

El diagnóstico de la calidad de las aguas que se presenta en el plan hidrológico constituye una **fotografía estática del estado de los cuerpos de agua en el momento de su elaboración**. Este diagnóstico se basa en los datos obtenidos por la red de control y sirve como referencia inicial para orientar las medidas de gestión.

Es importante destacar que este diagnóstico **no es definitivo ni permanente**: se actualizará en el siguiente ciclo de planificación, cuando se reevalúe el estado de las masas de agua y se incorporen los efectos de las medidas implantadas en el ciclo anterior. La información obtenida permitirá, además, valorar la **adecuación y posibles ajustes de la red de control**.

No obstante, el análisis de la calidad del agua **no se limita al periodo de vigencia del plan**. Durante todo el ciclo se seguirán realizando campañas y evaluaciones periódicas cuyos resultados se plasmarán en **informes de seguimiento anuales**, aportando información actualizada para la gestión adaptativa y la detección temprana de nuevas problemáticas.

En este contexto, el **diagnóstico de calidad del agua constituye una etapa clave del plan hidrológico**, ya que permite conocer la situación actual de los cuerpos de agua y orientar las decisiones para la gestión, recuperación y protección de los recursos hídricos.

Existen **tres enfoques complementarios** para su desarrollo, cuya aplicación depende de la disponibilidad y calidad de los datos:

1. **Enfoque por usos y general: calidad química y fisicoquímica**
   a. **Evaluación por parámetros individuales**
   Se analizan los resultados del monitoreo para cada parámetro físico (ej. turbidez, temperatura, sólidos totales), fisicoquímico y químico (pH, oxígeno disuelto, nutrientes, metales pesados), comparándolos con los valores de referencia normativos y generales aplicables. Esta comparación permite:
      - Conocer la hidroquímica del agua.
      - Determinar el cumplimiento puntual o persistente de los objetivos de calidad.
      - Detectar eventos críticos o contaminaciones específicas.
      - Evaluar la adecuación de la calidad del agua para cada uso definido.

   b. **Uso de índices de calidad del agua (ICA)**
   Se aplican índices compuestos que integran múltiples parámetros en un único valor numérico o categoría cualitativa (por ejemplo, excelente, buena, regular, mala). Este enfoque:
      - Facilita la **síntesis** de información compleja.
      - Permite una **comunicación más accesible** a tomadores de decisiones y ciudadanía.
      - Es útil para el **seguimiento temporal** y la **comparación espacial** entre cuerpos de agua.

El resultado del diagnóstico depende del objetivo del análisis:

- **Diagnóstico por usos específicos:**
  Para cada uso (abastecimiento, riego, recreativo, etc.) se evalúan los parámetros normativos exigidos en el punto de captación o zona de uso.

- Cada muestra se compara directamente con los valores límite normativos.
- El resultado se expresa como porcentaje de incumplimiento (% de muestras que no cumplen) para cada parámetro y uso.
- Esta información se presenta preferentemente en **gráficos de barras o tablas de cumplimiento por uso**.

- **Diagnóstico de calidad general:** En el resto de los cuerpos de agua, la calidad se evalúa de forma integral.
  - Se calculan **estadísticos representativos** (media, mediana, percentiles) para cada parámetro a lo largo del periodo de evaluación.
  - Se comparan estos valores con los estándares de calidad y se identifican incumplimientos.
  - Los resultados se representan espacialmente mediante **mapas de incumplimientos** o matrices comparativas.

En ambos casos, el resultado final sigue el criterio **"one out, all out"**: el diagnóstico del cuerpo de agua queda definido por el parámetro o índice que presente la peor calidad, salvo que se utilicen índices compuestos ICA, en cuyo caso prevalece la categoría del índice.

2. **Enfoque integrado químico, fisicoquímico, hidromorfológico y biológico**

Cuando se dispone de información sobre las comunidades acuáticas (macroinvertebrados bentónicos, peces, fitoplancton, macrófitos, diatomeas, etc.), es altamente recomendable integrar estos datos al diagnóstico para obtener una valoración más completa del estado de los cuerpos de agua.

La aplicación de índices bióticos o métricas ecológicas, como por ejemplo, el índice BMWP adaptado (utilizado en ríos de varios países de la región), índices de integridad biótica (IBI) para peces, fitoplancton para evaluar eutrofia en embalses o cuerpos lénticos, o índices de diatomeas, permite calificar la calidad del agua en términos ecológicos.

Estos indicadores biológicos proporcionan información adicional de gran valor porque:

- Integran los efectos acumulativos en el tiempo: Las comunidades biológicas reflejan el impacto combinado de las presiones y la contaminación, mostrando efectos que no son evidentes en mediciones puntuales. Por ejemplo, la ausencia o baja diversidad de macroinvertebrados sensibles revela contaminación crónica o alteraciones del hábitat.
- Aportan una visión complementaria: Facilitan la detección de cambios ecológicos sutiles, la identificación de especies invasoras y la valoración del equilibrio trófico, enriqueciendo la interpretación más allá de los parámetros fisicoquímicos.
- Permiten clasificar la calidad ecológica: Siguiendo estándares internacionales los resultados biológicos se comparan con condiciones de referencia naturales para categorizar el estado ecológico del cuerpo de agua (alta, buena, moderada, deficiente o mala) y verificar el cumplimiento de los objetivos ambientales asociados.

<u>Procedimiento de evaluación:</u>

1. Los indicadores biológicos se comparan con los valores de referencia definidos para cada índice o métrica en el plan.
2. Paralelamente, los parámetros fisicoquímicos y químicos se evalúan de acuerdo con los criterios establecidos para cada uso o, en su defecto, con los valores generales de calidad.

Es importante completar la información biológica con la evaluación del hábitat, cuestión que se resuelve a través del uso de **indicadores hidromorfológicos**. El impacto que registran los indicadores biológicos puede deberse a contaminación o, muy frecuentemente, a la pérdida de hábitat, incluso aunque no se esté produciendo la contaminación de las aguas. La pérdida de hábitat suele estar relacionada con la disminución del caudal y, también, con la fragmentación de ríos y lagos, limitando su continuidad longitudinal y lateral por la presencia de barreras que resultan infranqueables para diversas especies, así como también reduciendo la movilidad del cauce y de los sedimentos.

<u>Criterio de integración del diagnóstico:</u>

- El diagnóstico final se asigna según el criterio más restrictivo ***("one out, all out")***:

- Si algún componente biológico indica un estado inferior, este determina la categoría final.
- Cuando se dispone de índices integradores validados que combinan química y biología, se puede utilizar directamente la categoría que arroje dicho índice.

El uso del criterio "OO-AO" puede enmascaras algunas mejoras que se puedan registrarse en la evaluación como resultado de la aplicación de medidas, comparando distintos momentos temporales. Este es un aspecto que debe tenerse presente a la hora de presentar los resultados. No es igual fallar por un parámetro que fallar por todos los parámetros; consecuentemente, el uso de este criterio "OO-AO" de evaluación deberá ir acompañado de algún indicador referido al número de incumplimientos y su naturaleza.

Este enfoque garantiza un nivel de protección más exigente y coherente con los estándares internacionales de gestión de masas de agua.

3. Enfoque basado en el análisis de la calidad mediante el estudio de presiones

En situaciones de información insuficiente o ausencia de redes de monitoreo, es posible realizar un diagnóstico preliminar a partir del análisis sistemático de presiones e impactos. Este enfoque consiste en:

- Identificar las fuentes de presión (vertidos, agricultura, minería, sobreexplotación de acuíferos, etc.).
- Valorar su magnitud e intensidad en función de datos disponibles, modelos y estudios de campo.
- Inferir el estado potencial de los cuerpos de agua y su riesgo de no alcanzar los objetivos de calidad.

Este método es especialmente útil en contextos con recursos limitados, permitiendo priorizar acciones y orientar la ampliación futura de las redes de monitoreo.

Identificación de brechas

Una vez evaluada la calidad del agua, el plan debe identificar claramente **la brecha** entre el estado actual y los objetivos de calidad establecidos. Esto implica señalar qué parámetros o índices no cumplen con los estándares u objetivos propuestos y en qué magnitud. Igualmente, apoyándose en el **inventario de presiones**, el diagnóstico debe atribuir las causas de esos incumplimientos a las presiones correspondientes. Por ejemplo, si en un tramo del río la calidad no alcanza el objetivo, se analizará qué presiones antropogénicas en esa cuenca, descargas urbanas, vertidos industriales, agricultura, alteraciones hidromorfológicas, etc., explican el deterioro observado.

Este reconocimiento explícito de las presiones (fuentes de contaminación o alteraciones) asociadas al incumplimiento es fundamental: orienta directamente las medidas de gestión hacia las causas y los responsables que están causando el problema.

En otras palabras, el diagnóstico de calidad se conecta con el inventario de presiones y permite priorizar las acciones. Así, la siguiente etapa (Propuesta de Medidas) se basará en cerrar las brechas detectadas, actuando sobre las presiones identificadas (p.ej., si la brecha es exceso de nutrientes por vertidos o retornos agrícolas, la medida será reducir esas cargas; si la brecha es toxicidad por metales de minería, la medida será controlar esa fuente; si la brecha es ecológica por falta de hábitat, la medida será restauración, etc.)

En síntesis, el diagnóstico no solo califica el estado, sino que establece qué distancia (brecha) hay hasta alcanzar los objetivos y qué factores causales explican esa distancia, proporcionando el fundamento técnico para el diseño de actuaciones específicas para alcanzar los objetivos establecidos dentro del programa de medidas/actuaciones .

Propuesta de medidas de gestión y mejora

Es necesario definir e implementar acciones orientadas a mantener o mejorar la calidad del agua en función de los resultados obtenidos del monitoreo y la evaluación, considerando los usos identificados, los niveles de cumplimiento y las presiones existentes. Esta tarea está ampliamente desarrollada en los contenidos del **Programa de actuaciones.** **Se pueden considerar:**

1. **Mejoras en el tratamiento de aguas residuales**
   - Optimización de infraestructuras existentes.
   - Implementación de tecnologías adecuadas al tipo de carga contaminante.
   - Promoción de sistemas descentralizados en áreas rurales o periurbanas.
2. **Reducción de fuentes de contaminación agrícola e industrial**
   - Fomento de buenas prácticas agrícolas (BPA), incluyendo manejo racional de fertilizantes y plaguicidas.
   - Control de vertidos industriales y promoción de tecnologías limpias.
3. **Restauración de ecosistemas acuáticos**
   - Recuperación de zonas riparia y humedales degradados.
   - Rehabilitación del régimen natural de caudales para garantizar funciones ecológicas.
   - Control de especies invasoras y mejora del hábitat para especies nativas.
4. **Fortalecimiento del monitoreo y control**
   - Ampliación y optimización de redes de monitoreo de calidad y cantidad.
   - Desarrollo de indicadores de alerta temprana ante eventos extremos o contaminaciones puntuales.
   - Capacitación técnica del personal encargado del monitoreo.
5. **Análisis del riesgo en situaciones de incumplimiento normativo**
   - Evaluación de los impactos potenciales sobre la salud, los ecosistemas y los usos del agua.
   - Identificación de zonas y poblaciones vulnerables.
   - Definición de medidas de respuesta ante niveles críticos.
6. **Mejora de la comunicación y coordinación administrativa**
   - Establecimiento de mecanismos de comunicación entre las entidades que gestionan el uso del agua y aquellas responsables de controlar las presiones.
   - Notificación formal a las autoridades responsables cuando se detecten incumplimientos o riesgos, promoviendo acciones correctivas.
   - Promoción de comités técnicos interinstitucionales para el seguimiento de medidas y coordinación de acciones.

Seguimiento de la calidad

Este contenido se desarrolla en la tarea 7 seguimiento de la calidad de las aguas

El seguimiento de la calidad del agua constituye una actividad continua a lo largo de todo el ciclo de planificación y tiene como objetivo **evaluar la evolución del estado de los cuerpos de agua durante la implantación del plan y hasta la siguiente revisión**. Este contenido se encuentra ampliamente desarrollado en la **implementación, seguimiento y revisión del plan**.

De manera resumida, este seguimiento se basa en los datos obtenidos por la red de control y permite:

- **Detectar cambios significativos en la situación de calidad**, tanto mejoras como posibles deterioros.
- **Comprobar la eficacia de las medidas implantadas**, contrastando los resultados con los objetivos definidos.
- **Identificar nuevas presiones o cambios en las presiones existentes**, que puedan requerir ajustes en la gestión o en la propia red de monitoreo.

Se recomienda la **elaboración de informes de seguimiento de carácter anual**, que incluyan:

- La comparación de los resultados con los valores de referencia definidos para cada uso y para los objetivos generales.
- La representación gráfica y espacial de las tendencias y los incumplimientos detectados.
- Una valoración técnica de la necesidad de **revisar o reforzar la red de monitoreo** en función de los hallazgos.

Estos informes anuales son complementarios al **diagnóstico principal incluido en el plan hidrológico** y sirven de base para la revisión y actualización en el siguiente ciclo de planificación.

Tareas

La metodología presentada en este documento se ha diseñado para ser **aplicable en cualquier contexto de disponibilidad de información**, desde cuencas con redes consolidadas de monitoreo y series históricas hasta aquellas otras con datos muy limitados.

En lugar de diferenciar procedimientos según el contexto, se plantea un **esquema único, progresivo y adaptable**, que incorpora distintos niveles de análisis:

- **Análisis de presiones** como punto de partida siempre necesario, y especialmente cuando no existe monitoreo suficiente.
- **Evaluación fisicoquímica, hidromorfológica y química** basada en redes de monitoreo, cuando se dispone de datos de calidad de agua.
- **Integración biológica y ecológica**, en aquellos cuerpos de agua donde la información permite alcanzar una visión más completa del estado.

La **profundidad del análisis se ajusta automáticamente a la robustez de los datos disponibles**, sin necesidad de metodologías paralelas para diferentes escenarios.

Tarea 1: Caracterización inicial de la zona de análisis

Esa tarea de caracterización se alimentará de los estudios realizados previamente. A tal efecto, es necesario trasladar los resultados de:

1. **Ubicación geográfica y contexto territorial.** (**delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua**).
   - Describir la posición geográfica (latitud, longitud) y las unidades administrativas.
   - Identificar aspectos físicos relevantes: relieve, geología, clima y zonas protegidas.
   - Identificar la estructura territorial (áreas urbanas, agrícolas, industriales y naturales).
2. **Tipología de cuerpos de agua.** (**delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua**).
   - Identificar los cuerpos de agua superficial y subterránea: ríos, lagos, embalses, estuarios, acuíferos.
   - Clasificarlos según tipología hidromorfológica **y ecológica.** Solo necesario si se va a evaluar la calidad ambiental (ej.: lóticos/lénticos, naturales/artificiales). La **tipificación** constituye el **paso metodológico previo y condicionante** para:
     - Asignar objetivos comparables entre unidades homogéneas,
     - Establecer condiciones de referencia válidas,
     - Vincular usos, presiones, estado y medidas con coherencia hidrológica y ecológica.
3. **Condiciones hidrológicas e hidrográficas.** (**Hidrología y red fluvial** e **inventario de los recursos hídricos**).
   - Describir el régimen hidrológico y los principales procesos hidrológicos de la zona (precipitación, escorrentía, infiltración).
   - Incluir información sobre red de drenaje, caudales medios y extremos, y estado del almacenamiento en embalses o acuíferos.
4. **Identificación de usos del agua**. (**Descripción general de usos y demandas de agua**).
   Los usos comunes para considerar son:
   - **Abastecimiento para consumo humano**: requiere agua de alta calidad, libre de contaminantes y patógenos.
   - **Riego agrícola**: necesita agua con bajos niveles de salinidad y sin contaminantes que puedan afectar los cultivos.
   - **Uso industrial**: depende de la industria específica, pero generalmente requiere agua con características fisicoquímicas particulares.

- **Recreación y turismo (baño y navegación)**: Exige agua segura para el contacto humano, sin riesgos para la salud.
- **Otros**: Como la acuicultura continental, por ejemplo.

5. Estudio de presiones sobre la calidad del agua. (**inventario de presiones**).
En este paso se debe trasladar el resultado del **estudio de presiones** elaborado en el **inventario de presiones**. Permite identificar **fuentes de contaminación o alteración** que podrían impedir que un cuerpo de agua cumpla con los requerimientos de calidad necesarios para atender sus **usos actuales o planificados,** o para alcanzar los objetivos ambientales. Se clasifican comúnmente en:

Tipo de presión	Ejemplos
Puntuales	Vertimientos industriales, aguas residuales urbanas, contaminantes emergentes
Difusas	Escorrentía agrícola, infiltración urbana, contaminantes emergentes, ganadería
Físicas o hidromorfológicas	Canalización, extracción de áridos, represas, barreras y defensas.
Presiones emergentes	Plaguicidas, fármacos, microplásticos
Otras	Presiones locales no contenidas en los anteriores grupos

Descripción Metodológica:

1. **Identificación de presiones:** Utilizando fuentes como:
   - Registros de vertimientos autorizados y no autorizados.
   - Inventarios de uso del suelo (agrícola, urbano, industrial).
   - Infraestructura de saneamiento.
   - Mapas de captaciones y retornos.
   - Datos de población y crecimiento urbano.
   - Inventario de captaciones o extracciones
2. **Caracterización y mapeo espacial:** Se georreferencian las presiones en el territorio y se vinculan con el área de estudio, diferenciando según zonas de uso.

Recomendación:

- En México, la CONAGUA publica mapas de presiones por acuífero o cuenca.
- En Uruguay, la DINAGUA usa sistemas geográficos participativos para caracterizar presiones en comités de cuenca.
- En Chile, el SIGA permite visualizar fuentes contaminantes por zona.
- En Costa Rica, el AyA y MINAE hacen diagnósticos participativos de presiones por cantón.

3. **Vinculación con parámetros de calidad:** Cada presión se asocia con uno o varios parámetros que puede alterar. A continuación, se muestra un ejemplo que se adaptará a la normativa de calidad de cada país.

Presión	Parámetro afectado
Agricultura intensiva	Nitratos, fósforo, fitosanitarios, macroinvertebrados
Vertido doméstico	Coliformes, DBO_5, fósforo, amonio, Nitratos, macroinvertebrados
Industria química	Metales pesados, pH, macroinvertebrados
Urbanización sin drenaje	Turbidez, aceites, sólidos, macroinvertebrados
Ganadería	Nitratos, macroinvertebrados

4. **integración en la evaluación:** El estudio de presiones es un **paso previo y esencial** para evaluar la calidad del agua, porque permite:
   - Enfocar el monitoreo en zonas más afectadas.
   - Interpretar los resultados de calidad en su contexto.
   - Identificar causas y orientar acciones de gestión.
   - Asignar datos de calidad a cuerpos de agua sin monitoreo.

Una vez identificadas las presiones y sus parámetros asociados, se cruzará esta información con los **resultados del monitoreo de calidad**. Esto permite:

- **Determinar causas probables de incumplimiento de calidad**.
- **Priorizar acciones de mitigación** en zonas más sensibles.
- **Evaluar tendencias futuras** en relación con el crecimiento de presiones.
- **Diseñar medidas preventivas** para usos estratégicos (por ejemplo, abastecimiento).

Recomendación:

- Recopilar información sobre **fuentes puntuales de contaminación**, como vertidos de aguas residuales urbanas, efluentes industriales, descargas mineras o infraestructuras de saneamiento.
- Localizar **fuentes difusas** de origen agrícola, ganadero o urbano, analizando usos del suelo, manejo de agroquímicos, escorrentías, zonas de fertilización intensiva o áreas sin drenaje adecuado.
- Considerar **presiones hidromorfológicas**, como regulación de caudales, canalizaciones, represamientos, pérdida de conectividad, cambios en el uso del suelo ribereño.
- Tener en cuenta **presiones emergentes** o difíciles de cuantificar, como contaminantes emergentes, microplásticos, lixiviados, actividades turísticas descontroladas.
- Estas fuentes pueden identificarse mediante inspecciones, revisión de permisos y registros institucionales, ortofotos, imágenes satelitales, catastro…

Tarea 2: Asignación de objetivos de calidad

Objetivos de calidad química y fisicoquímica

Los **objetivos de calidad del agua química y fisicoquímica** constituyen metas que se desean alcanzar tanto en la actualidad como en el futuro en los distintos horizontes de planificación, en función de los usos actuales y proyectados del recurso. Estos objetivos que **deben derivarse de las normas existentes de cada país** deben ser técnicamente viables, y socioeconómicamente sostenibles.

- Definen metas vinculadas a la reducción de contaminantes y mejora de la calidad del agua, mediante el control de parámetros como: nutrientes (nitratos, fosfatos), oxígeno disuelto, coliformes fecales, turbidez, metales pesados, entre otros.
- Permiten identificar valores umbral para usos prioritarios (consumo humano, riego, recreación, etc.) y establecer compromisos inmediatos y realistas de mejora.

Son **criterios cuantificables** que indican la calidad mínima que debe tener un cuerpo de agua para sostener un uso determinado. Estos objetivos actúan como referencia técnica y normativa para:

- Interpretar los resultados del diagnóstico.
- Evaluar el grado de adecuación del estado del recurso.
- Orientar la toma de decisiones respecto a medidas de gestión, recuperación o protección.

Según la Norma por la que se rija, pueden estar definidos como:

- **Concentraciones máximas permitidas** (ej. nitratos, coliformes, metales).
- **Rangos aceptables de parámetros físicos o químicos** (ej. pH entre 6.5 y 8.5).

- **Frecuencias de cumplimiento** (ej. “al menos 80% de las muestras deben cumplir el valor guía”).

Estos objetivos se aplican tanto a las masas con uso asignado como a aquellas sin uso actual, para las cuales se establecen objetivos generales de calidad orientados a prevenir el deterioro y asegurar su aptitud para futuros usos.

Importante:
Los objetivos de calidad para cada uno de los usos definidos deberán estar recogidos en las distintas normativas nacionales. En ausencia de estas puede recurrirse a estándares de guías internacionales (OMS o FAO). 📘 **Guías metodológicas 1 y 2** u otras existentes en la región.

En aquellos cuerpos de agua sin uso asignado, deberán fijarse objetivos generales de calidad, basados en normativa nacional o referencias internacionales, para prevenir su deterioro y mantenerlos aptos para futuros usos.

Recomendación: Algunos ejemplos en planes hidrológicos nacionales

Chile

- El **Reglamento de Clasificación de Cuerpos de Agua** establece clases según usos y define estándares de calidad por clase (ej. Clase A para agua potable, Clase B para riego, etc.).
- En las cuencas con Planes Estratégicos, se establecen metas de calidad por tramo o por zona.

Costa Rica

- El MINAE y AyA utilizan objetivos por tipo de uso y zona protegida (áreas de recarga, acuíferos).
- El Reglamento de Vertidos y la norma para aguas recreativas definen metas de cumplimiento específicas.

El Salvador

- El Plan Nacional de Gestión del Agua establece objetivos de calidad por zonas estratégicas, en función de usos prioritarios (riego, abastecimiento).
- Se alinean con el marco normativo emergente de la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA).

España

- Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre. por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.
- Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.

México

- NOM-001 y NOM-127 establecen límites normativos para descargas y agua potable.
- En el **Programa Nacional Hídrico** y planes de cuenca, se usan objetivos por clase de cuerpos de agua (según su uso).
- CONAGUA establece "Objetivos de Calidad del Agua Superficial" para cada sitio, con metas a corto, mediano y largo plazo.

Uruguay

- Se definen objetivos por cuenca y por uso (ej. cuenca del Santa Lucía para agua potable).
- La normativa de DINAGUA y OSE se basa en estándares para cada uso, especialmente para captación de agua para consumo humano.

Marco común de calidad de la CODIA (en elaboración).

El Marco Común se estructurará en cinco secciones: Disposiciones Generales | Medidas y Objetivos Operativos | Seguimiento y evaluación de resultados | Recursos de apoyo a su implementación | Disposiciones Finales.
Establecerá la elaboración de líneas directrices específicas, en forma de Compromisos Iberoamericanos. Se proponen como primeros lineamientos de directrices específicas los siguientes documentos, que figurarán como Anexos:
• Compromiso Iberoamericano sobre normas de vertidos y tratamiento de aguas residuales urbanas

Objetivos ambientales o ecológicos

Los objetivos medioambientales se fundamentan en la premisa de que un cuerpo de agua en buen estado ecológico, entendido como las condiciones óptimas que debe alcanzar un cuerpo de agua para albergar la vida, debe mantener:

- Una comunidad biológica estructuralmente compleja y representativa de condiciones naturales.
- Hábitats adecuados para las especies autóctonas.
- Un régimen hidrológico suficiente (caudal ecológico).

Estos objetivos no se fijan únicamente a partir de concentraciones químicas, sino que se incluyen de **índices biológicos** (BMWP, IBF, IDP, IBD, etc.) y otros, definidos en función de **condiciones de referencia.**

Se debería partir de unos principios técnicos a la hora de formular estos objetivos, en ausencia de los mismos se proponen una serie de estos principios:

1. **Basados en comunidades acuáticas indicadoras**, como macroinvertebrados bentónicos, peces, diatomeas o macrófitos.
2. **Comparación con condiciones de referencia**: se evalúa la desviación respecto al estado esperado en ausencia de alteraciones significativas.
3. **Multiescala**: los objetivos deben formularse por tipo de cuerpo de agua (río, lago, embalse, acuífero con descarga) y tipología ecológica del cuerpo de agua (naturaleza geológica, altitud, clima, caudal base, etc.).(**delimitación y caracterización de los cuerpos o masas de agua**).
4. **Multicomponente**: se combinan métricas biológicas con variables hidromorfológicas (caudal, hábitat) variables fisicoquímicas (nutrientes, oxígeno, temperatura) y químicas.
5. **Gradación cualitativa**: expresados en clases (Alta – Buena – Moderada – Deficiente – Mala) según normativa internacional adaptada (DMA-UE, EPA, u otras).

Descripción Metodológica:

Paso 1: Selección de los grupos biológicos indicativo

Se pueden considerar todos o algunos de los indicados a continuación:

- En ríos: Macroinvertebrados bentónicos (BMWP, ASPT, IBMWP), peces (IBF), diatomeas (IDP).
- En lagos o embalses: fitoplancton (clorofila-a, cianobacterias), macrófitas, invertebrados.
- En zonas costeras o estuarinas: invertebrados bentónicos, comunidades fitoplanctónicas.

Recomendación:

Comenzar por macroinvertebrados, por su bajo coste, sensibilidad a presiones múltiples y protocolos regionales existentes (e.g. BMWP-Col, BMWP-CR, IBMWP-México), aun reconociendo su baja correlación con la disponibilidad de hábitat para otras especies de peces o vertebrados.

Paso 2: Definición de las condiciones de referencia

Para cada **tipología** se deben estimar las condiciones de referencia, entendidas como el estado ecológico esperado de un cuerpo de agua en ausencia o con mínima alteración antrópica significativa. No se trata necesariamente de condiciones absolutamente “prístinas”, sino de un marco comparativo técnico y realista que sirva para evaluar el grado de alteración de los ecosistemas acuáticos. Estas condiciones son la base para definir los valores objetivo de los índices biológicos y otros indicadores ecológicos.

- Se identifican tramos o cuerpos de agua con mínima o nula alteración (presiones antrópicas ausentes o muy reducidas, incluso si son históricas).

- Se tienen en cuenta las **particularidades naturales propias de cada tipología** (p. ej., elevada salinidad natural, aportes de aguas subterráneas, geología específica). evitando no confundir estas características con la existencia de presiones antrópicas.
- Con esta información se establecen los valores de referencia para los índices seleccionados, así como diversas marcas de clase (muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo, por ejemplo) para posibilitar un diagnóstico graduado (Paso 3).

Recomendación:

En contextos con información limitada, las condiciones de referencia podrán definirse de manera progresiva, precisándose en ciclos posteriores a medida que se amplíen las redes de monitoreo y la base de datos disponible.

Paso 3: Establecimiento de clases de calidad

Una vez establecida las condiciones de referencia de cada tipología asignada, es posible establecer clases de calidad para cada indicador utilizado, que suelen mostrarse en forma de intervalos. Estos intervalos deben calibrarse regionalmente. Las guías de la **DMA-UE** y protocolos como **RIVPACS**, **IBMWP**, o **IDP** pueden servir de referencia.

Ejemplo (Índice BMWP adaptado para una tipología determinada):

Clase de calidad	Estado Ecológico	Intervalo BMWP	Descripción
1	Alto	>120	Comunidad similar a referencia, sin alteración
2	Bueno	90–120	Alteración leve, pérdida puntual de sensibilidad
3	Moderado	60–89	Alteración notable, pérdida de especies sensibles
4	Deficiente	30–59	Dominancia de especies tolerantes
5	Malo	<30	Ecosistema degradado, pérdida de funcionalidad

De manera resumida, para cada cuerpo de agua deberán definirse explícitamente:

Objetivo químico y fisicoquímico orientado a la satisfacción de los usos:

- Límites máximos permitidos para parámetros críticos, en función del uso actual o previsto del cuerpo de agua.
- Parámetros prioritarios definidos por normativa nacional y sectorial (salud, agricultura, industria, recreación).
- Condiciones específicas para zonas de captación y acuíferos estratégicos.
- **En cuerpos sin uso actual, se fijarán objetivos generales de calidad**, tomando como referencia normativa nacional o internacional, para prevenir el deterioro y asegurar su aptitud para usos futuros.
- **En cuerpos con condiciones naturales singulares**, los límites deberán adaptarse a dichas características para evitar confundir rasgos naturales con presiones.

Objetivos ambientales o ecológicos:

- Clase de calidad mínima aceptable (por ejemplo, “estado ecológico bueno” según índice BMWP o equivalente).
- Aplicación de índices biológicos reconocidos en el país o adaptados regionalmente.
- En cuerpos de agua altamente alterados, se permite definir objetivos escalonados de mejora.
- En zonas protegidas (reservas hídricas, áreas naturales), los objetivos deben aspirar a mantener el estado alto o bueno, salvo justificación técnica.
- **En contextos con información limitada, los objetivos se formularán de manera progresiva**, revisándolos y precisándolos a medida que se amplíe la información disponible.

Recomendación:

Formalizar los objetivos en fichas o tablas por cuerpo de agua, donde se especifique la meta, el plazo, los indicadores de seguimiento, las medidas asociadas y los actores responsables de su cumplimiento.

Tarea 3: Análisis y evaluación de información de partida

Este análisis no duplica el contenido de la caracterización inicial, mientras la caracterización describe las características físicas, usos y presiones del sistema de forma general, **en este apartado se revisa, organiza y evalúa la información específica disponible para cada cuerpo de agua**, con el fin de identificar vacíos de información, valorar su calidad y orientar el diseño de la red de monitoreo. Aquí no se describe el sistema, sino los **datos existentes y su grado de fiabilidad**.

Para llevar a cabo estas tareas será necesario:

1. **Revisión de bases de datos existentes:**
   - Series históricas de calidad de agua (fisicoquímica, biológica).
   - Datos hidrológicos (caudales, niveles).
   - Datos de uso y demanda.
2. **Revisión de límites normativos aplicables a cada cuerpo de agua:**
   - Normas nacionales por uso.
   - Objetivos ambientales previos si existen.
3. **Organización de la información por cuerpo de agua:**
   - Cuadro o ficha con toda la información disponible (parámetros, periodo, frecuencia).
4. **Evaluación de la cobertura y representatividad de los datos:**
   - Identificar vacíos espaciales (cuerpos de agua sin datos) y vacíos temporales (lagunas en las series).
   - Analizar la cobertura de los parámetros clave.
5. **Control de calidad y consistencia de los datos:**
   - Comprobar la coherencia de los registros (valores atípicos, cambios de métodos).
   - Clasificar la confiabilidad de cada fuente de datos (alta, media, baja).
6. **Valoración de la utilidad de la información para el diagnóstico:**
   - Determinar si los datos disponibles permiten caracterizar el estado y las tendencias.
   - Identificar los casos en que es necesario complementar la información con monitoreos específicos.
7. **Elaboración de un inventario evaluado:**
   - Fichas o matrices que incluyan tanto los datos recopilados como una valoración del nivel de confianza para cada cuerpo de agua y parámetro.

Producto Esperado:

- **Inventario detallado y evaluado de los datos existentes**, que muestre:
  - Información disponible por cuerpo de agua.
  - Cobertura espacial y temporal.
  - Grado de confianza de los datos.
  - Vacíos y necesidades futuras de monitoreo.

Tarea 4: Red de monitoreo para la elaboración de la calidad de los cuerpos de agua y programas de control

El diseño de la red de monitoreo debe responder de manera sistemática a tres preguntas: **¿Dónde se mide?, ¿qué se mide? y ¿cuándo se mide?**, garantizando que la red cumpla con las funciones de representatividad, seguimiento y adaptación, vinculada a la distribución de los usos y presiones.

Paso 1: Definición de puntos de control

Una correcta definición de la red de control es esencial para garantizar la fiabilidad del diagnóstico de calidad del agua, orientar la gestión y facilitar la toma de decisiones en los planes hidrológicos. Está tarea se encuentra ampliamente desarrollada en la tarea de **diseño de la red de medida**.

Los puntos de control deben seleccionarse de manera estratégica para que la red cumpla estas funciones:

- **Representatividad espacial:** cubrir zonas clave de la cuenca, tanto áreas sin presiones como las más impactadas.
- **Representatividad temporal:** permitir comparaciones a lo largo del tiempo.
- **Adaptación a los usos y presiones:** priorizar puntos relacionados con captaciones, zonas de vertido y cuerpos en riesgo.
- **Seguimiento de medidas:** ubicar puntos que permitan evaluar la eficacia de las acciones del plan hidrológico.
- **Alineación con normas y programas de monitoreo.**

Criterios para la selección:

- Ubicación aguas abajo de fuentes de presión, en zonas libres de presiones y en confluencias críticas.
- Puntos cercanos a usos estratégicos (captaciones de agua potable, zonas de baño, riego).
- Accesibilidad para garantizar la continuidad de los muestreos.
- Asignación de coordenadas fijas y un código único para asegurar trazabilidad.

Vinculación con los programas de monitoreo Cada punto debe estar vinculado a uno o varios de los siguientes programas:

- Programa de visión general.
- Programa de referencia.
- Programa de cuerpos impactados.
- Programa adaptado a usos específicos.

Importante:
Aunque gran parte del monitoreo de calidad se enfoca hacia las aguas superficiales, en América Latina muchas regiones dependen de acuíferos para abastecimiento humano, agrícola o industrial. Es fundamental incorporar puntos de control en pozos representativos, utilizando piezómetros u otras estructuras habilitadas. El muestreo debe considerar la variabilidad estacional y profundidades diferenciadas si hay estratificación en el medio poroso. Se recomienda establecer campañas periódicas (semestrales o anuales), con criterios adaptados al uso y vulnerabilidad del acuífero.

Paso 2: Selección de parámetros de calidad por punto

El **marco normativo vigente en cada país** es el que define los parámetros a monitorear, los métodos de análisis y los límites permisibles. Esta **diversidad normativa** responde a diferencias en contextos ambientales, sociales, económicos y en la capacidad institucional y técnica de cada nación. Por lo tanto**, no existe un único estándar global aplicable en todos los casos**.

En muchos casos, los países adoptan o adaptan normas de referencia internacionales y sectoriales para definir sus propios estándares. Algunas de las más comunes incluyen:

- **Organización Mundial de la Salud (OMS)**: guía de referencia para la calidad del agua potable, especialmente útil en contextos sin normativa propia. 📘 **Guía metodológica 1**
- **Estándares sectoriales**: como los establecidos por organismos agrícolas, industriales o internacionales en contextos específicos (por ejemplo, FAO para riego o estándares del sector minero).

Parámetros Comunes.: A pesar de las diferencias regulatorias, existe una base común de **parámetros clave** que la mayoría de los países incluyen en el monitoreo de aguas brutas para abastecimiento, debido a su relevancia sanitaria y ambiental y riego.

En ausencia de directrices claras en la selección de parámetros de calidad a continuación se establece una metodología para la selección de estos.

La selección de los parámetros a medir en cada punto de la red de monitoreo se basa en tres criterios fundamentales:

1. **Usos y presiones asociadas**
   - Para los cuerpos de agua con **uso definido**, se seleccionan los parámetros exigidos por la normativa aplicable a ese uso (abastecimiento, riego, recreación, industrial, etc.).
     Los parámetros comunes para abastecimiento:
     - **Parámetros químicos y físicosquimicos**: temperatura, turbidez, color, sólidos suspendidos totales, pH, oxígeno disuelto, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), nutrientes (nitrógeno y fósforo), metales pesados (arsénico, plomo, mercurio, cadmio).
     - **Parámetros microbiológicos**: coliformes totales, coliformes fecales, Escherichia coli.
     - **Presencia de contaminantes específicos**: como hidrocarburos, pesticidas, fármacos, entre otros, dependiendo del contexto y los usos del agua.

     Los parámetros comunes para riego:
     - **Parámetros químicos y físicoquímicos**: temperatura, turbidez, color, sólidos suspendidos totales, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales (TDS), oxígeno disuelto.
     - **Parámetros de salinidad y sodicidad:** sodio, calcio, magnesio, bicarbonatos; cálculo de la relación de adsorción de sodio (RAS) y salinidad.
     - **Parámetros relativos a los nutrientes:** nitratos, nitritos, amonio, fósforo.
     - **Parámetros microbiológicos:** coliformes fecales: *Escherichia coli*.
   - Además, se incorporan **parámetros adicionales vinculados a las presiones detectadas** en la zona (ej.: plaguicidas en áreas agrícolas, metales pesados en zonas mineras).
   - En los **cuerpos de agua sin uso actual**, se definen parámetros generales de calidad para establecer una **línea de base** y prevenir deterioros futuros.

2. **Programa de monitoreo al que pertenece el punto**
   - **Programa de visión general:** se seleccionan parámetros troncales que permitan evaluar la tendencia general de la calidad del agua en la cuenca.
   - **Programa de referencia:** incluye parámetros generales y **bioindicadores** para caracterizar las condiciones naturales o mínimamente alteradas.
   - **Programa de cuerpos impactados:** incluye parámetros generales y, fundamentalmente, parámetros específicos relacionados con los impactos detectados.
   - **Programa adaptado a usos:** se centra exclusivamente en los parámetros normativos aplicables al uso concreto (potable, recreativo, riego, etc.).

3. **Enfoque adoptado para la evaluación**

Dependiendo de la capacidad técnica y los objetivos del plan, se aplicará uno de los dos enfoques metodológicos definidos:

- **Enfoque por usos y general (químico y fisicoquímico):**Incluye parámetros físicos, químicos y microbiológicos (por ejemplo: temperatura, turbidez, oxígeno disuelto, nutrientes, metales, coliformes). Permite evaluar el cumplimiento de los objetivos fisicoquímicos y normativos, tanto para cuerpos con uso definido como para aquellos que aún no tienen uso asignado.
- **Enfoque integrado fisicoquímico y biológico:** Combina los parámetros anteriores con **bioindicadores** (tales como: macroinvertebrados bentónicos – índices BMWP, ASPT, IBMWP –, peces – IBI –, diatomeas y macrófitas cuando proceda). Este enfoque proporciona una evaluación más completa del estado ecológico, ya que los organismos reflejan de forma integrada el efecto de las presiones en el tiempo. Se aplica principalmente en los **programas de referencia** y **programas de cuerpos impactados**, y requiere mayor capacidad técnica y recursos.

Paso 3: Frecuencia y período de muestreo

Se vuelve a recordar en este paso que el marco normativo vigente en cada país es el que define la frecuencia y el periodo de muestreo. En ausencia de directrices claras sobre la frecuencia y periodo de muestreo a continuación se establece una metodología.

La frecuencia de muestreo debe garantizar la representatividad temporal y se define combinando cuatro factores: **el uso del agua, el programa de monitoreo, las presiones detectadas y el enfoque adoptado.**

- **Por usos:**
  - Agua potable (fuente): mensual o mayor si hay riesgos.
  - Recreación: quincenal en temporada alta.
  - Riego agrícola: trimestral en la temporada de uso.
- **Por programa:**
  - Programa de visión general: mínimo dos veces al año (época seca y lluviosa).
  - Programa de referencia: campañas periódicas con baja frecuencia, suficiente para caracterizar condiciones naturales.
  - Programa de cuerpos impactados: frecuencia más alta (mensual o trimestral).
  - Programa adaptado a usos: según normativa específica del uso.
- **Por presiones:**
  - A mayor presión (urbana, agrícola, industrial), mayor frecuencia de muestreo para captar episodios críticos (incluso quincenales o después de tormentas).
  - En cuerpos sin presiones significativas, la frecuencia puede ser menor.
- **Por enfoque:**
  - **Enfoque por usos y general (fisicoquímico):** se aplican las frecuencias anteriores para parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
  - **Enfoque integrado fisicoquímico y biológico:** los indicadores biológicos se muestrean 1–2 veces al año (según ciclo biológico, algunos pueden muestrearse cada varios años, al menos una vez por ciclo de planificación), mientras que los parámetros fisicoquímicos mantienen la frecuencia establecida para el punto.

Recomendación:

- En zonas tropicales con estación seca y lluviosa, como en gran parte de Centroamérica, así como en zonas afectadas por estacionalidad, se recomienda programar muestreos al menos en ambos periodos, idealmente incluyendo el inicio y final de cada uno para capturar su variabilidad.
- En ausencia de normativa específica, se pueden adoptar frecuencias adaptadas a las condiciones locales, considerando los siguientes factores:
  - **Riesgos sanitarios o ambientales.**
  - **Tamaño de la población abastecida o beneficiaria.**
  - **Presiones identificadas (puntuales o difusas).**
  - **Disponibilidad de recursos logísticos y técnicos.**
- Para detectar tendencias o cambios en el estado de calidad del agua a lo largo del tiempo, es necesario asegurar una frecuencia mínima de muestreo. Campañas únicas o muy espaciadas en el tiempo no permiten evaluar variabilidad estacional, detectar procesos de degradación progresiva ni verificar la eficacia de las medidas aplicadas. Se recomienda establecer series temporales continuas, incluso en contextos con recursos limitados, priorizando los puntos más sensibles o estratégicos.
- Para aguas subterráneas: frecuencias menores (trimestral, semestral o anual) hasta disponer de una caracterización adecuada, después aplicar protocolos específicos.

Tarea 5: Validación de datos de calidad

Un paso esencial en la evaluación de la calidad del agua es garantizar que los datos recopilados sean confiables, coherentes y representativos. Para ello, se deben implementar procedimientos rigurosos de control de calidad, desde la validación previa hasta el análisis post-muestreo:

Descripción Metodológica:

- **Validación previa del dato:** verificación de que las muestras fueron tomadas, transportadas y analizadas conforme a protocolos estandarizados (normas ISO, EPA, etc.).
- **Detección de errores y anomalías:**
  - **Outliers:** identificación de valores atípicos mediante técnicas estadísticas (boxplot, desviación estándar, percentiles extremos).
  - **Duplicados:** depuración de registros repetidos que distorsionen el análisis.
  - **Errores sistemáticos:** detección de sesgos por fallos de equipos, procedimientos o personal, especialmente si se repiten en series temporales.
- **Limpieza del dato:** depuración de registros erróneos o con información incompleta, y documentación clara de los criterios aplicados para su eliminación o corrección.
- **Análisis de confianza del dato:** revisión de la coherencia interna (por ejemplo, relaciones esperadas entre parámetros como oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno) y externa (comparación con valores históricos o de estaciones cercanas). Así mismo puede evaluarse la **distribución estadística** de los datos (normalidad, sesgo), lo que condiciona qué pruebas se pueden aplicar después.

Importante:

Los valores atípicos deben analizarse con cautela: no todos deben eliminarse automáticamente, ya que pueden reflejar un evento real (por ejemplo, contaminación puntual tras lluvias).

Herramientas recomendadas:

El uso de representaciones gráficas de los datos permite identificar patrones, anomalías y tendencias, facilitando la toma de decisiones:

- **Series temporales**: evolución de los parámetros a lo largo del tiempo.
- **Diagramas de caja (boxplots)**: visualización de medianas, percentiles y valores atípicos.
- **Histogramas**: distribución de frecuencia de los valores observados.
- **Mapas temáticos**: distribución espacial de la calidad en la cuenca (cuando sea aplicable).

Recomendación:

- Utilizar software de análisis estadístico o herramientas de código abierto para automatizar el procesamiento y visualización de datos, especialmente si se cuenta con muchas estaciones o parámetros.
- Cuando no hay cobertura continua es importante el análisis espacial (uso de mapas temáticos para interpolar o visualizar calidad en ausencia de datos completos).

Tarea 6: Diagnóstico

Determinar el estado de calidad de cada cuerpo de agua a partir de los datos obtenidos en la red de monitoreo o, en ausencia de estos, mediante la evaluación sistemática de las presiones. El diagnóstico compara las condiciones actuales del recurso con los objetivos de calidad identificando brechas o desviaciones y clasificando el estado.

El diagnóstico se organiza en tres enfoques, aplicados de manera complementaria según la disponibilidad de datos:

Enfoque por usos y general: calidad química y fisicoquímica

Este enfoque se aplica cuando se dispone de datos **químicos, fisicoquímicos y microbiológicos** obtenidos en la red de monitoreo. Su objetivo es determinar el grado de cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para cada uso o, en su defecto, de los valores de referencia generales en cuerpos sin uso.

Descripción Metodológica:

1. **Evaluación por parámetros individuales:**
   - **Comparación**
     Cada valor medido se compara con:
     - Objetivos normativos específicos, cuando el cuerpo de agua tiene un uso definido (abastecimiento, riego, recreación, industrial).
     - Valores de referencia generales, cuando el cuerpo no tiene uso asignado.
   - **Resultados:**
     - **Para cuerpos con uso:**
       - Cálculo del % de muestras que incumplen los límites por parámetro y por punto.
       - Presentación mediante tablas y gráficos de barras que muestran el nivel de incumplimiento por parámetro y por uso.
       - Agregación a nivel de cuerpo de agua: si uno o más puntos incumplen los valores establecidos para un uso determinado, el cuerpo de agua se considera en incumplimiento para ese uso.
     - **Para cuerpos sin uso (evaluación general):**
       - Cálculo de estadísticos representativos para cada parámetro (media, mediana, percentil 90 y máximo) durante el periodo de evaluación.
       - Comparación de esos estadísticos con los valores de referencia.
       - Representación espacial mediante mapas de incumplimientos y matrices comparativa.
       - Agregación a nivel cuerpos de agua: si cualquiera de los puntos de incumple los valores generales, el cuerpo se clasifica como incumplida en la evaluación general.

2. **Cálculo de índices compuestos (ICA):**

Los índices de calidad del agua o indicadores compuestos son herramientas que permiten sintetizar la información de múltiples parámetros en un único valor o categoría, facilitando la interpretación técnica y la comunicación de resultados a diferentes públicos (gestores, autoridades, ciudadanía). Su uso complementa el análisis por parámetros individuales, aportando una visión integrada del estado del recurso hídrico.

Son utilizados para simplificar la interpretación de datos de monitoreo, debido a que se reducen y reflejan una relación entre parámetros generados en una simple expresión que da como resultado un número, el cual indica las condiciones del agua.

Recomendación:

El uso de índices debe ser cuidadosamente justificado, considerando su validez en el contexto local y la disponibilidad de los datos necesarios para su cálculo.

Ejemplo Metodológico: Evaluación de la calidad del agua mediante el método ICA

El objetivo es determinar de forma sintética el estado de calidad del agua superficial en un punto de monitoreo mediante la agregación de múltiples parámetros en un solo valor numérico, que se interpreta dentro de una escala cualitativa.

Supuestos del ejemplo:

- Punto de monitoreo en un río de uso potencial para abastecimiento.
- Muestra analizada en laboratorio y campo.
- Se miden 9 parámetros.

1. Parámetros seleccionados y resultados obtenidos

Parámetro	Unidad	Valor medido
Oxígeno disuelto (OD)	% saturación	85
pH	-	7.5
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	mg/L	3.0
Nitratos	mg/L NO_3^-	4.0
Fosfatos	mg/L PO_4^{3-}	0.2
Sólidos suspendidos totales (TSS)	mg/L	30
Turbidez	NTU	5
Temperatura del agua	°C	20
Coliformes fecales	NMP/100 mL	200

2. Transformación a puntuaciones de calidad (Qi)

Cada valor medido se transforma a una puntuación Qi (0 a 100). La puntuación Qi de cada parámetro en el cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA) **no se inventa ni es arbitraria**, se obtiene a partir de curvas de transformación o tablas de conversión específicas, desarrolladas por entidades como la National Sanitation Foundation (NSF), y adaptadas en muchos países. Colombia utiliza un índice llamado Índice de Calidad del Agua - ICA IDEAM, que es una adaptación del WQI de la NSF, con ligeras modificaciones para ajustarlo a las condiciones hidrológicas y de contaminación típicas del país.

Ejemplo (aproximado):

Parámetro	Valor medido	Puntuación Qi
OD	85 %	90
pH	7.5	90
DBO5	3.0 mg/L	75
Nitratos	4.0 mg/L	80
Fosfatos	0.2 mg/L	85
TSS	30 mg/L	70
Turbidez	5 NTU	85
Temperatura	20 °C	90
Coliformes	200 NMP/100mL	60

3. Asignación de pesos (Wi)

Cada parámetro tiene un peso relativo (Wi), sumando 1 en total. Pesos propuestos por la NSF:

Parámetro	Peso Wi
OD	**0.17**
pH	**0.11**
DBO5	**0.11**
Nitratos	**0.10**
Fosfatos	**0.10**
TSS	**0.08**
Turbidez	**0.08**
Temperatura	**0.10**
Coliformes	**0.15**

4. Fórmula de cálculo del ICA (WQI)

$$ICA = \sum_{i=1}^{n} (Qi \cdot Wi)$$

5. **Interpretación del resultado**

Intervalo ICA	Calidad del agua
91 – 100	Excelente
71 – 90	Buena
51 – 70	Aceptable o media
26 – 50	Mala
0 – 25	Muy mala

En este ejemplo, el valor obtenido de **ICA = 80.35 indica que la calidad general del agua es buena**, Pero esto no significa que sea apta sin tratamiento para todos los usos, especialmente el uso para abastecimiento humano que requiere criterios más estrictos, de hecho, se podría considerar que es apta, con reservas, para abastecimiento. La afirmación se basa en:

- La categoría global del ICA (80.35 = "buena").
- La presencia de un valor bajo en coliformes fecales, que, aunque no impide la clasificación "buena", sí alerta sobre la aptitud para ciertos usos sin tratamiento.
- Por eso se dice: "apta con ciertas reservas", en el sentido de que no todos los usos serían directamente viables sin controles adicionales.

Hay que tener en cuenta que el ICA es un indicador sintético y general, pero no sustituye las evaluaciones específicas por uso, como las requeridas para agua potable, recreación, riego, etc.

Importante:

- Este índice no sustituye la evaluación normativa oficial, pero es útil para diagnósticos rápidos, comparación entre estaciones, seguimiento temporal o comunicación pública.
- Puede adaptarse incorporando pesos regionales o modificando **parámetros según los usos del agua**.
- Requiere curvas de transformación Qi actualizadas, que deben definirse con base técnico-cien-

Enfoque integrado: químico, fisicoquímico y biológico

Este enfoque se aplica en cuerpos de agua donde, además de datos fisicoquímicos y químicos, se dispone de información biológica e hidromorfológica, suficiente para evaluar la respuesta ecológica del sistema. Permite pasar de un diagnóstico puramente químico a una clasificación del estado ecológico.

Descripción Metodológica:

1. **Evaluación de indicadores biológicos**

Comunidades indicadoras según tipo de cuerpo de agua:

- Ríos: macroinvertebrados bentónicos (BMWP, IBMWP, ASPT), peces (IBI) y diatomeas (IDP).
- Lagos y embalses: fitoplancton (clorofila-a, cianobacterias), macrófitos y comunidades bentónicas.
- Estuarios y zonas costeras: macroinvertebrados bentónicos y fitoplancton.

Métricas biológicas principales:

- Índices de diversidad y abundancia.
- Índices específicos: BMWP/IBMWP/ASPT, IBI, IDP.
- Porcentaje de especies sensibles.
- Clorofila-a y biovolumen de cianobacterias (estado trófico).

2. **Comparación con condiciones de referencia**

Cada índice biológico se compara con las condiciones de referencia establecidas para la tipología del cuerpo de agua (estado esperado sin presiones significativas).

3. **Integración biológica y fisicoquímica (nivel de punto)**

- Prioridad biológica: En cada punto de monitoreo, si los indicadores biológicos muestran peor estado que los químicos y fisicoquímicos, prevalece el valor biológico, por ser más integrador y representativo en el tiempo.
- ***One out–all out*** entre indicadores: Si hay varios indicadores (biológicos y químicos y fisicoquímicos), el peor valor obtenido en el punto determina el estado de ese punto.

Este paso define el estado final de cada punto de control.

4. **Agregación espacial (nivel de cuerpo de agua)**

Una vez asignado el estado de cada punto, la clasificación del estado del cuerpo de agua se realiza aplicando el criterio espacial restrictivo:

  - Si al menos uno de los puntos presenta un estado inferior al objetivo, el cuerpo de agua completo se clasifica según esa categoría más restrictiva.

Este criterio asegura que no se enmascaren zonas degradadas dentro de la misma masa.

5. **Métricas empleadas**

Bioindicadores:

  - BMWP/IBMWP, IBI, IDP, métricas de fitoplancton (clorofila-a, biovolumen).

- Químicos y fisicoquímicos:
  - % de incumplimiento, estadísticos representativos (media, percentil 90, etc.), ICA.

El resultado final del enfoque integrado se expresa en forma de **clases de estado ecológico**, que constituyen una síntesis de toda la información biológica, química y fisicoquímica evaluada en los puntos de monitoreo. Estas clases, generalmente definidas como **Alta**, **Buena**, **Moderada**, **Deficiente** y **Mala**, representan el grado en que cada cuerpo de agua se aproxima a sus condiciones de referencia y al cumplimiento de los objetivos ambientales.

- **Estado Alto:** Las comunidades biológicas y los parámetros fisicoquímicos son prácticamente iguales a los de referencia, sin alteraciones significativas.
- **Estado Bueno:** Existe una ligera desviación respecto a las condiciones naturales, pero los ecosistemas mantienen sus funciones y estructura esenciales.
- **Estado Moderado:** Se observan alteraciones apreciables en las comunidades biológicas y en la calidad fisicoquímica que afectan parcialmente las funciones del ecosistema.
- **Estado Deficiente:** Las presiones son intensas, con comunidades empobrecidas y parámetros de calidad claramente alterados.
- **Estado Malo:** Ecosistemas muy degradados, con pérdida de biodiversidad y fuerte alteración de los parámetros de calidad.

Producto Esperado:

- Mapas y tablas de clasificación del estado ecológico por masa.
- Identificación de presiones y factores asociados al deterioro biológico.
- Base técnica para definir medidas de restauración y gestión.

Enfoque basado en el análisis de la calidad del agua mediante estudio de presiones

Este enfoque se utiliza **cuando no se dispone de datos suficientes de monitoreo** (ni fisicoquímicos, ni biológicos) para evaluar directamente el estado de la calidad del agua. Permite **inferir de manera preliminar** la condición y riesgo de incumplimiento de objetivos ambientales a partir de la información ya recopilada en fases previas del plan (**caracterización inicial de la zona de análisis** e **inventario de presiones**).

1. Principios básicos

- **Relación causa–efecto:** parte del análisis de **presiones ya documentadas** y de la vulnerabilidad del medio receptor.
- **Evaluación del riesgo:** determina el **riesgo potencial** de que la masa no cumpla los objetivos de calidad.
- **Función:** orientar **la priorización de medidas y el diseño futuro de redes de monitoreo,** donde ahora no se dispone de datos.

Descripción Metodológica:

Paso 1. Selección de masas de agua sin monitoreo suficiente

Este paso se realiza una vez que se dispone del inventario actualizado de la red de monitoreo y de los datos recopilados en etapas anteriores. No implica levantar información nueva, sino analizar dicha información para determinar:

- Qué masas de agua carecen de series de monitoreo representativas en cuanto a calidad química y fisicoquímica o biológica.
- En qué masas los datos disponibles son puntuales, incompletos o no permiten evaluar tendencias.

El resultado de este paso es la **lista de cuerpos de agua que deberán diagnosticarse mediante el análisis de presiones**, por no disponer de información suficiente para un diagnóstico directo**.**

Paso 2. Uso de la información de presiones recopilada

Para cada cuerpo de agua sin monitoreo, se extraen del **inventario de presiones**:

- Las **presiones puntuales y difusas** que le afectan.
- La **localización**, **magnitud** y **tipología contaminante**. En contextos sin datos de monitoreo, la magnitud de los impactos no se puede calcular directamente, pero puede estimarse o categorizarse cualitativamente utilizando factores de presión indirectos o criterios expertos. A continuación, se muestra un ejemplo de criterio para magnitud en vertidos urbanos.
    - Alta: localidad >5.000 hab. sin EDAR funcional y vertido al cauce.
    - Media: localidad entre 1.000 y 5.000 hab. con EDAR deficiente.
    - Baja: localidad pequeña o con fosa séptica en zona no conectada.

Paso 3. Evaluación del riesgo de impacto

- Se combinan **magnitud de las presiones** y **vulnerabilidad del medio** (capacidad de dilución, conectividad hidrológica, recarga, etc.) para asignar un **nivel de riesgo** (Alto, Medio, Bajo). Este análisis se puede realizar mediante una matriz de riesgo o un modelo de presión-impacto.

Cuerpo de agua	Presiones principales	Intensidad	Distancia al cauce	Vulnerabilidad	Riesgo estimado
Tramo Río X	Agricultura intensiva (nitratos), Vertido urbano sin tratamiento	Alta	Adyacente	Permeabilidad alta, bajo caudal	Alto
Acuífero Y	Uso ganadero extensivo	Media	Dispersa	Recarga directa	Moderado

Se aconseja usar escalas ordinales (bajo, medio, alto) o numéricas (1 a 5) según el nivel de desarrollo del inventario.

Paso 4. Clasificación preliminar

En función del riesgo, se asigna una **categoría de calidad probable**:

Riesgo	Estado de calidad inferido	Significado
Alto	Deficiente	Alta probabilidad de incumplimiento de objetivos
Medio	Moderado	Riesgo relevante, seguimiento recomendado
Bajo	Aceptable	Sin indicios de presión significativa

Importante:

Este diagnóstico **no sustituye a la evaluación del estado** según normativa, pero permite orientar acciones donde la información es insuficiente.

- La **transparencia en los criterios de clasificación** es clave para su legitimidad técnica.
- Se recomienda **revisar anualmente** este diagnóstico ante cambios en el uso del suelo, nuevas actividades o datos emergentes.

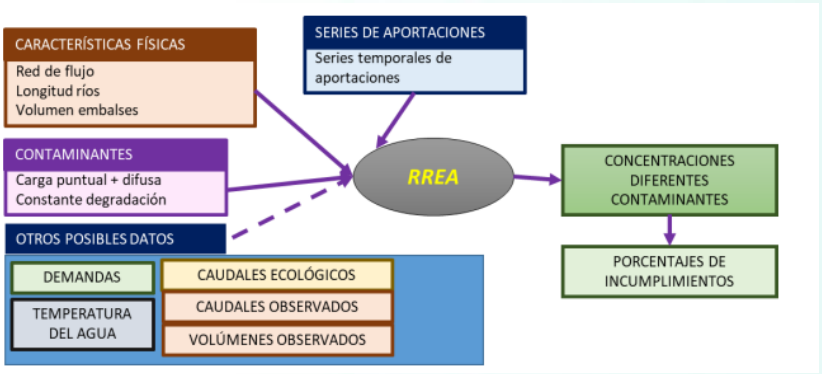
Incluir modelos predictivos (herramientas) como complemento del análisis de presiones es una estrategia clave, especialmente en contextos donde no se dispone de monitoreo directo o continuo de la calidad del agua. Estos modelos permiten estimar el estado del recurso a partir de variables indirectas, como el uso del suelo, la densidad poblacional, las actividades económicas predominantes, la topografía y las cargas contaminantes estimadas.

Cuando se cuenta con información espacial y estadística sobre los usos del territorio, las actividades humanas y las características físico-naturales de la cuenca, es posible desarrollar e incorporar modelos que relacionen estas variables con parámetros de calidad del agua (como DBO, nutrientes, sólidos suspendidos, etc.).

Importante:

Estos modelos deben calibrarse y validarse localmente. Para ello, se requiere al menos una base mínima de datos de calidad del agua, hidrología y presiones identificadas con sus correspondientes magnitudes. En ausencia de monitoreo, los resultados deben interpretarse con precaución y usarse como apoyo para priorización.

Ejemplo: A continuación, se muestra el esquema de un modelo numérico usado la estimación de la calidad del agua mediante la evaluación del efecto de las presiones (**herramienta RREA**).



Otros instrumentos para el análisis de presiones

Modelos de presión-impacto-respuesta (PSR o DPSIR). Los **modelos de presión-impacto-respuesta** (PSR) y sus variantes como **DPSIR** son marcos conceptuales desarrollados para describir y analizar la interacción entre la sociedad humana y el medio ambiente, muy utilizados en la gestión de recursos naturales y ambientales (como el agua, el suelo, la biodiversidad o el cambio climático).

Componente	Definición técnica	Ejemplo (calidad del agua)
D: Driving Forces (Fuerzas Motrices)	Procesos sociales, económicos o demográficos que impulsan la presión ambiental.	Crecimiento poblacional, expansión agrícola, industrialización.
P: Pressures (Presiones)	Efectos directos de las actividades humanas sobre el medio ambiente.	Descargas de nutrientes, uso de pesticidas, captaciones de agua.
S: State (Estado)	Condición física, química o biológica del medio.	Concentración de nitratos, estado ecológico de una masa de agua.

Componente	Definición técnica	Ejemplo (calidad del agua)
I: Impact (Impacto)	Consecuencias del cambio de estado sobre los ecosistemas y la salud humana.	Eutrofización, pérdida de biodiversidad acuática, problemas sanitarios.
R: Response (Respuesta)	Decisiones, políticas o medidas adoptadas para corregir el problema.	Zonas vulnerables por nitratos, programas de depuración, medidas agroambientales.

Brechas

Una vez evaluado el estado de la calidad del agua en cada cuerpo de agua mediante los enfoques anteriores, el siguiente paso consiste en **analizar la brecha existente entre el estado actual y los objetivos de calidad establecidos**, identificando su magnitud y causas. Esta fase constituye el **puente entre el diagnóstico y el diseño del programa de medidas**, porque transforma los resultados del diagnóstico en información operativa para la gestión. No forma parte del diagnóstico en sentido estricto, sino que **supone una etapa de interpretación integrada**, donde se vinculan los resultados obtenidos (estado) con los **objetivos normativos y el inventario de presiones**.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Comparación cuantitativa estado–objetivo

- Para cada **cuerpo de agua** y para cada parámetro o indicador evaluado:
  - Se compara el valor observado con el valor objetivo (normativo o de referencia).
  - Se calcula la **brecha o desviación**. Ejemplos:
    - Concentración media de nitratos = 70 mg/L, objetivo = 50 mg/L → brecha = +20 mg/L.
    - Índice BMWP = 65, objetivo = ≥90 → brecha = –25 puntos.
- Este análisis se realiza **por componente de calidad** (químico, fisicoquímico, biológico).

Paso 2: Delimitación de cuerpos de agua con brechas significativas

- Se **clasifican los cuerpos de agua según la magnitud de las brechas** y la importancia del incumplimiento:
  - Muy significativas: afectan usos prioritarios (abastecimiento) o zonas protegidas.
  - Moderadas: comprometen objetivos ambientales, pero sin riesgos inmediatos graves.
  - Leves: desviaciones puntuales o de escasa magnitud.
- Esta clasificación permite **priorizar la intervención**.

Paso 3: Identificación de presiones asociadas

- Para cada brecha, se relacionan las **presiones potencialmente responsables**, utilizando:
  - Resultados del inventario de presiones.
  - Evidencias de campo.
  - Modelización o inferencia experta.
- Ejemplo: exceso de nitratos asociado a zonas agrícolas con uso intensivo de fertilizantes.

Paso 4: Estimación de la contribución relativa de cada presión

- Cuando sea posible, se cuantifica **qué parte de la brecha es atribuible a cada presión**:
  - Balances de cargas (cálculo de aportes por fuente esto se puede calcular mediante los modelos anteriormente explicados).
  - Modelos de transporte de contaminantes.
  - Clasificación cualitativa de impacto (alto, medio, bajo).
- Este análisis facilita seleccionar medidas costo-eficientes.

Paso 5: Clasificación de brechas por tipo y actuación requerida

- Cada brecha se tipifica según su naturaleza:

  - Nutrientes, contaminantes orgánicos, metales pesados, alteraciones hidromorfológicas, déficit biológico, etc.
- Se vincula con el **tipo de respuesta necesaria**:
  - Reducción de cargas difusas o puntuales.
  - Mejora en saneamiento y depuración.
  - Restauración ecológica.
  - Recuperación de caudales y conectividad.

Paso 6: Elaboración de fichas síntesis por cuerpo de agua

- Se elabora para cada cuerpo de agua una **ficha operativa** que contenga:
  - Estado actual.
  - Objetivos aplicables.
  - Brechas identificadas (magnitud y tipo).
  - Presiones asociadas.
  - Valoración de la contribución relativa de las presiones.
  - **Orientación preliminar de actuaciones**, que servirá como insumo directo para el Programa de actuaciones.

Tarea 7: Seguimiento de la calidad de las aguas

El seguimiento de la calidad del agua es el mecanismo que garantiza la evaluación continua del estado de los cuerpos de agua durante la implementación del plan, y proporciona la información necesaria para ajustar medidas y redes de monitoreo de forma adaptativa.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Definición del esquema de seguimiento

- Establecer el marco operativo del seguimiento:
  - Periodicidad de informes (recomendado: anual).
  - Indicadores clave a seguir (químicos, fisicoquímicos, biológicos).
  - Formato y estructura de los productos de seguimiento.

Paso 2: Recopilación y validación de los datos

- Integrar los datos procedentes de la red de monitoreo del periodo correspondiente.
- Validar la calidad y consistencia de los datos (revisión de series, detección de anomalías).

Paso 3: Análisis de tendencias

- Comparar los resultados recientes con:
  - Valores normativos o de referencia definidos en el plan.
  - Resultados históricos y diagnóstico inicial.
- Identificar tendencias (mejora, estabilización, deterioro).

Paso 4: Evaluación de la eficacia de las actuaciones

- Analizar si los cambios observados están relacionados con las medidas implantadas:
  - Relación espacial (áreas de influencia).
  - Relación temporal (efectos esperados en los plazos previstos).

Paso 5. Identificación de nuevas presiones o problemas emergentes

- Detectar **nuevas fuentes de presión** o situaciones que no estaban presentes en el diagnóstico inicial.

- Valorar la incorporación de actuaciones adicionales.

Paso 6: Elaboración de informe periódico de seguimiento

Se aconseja que el informe contenga, como mínimo:

- Comparación de los resultados del periodo con los objetivos de calidad establecidos.
- Mapas de estado, tendencias y principales incumplimientos.
- Análisis de la eficacia de las actuaciones aplicadas.
- Recomendaciones para ajustar la red de monitoreo y las estrategias de gestión.

Paso 7: Retroalimentación al proceso de planificación

- Utilizar los resultados del informe para:
  - Actualizar la programación de actuaciones si fuera necesario.
  - Ajustar la ubicación y frecuencia de la red de monitoreo.
  - Incorporar hallazgos relevantes en la preparación de la siguiente revisión del plan.

Resultados esperados

- **Informe de seguimiento del periodo elegido**, claro y técnico.
- **Actualización dinámica del estado de los cuerpos de agua** y de la efectividad del plan.
- **Base técnica sólida** para la toma de decisiones adaptativa.

Guías

GUÍA 1: Guías para la calidad del agua de consumo humano
https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241549950

GUÍA 2: CONAGUA (2021). Protocolo de biomonitoreo con macroinvertebrados en ríos https://www.gob.mx/conagua

GUÍA 3: IDEAM (2018). Guía para la evaluación del estado ecológico de ríos colombianos https://corpouraba.gov.co/wp-content/uploads/2.-PROTOCOLO_MONITOREO_AGUA_IDEAM.pdf

GUÍA 4: FAO/PNUMA/PNUE (2020). Evaluación ecológica rápida para América Latina y el Caribe https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8534303c-014c-486b-937b-8438592ff78c/content

GUÍA 5: Directiva Marco del Agua (DMA) 2000/60/CE
https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/eng

GUÍA 6: EPA (2016). Biological Assessment Program Review
https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-03/documents/biological-assessment-program-review-rigor-flyer.pdf

Casos prácticos

EL SALVADOR: Canon por Vertido: Regulaciones que establecen el valor ambiental, social y económico del recurso hídrico en El Salvador

BRASIL: Plan Integrado de Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del rio Paraíba do Sul

[3.6] Fenómenos extremos y cambio climático

[3.6.1] Consideración de los fenómenos extremos: sequías e inundaciones

Definición: Los fenómenos extremos son eventos climáticos inusuales en su frecuencia, intensidad y/o duración, tales como sequías prolongadas, inundaciones repentinas, olas de calor, tormentas intensas y ciclones. En el marco de la planificación hidrológica con visión GIRH, estos fenómenos se consideran perturbaciones que alteran significativamente la disponibilidad y calidad de los recursos hídricos, superando la variabilidad normal de los sistemas hidrológicos, pudiendo inducir problemas ambientales, de seguridad pública o de salud.

Objetivo: El tratamiento de los fenómenos extremos dentro de los planes hidrológicos busca reducir riesgos, aumentar la resiliencia y garantizar la seguridad hídrica bajo escenarios de incertidumbre, a través de:

1. Prevenir y reducir impactos sobre la seguridad hídrica, los ecosistemas y las actividades socio-económicas.
2. Anticipar riesgos mediante la evaluación de frecuencia, intensidad y probabilidad de ocurrencia de eventos extremos.
3. Incorporar estrategias de adaptación frente al cambio climático, fortaleciendo la resiliencia de los sistemas hídricos.
4. Garantizar flexibilidad en la planificación y en el diseño de infraestructuras hidráulicas, considerando escenarios de incertidumbre.

Esto permite que cada ciclo de planificación integre lecciones aprendidas y escenarios actualizados, en línea con la visión adaptativa de la GIRH.

Importante:
En la región, los fenómenos extremos, en sus diversas amenazas, pueden condicionar una **alta exposición y vulnerabilidad de bienes y personas,** debido a la variabilidad climática, la desigual capacidad institucional y la presión creciente sobre los recursos hídricos. Esto refuerza la necesidad de contar con estrategias de **resiliencia y adaptación**, apoyadas en monitoreo, modelización y gobernanza del agua.

Utilidad:

La consideración de los fenómenos extremos en la planificación hidrológica puede integrarse directamente en el plan hidrológico o, según la necesidad, desarrollarse en otros planes especiales complementarios, como son los Planes de Sequías o los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación. Por otra parte, el cambio climático incide en la intensidad y frecuencia de los fenómenos hidrometeorológicos extremos, por lo que también se alude a ellos en los correspondientes planes de adaptación.

La inclusión de los fenómenos extremos en los planes hidrológicos es útil para:

1. **Seguridad hídrica**: Garantiza acceso al agua en cantidad y calidad adecuadas incluso en contextos de crisis (sequías o inundaciones).
2. **Gestión de riesgos**: Permite diseñar **planes específicos de sequías e inundaciones**, sistemas de alerta temprana y protocolos de respuesta eficientes.
3. **Infraestructura resiliente**: Orienta la actualización de criterios de diseño y periodos de retorno, adaptando presas, canales y sistemas urbanos a escenarios más extremos.
4. **Decisiones basadas en evidencia**: Mejora la priorización de inversiones y medidas preventivas, apoyándose en modelización hidrológica y monitoreo continuo.
5. **Enfoque integrado y participativo**: Fortalece la coordinación multisectorial, incorpora soluciones basadas en la naturaleza y promueve la participación comunitaria en la gestión del riesgo

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

El plan hidrológico debe reflejar **la evaluación y gestión de fenómenos extremos**, incluyendo sequías prolongadas, inundaciones súbitas y otros eventos hidrometeorológicos críticos. Este apartado debe presentar la caracterización de riesgos, la identificación de vulnerabilidades, la priorización de medidas de adaptación y los sistemas de alerta temprana asociados.

La integración de esta información es esencial para fortalecer la **seguridad hídrica**, proteger los ecosistemas, orientar la planificación de infraestructuras y reducir los impactos sociales y económicos de los eventos extremos.

El plan hidrológico debería considerar, idealmente, los siguientes aspectos:

1. **Inventario y caracterización de fenómenos extremos históricos**
2. **Evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia**
3. **Modelización y proyecciones de cambio climático**
4. **Medidas de adaptación y mitigación**
5. **Sistemas de alerta temprana y respuesta**
6. **Seguimiento, indicadores y revisión adaptativa**

Inventario y caracterización de fenómenos extremos históricos

La gestión integrada de los recursos hídricos requiere de información precisa, continua y confiable sobre las distintas dimensiones del agua: su disponibilidad, calidad, uso y evolución en el tiempo. Para ello, el plan hidrológico debe apoyarse en un conjunto de **redes de monitoreo** que cubran diversos aspectos del ciclo hidrológico y las interacciones socioambientales asociadas.

La gestión eficaz de fenómenos extremos en el marco de la planificación hidrológica con enfoque **GIRH** requiere partir de un **conocimiento sólido del comportamiento histórico de la cuenca** frente a eventos como **sequías prolongadas, inundaciones súbitas, tormentas intensas, movilización de sedimentos, deslizamientos asociados y otros eventos hidrometeorológicos críticos**.

El **inventario de fenómenos extremos históricos** constituye la base para:

- Entender cómo ha respondido el sistema hídrico a situaciones de presión climática y ambiental.
- Reconocer los patrones temporales y espaciales de eventos que han generado impactos significativos en la disponibilidad, calidad y distribución del recurso hídrico.
- Diferenciar entre la **variabilidad climática natural** y las posibles tendencias de **intensificación asociadas al cambio climático**.

Este inventario integra información **hidrometeorológica, histórica, socioeconómica y ambiental**, lo que permite relacionar los eventos extremos no solo con su magnitud física, sino también con sus **efectos en los ecosistemas, la infraestructura y las comunidades**.

Asimismo, es un insumo útil para:

1. **Diagnosticar vulnerabilidades y riesgos hídricos actuales** en la cuenca.
2. **Sustentar modelos de simulación y escenarios futuros**, al proporcionar datos de calibración y validación.
3. **Diseñar medidas de adaptación y mitigación**, priorizando intervenciones donde el riesgo ha sido recurrente o severo.

El inventario de fenómenos extremos históricos tiene como finalidad **recopilar y organizar información detallada** sobre los eventos hidrometeorológicos que han afectado la cuenca, incluyendo sequías, inundaciones, tormentas intensas u otros sucesos relevantes. Este trabajo permite disponer de un registro sistemático que muestre **cuándo, dónde y con qué intensidad** ocurrieron los fenómenos, así como sus principales impactos sobre los recursos hídricos, la infraestructura y las actividades humanas.

Además, el análisis de esta información ayuda a **reconocer patrones de recurrencia y cambios en el comportamiento de los eventos extremos**, lo que facilita identificar si existen áreas de la cuenca que han sido afectadas de manera frecuente o que presentan condiciones de mayor exposición. Este enfoque también permite **relacionar los fenómenos históricos con factores físicos y sociales**, como el uso del suelo, la distribución poblacional o la ubicación de infraestructuras sensibles.

Por último, los resultados de esta caracterización **pueden utilizarse para apoyar la planificación hidrológica y la gestión del riesgo**, ya que sirven como insumo para la modelización de escenarios futuros, la elaboración de mapas de vulnerabilidad y la priorización de medidas de prevención, mitigación o adaptación.

El inventario de fenómenos extremos históricos requiere combinar la recopilación sistemática de información con el análisis de sus características principales para obtener un panorama completo de los eventos ocurridos en la cuenca. Este trabajo se puede organizar en los siguientes componentes:

1. Recopilación y organización de la información histórica

El primer paso consiste en **reunir todas las fuentes disponibles** que permitan documentar los eventos extremos. Esto incluye:

- **Registros hidrometeorológicos oficiales**, como datos de precipitación, caudales máximos, niveles de ríos, niveles freáticos y temperaturas extremas.
- **Informes técnicos y estudios previos** elaborados por organismos de cuenca, universidades, institutos meteorológicos o agencias de protección civil.
- **Documentación histórica y comunitaria**, incluyendo registros periodísticos, crónicas locales, fotografías aéreas, informes de daños o relatos de las comunidades.
- **Fuentes complementarias** que amplían la cobertura espacial y temporal de la información, útiles en cuencas con escasos registros instrumentales.
    - **Datos satelitales**, como los proporcionados por **Copernicus, NASA o NOAA**, útiles para la identificación de inundaciones, sequías o cambios en la cobertura terrestre.
    - **Registros paleoclimáticos**, como análisis de sedimentos, anillos de crecimiento de árboles (dendrocronología) o indicadores glaciológicos, que permiten extender el conocimiento histórico en cuencas con escasos datos instrumentales.
    - **Recopilación participativa de información local y comunitaria**, mediante talleres, encuestas y mapeo colaborativo, para complementar los datos históricos y mejorar la comprensión de los impactos en zonas con baja densidad de observación.

Una vez reunida, la información debe **organizarse en una base de datos** que contenga la fecha del evento, su localización, duración, intensidad, magnitud de los impactos y fuentes de referencia.

2. Clasificación y caracterización de los eventos

Cada evento registrado debe ser **clasificado** para facilitar su análisis posterior. Algunas categorías habituales son:

- **Sequías**: meteorológicas, agrícolas e hidrológicas, indicando su duración, severidad y área afectada.

- **Inundaciones y avenidas**: crecidas súbitas, desbordamientos o anegamientos prolongados, registrando caudales máximos, niveles alcanzados y poblaciones afectadas.
- **Fenómenos asociados**: tormentas intensas, deslizamientos vinculados a lluvias extremas o ciclones tropicales.

Para cada tipo de evento se recomienda **describir sus características principales**, como intensidad, duración, recurrencia, estacionalidad y efectos sobre el sistema hídrico y el territorio.

3. Georreferenciación y elaboración cartográfica

La información recopilada debe **trasladarse a mapas de cuenca** para visualizar espacialmente:

- La localización de los eventos históricos y su distribución geográfica.
- Las zonas críticas con afectaciones recurrentes.
- Infraestructuras, asentamientos o ecosistemas que han estado expuestos.

Estos mapas pueden complementarse con capas de uso del suelo, topografía, hidrografía y población, para **relacionar los fenómenos extremos con los factores físicos y sociales** de la cuenca.

4. Análisis de recurrencia y tendencias históricas

El análisis de la información permite **evaluar la frecuencia y posible evolución** de los fenómenos extremos. Este proceso suele incluir:

- Cálculo de **periodos de retorno** y frecuencia de eventos relevantes.
- Identificación de **tendencias o cambios** en la magnitud o estacionalidad de los eventos.
- Comparación con series climáticas regionales y proyecciones de cambio de uso del suelo.

Estos resultados son útiles para **alimentar modelos hidrológicos y escenarios de riesgo**, así como para apoyar la planificación de medidas de gestión y adaptación.

En resumen, se debe aspirar a que con la realización de un inventario y caracterización de fenómenos extremos se genere:

- **Base de datos consolidada**, con la descripción de cada evento extremo registrado.
- **Mapas temáticos de fenómenos extremos**, con localización, intensidad y recurrencia.
- **Informe analítico** que resuma los patrones identificados y que pueda integrarse como insumo para la evaluación de vulnerabilidad, modelización y priorización de medidas.

Evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia

La **evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia** permite analizar de manera integrada cómo los fenómenos extremos pueden afectar a los sistemas hídricos y a los elementos dependientes de ellos. Este análisis considera tanto los factores **físicos e hidrológicos**, como los **sociales, económicos, ambientales e institucionales** que influyen en la capacidad de un territorio para enfrentar y recuperarse de eventos adversos.

Los riesgos hídricos se generan cuando existe la combinación de una amenaza (como sequías, inundaciones u otros fenómenos extremos) con elementos expuestos que pueden resultar afectados. Por ello, la evaluación no solo se centra en la probabilidad de ocurrencia de los eventos, sino también en su **impacto potencial sobre la población, la infraestructura, las actividades productivas y los ecosistemas**.

La **vulnerabilidad** describe el grado en que estos elementos pueden verse afectados, considerando factores como su ubicación, sensibilidad, nivel de protección y dependencia del recurso hídrico. En paralelo, la **resiliencia** se refiere a la capacidad de los sistemas naturales y sociales para **responder, adaptarse y recuperarse** después de un evento extremo, lo que puede estar influido por la existencia de planes de emergencia, infraestructuras adecuadas y prácticas de gestión sostenible.

Este tipo de evaluación **ayuda a identificar áreas prioritarias de intervención**, facilita la integración de medidas preventivas y adaptativas en la planificación hidrológica y **puede servir como base** para el diseño de programas de reducción de riesgos y fortalecimiento de la resiliencia en las cuencas hidrográficas.

La evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia dentro de un plan hidrológico debe contemplar un conjunto de análisis que permita comprender de manera integral cómo los fenómenos extremos afectan a la cuenca. Estos contenidos se pueden organizar en varios bloques temáticos complementarios, que facilitan una visión completa de la amenaza, la exposición y la capacidad de respuesta del territorio.

1. Identificación y caracterización de riesgos hídricos

El primer paso consiste en definir claramente cuáles son los fenómenos extremos entendidos como amenazas o peligros que pueden afectar la cuenca, considerando tanto los eventos históricos como los posibles escenarios futuros asociados al cambio climático. La caracterización del riesgo incluye el análisis de la probabilidad de ocurrencia, la magnitud de los impactos y la identificación de los elementos expuestos. Para ello, se recomienda:

- Elaborar un listado de amenazas relevantes (por ejemplo, sequías, avenidas e inundaciones, tormentas intensas, deslizamientos asociados a lluvias extremas) con una descripción de su comportamiento histórico y su posible evolución futura.
- Determinar la probabilidad de ocurrencia de los eventos, utilizando información proveniente de series hidrometeorológicas, modelos de simulación hidrológica o estudios climáticos.
- Identificar los elementos expuestos que podrían verse afectados, como poblaciones, infraestructuras hidráulicas, carreteras, redes de agua y saneamiento, áreas productivas, servicios ecosistémicos y hábitats sensibles.

El resultado de este primer análisis ofrece una imagen inicial de las amenazas más significativas de la cuenca y de las áreas que requieren mayor atención en la planificación.

2. Análisis de vulnerabilidad

El análisis de vulnerabilidad permite evaluar en qué medida los elementos expuestos son susceptibles de sufrir impactos ante un evento extremo (amenaza o peligro). Esta evaluación debe integrar tanto variables físicas como socioeconómicas y ambientales. Entre los aspectos principales a considerar se encuentran:

- **Exposición física**: ubicación de poblaciones, infraestructuras críticas y áreas productivas en zonas de riesgo como llanuras de inundación, márgenes de ríos o sectores con suelos poco estables.
- **Sensibilidad social y económica**: nivel de dependencia de los recursos hídricos, grado de afectación que podrían sufrir las actividades económicas locales y servicios básicos ante una sequía o una inundación.
- **Condiciones ambientales y territoriales**: presencia de deforestación, cambios en el uso del suelo, degradación de humedales o pérdida de cobertura vegetal que puedan agravar la vulnerabilidad.
- **Factores institucionales**: existencia de planes de manejo, capacidades de respuesta de las autoridades y disponibilidad de información o alertas tempranas.

Este análisis permite clasificar sectores o localidades en distintos niveles de vulnerabilidad, lo que facilita la priorización de medidas preventivas y correctivas.

3. Evaluación de la resiliencia

La resiliencia se refiere a la capacidad del sistema hídrico, sus ecosistemas y las comunidades asociadas para enfrentar, adaptarse y recuperarse después de un fenómeno extremo. La evaluación de la resiliencia puede incluir:

- **Capacidad de anticipación y respuesta**: existencia de sistemas de alerta temprana, protocolos de actuación y coordinación interinstitucional ante sequías o inundaciones.
- **Infraestructura adaptativa**: disponibilidad de obras hidráulicas, almacenamiento de agua, drenajes urbanos o medidas de protección que faciliten la reducción de daños y la recuperación del sistema.
- **Rol de los ecosistemas**: presencia y estado de conservación de humedales, bosques ribereños o suelos con alta capacidad de infiltración que contribuyan a amortiguar los impactos.
- **Participación comunitaria y gobernanza**: nivel de organización social, conocimiento local sobre riesgos hídricos y articulación con las instituciones para implementar medidas de adaptación y recuperación.

Una vez evaluada la resiliencia, se puede elaborar un panorama de fortalezas y limitaciones del territorio para afrontar fenómenos extremos y definir estrategias de mejora.

Metodología para la evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia

La metodología utilizada para evaluar riesgos, vulnerabilidad y resiliencia en el contexto de los planes hidrológicos se basa en los **marcos conceptuales desarrollados por el IPCC, la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR), la Organización Meteorológica Mundial (OMM)** y las **Directrices Europeas de Gestión del Riesgo de Inundación (Directiva 2007/60/CE)**.

Estos enfoques parten del principio de que **el riesgo surge de la interacción entre la amenaza, la exposición y la vulnerabilidad**, incorporando también la capacidad de **resiliencia** de los sistemas naturales y sociales. Según este marco:

$$Riesgo = Amenaza \times Exposición \times Vulnerabilidad - Resiliencia$$

- **Amenaza** es la probabilidad de que ocurra un fenómeno extremo, como una sequía, inundación o tormenta intensa.
- **Exposición** se refiere a los elementos que pueden verse afectados, incluyendo poblaciones, infraestructura, ecosistemas y actividades económicas.
- **Vulnerabilidad** describe el grado de susceptibilidad de estos elementos frente a los impactos, dependiendo de factores físicos, sociales, ambientales e institucionales.
- **Resiliencia** indica la capacidad de los sistemas para anticipar, resistir y recuperarse después de un evento extremo.

La combinación de estos factores permite identificar y cuantificar los **riesgos hidrológicos**, generando productos como mapas de riesgo, índices de vulnerabilidad y análisis de resiliencia, que son útiles para apoyar la planificación de medidas estructurales y no estructurales dentro del plan hidrológico.

Esta metodología sigue un proceso estructurado de cinco fases: **definición del alcance, análisis de amenazas, evaluación de vulnerabilidad, análisis de resiliencia e integración de resultados**, respaldado por guías internacionales y aplicado en múltiples experiencias de gestión integrada de recursos hídricos.

La metodología empleada para la evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia en el plan hidrológico se basa en marcos conceptuales y guías reconocidas internacionalmente. Las referencias incluidas en la siguiente tabla (**Guías metodológicas**) permiten vincular cada fase de la metodología con su fundamento científico o normativo, asegurando la coherencia con estándares aplicados en la gestión integrada de los recursos hídricos, la reducción del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático.

Etapa metodológica	Descripción	Referencias científicas y normativas
1. Definición del alcance y recopilación de información	Determinación de la unidad de análisis (cuenca o subcuenca), periodo de estudio y fuentes de datos históricas, climáticas, socioeconómicas y ambientales.	• UNDRR, *National Disaster Risk Assessment Guidelines* (2017) • WMO, *Manual on Flood and Drought Management* (2019) • IPCC AR6, *Risk Framework* (2022)
2. Análisis de amenazas y probabilidad de ocurrencia	Identificación y caracterización de los fenómenos extremos (sequías, inundaciones, tormentas), análisis estadístico e hidrológico de frecuencia e intensidad, y elaboración de mapas de amenaza.	• IPCC, *Fifth/Sixth Assessment Report* – Riesgo = Amenaza × Vulnerabilidad × Exposición • EU Directive 2007/60/EC (Floods Directive)

3. Evaluación de exposición y vulnerabilidad	Localización de poblaciones, infraestructuras y ecosistemas expuestos, análisis de sensibilidad social y económica, e identificación de factores ambientales y territoriales que aumentan la vulnerabilidad.	• UNDRR, *Words into Action Guidelines* (2017) • IPCC AR6, WGII, Cap. 16 – *Risk and Vulnerability Assessment*
4. Evaluación de resiliencia	Análisis de la capacidad de los sistemas hídricos, ecosistemas y comunidades para anticipar, resistir y recuperarse de los eventos extremos. Incluye infraestructura, gobernanza y medidas de adaptación.	• WMO & GWP, *Integrated Flood Management Guidelines* (2017) • IPCC AR6 – Concepto de resiliencia en riesgos climáticos • UNISDR (2015) Marco de Sendai 2015–2030, Prioridad 3 (Reducción de vulnerabilidades)
5. Integración de resultados y generación de productos	Elaboración de mapas de riesgo, índices de vulnerabilidad, matrices de riesgo y síntesis narrativa que apoyen la planificación hidrológica y la priorización de medidas.	• EU Directive 2007/60/EC – Mapas de peligrosidad y riesgo • UNDRR, *Disaster Risk Reduction Guidelines* (2019)

Definición del alcance y recopilación de información

En esta fase se establecen los límites espaciales y temporales del análisis, así como las fuentes de información que se utilizarán. Se recomienda:

- Definir la **unidad de análisis**, que puede ser la cuenca hidrográfica completa o subdivisiones en subcuencas y zonas de gestión.
- Determinar el **periodo de referencia** para la evaluación, considerando datos históricos y la información más reciente disponible.
- Recopilar la **información necesaria**, incluyendo:
  - Series históricas hidrometeorológicas (precipitación, caudales, niveles freáticos, temperatura).
  - Registros de eventos extremos anteriores y sus impactos.
  - Datos de uso del suelo, cobertura vegetal, población, infraestructura y actividades productivas.
  - Estudios climáticos y proyecciones de cambio climático a nivel local o regional.

Análisis de amenazas y probabilidad de ocurrencia

El análisis de amenazas consiste en caracterizar los fenómenos extremos que pueden afectar a la cuenca y estimar su probabilidad de ocurrencia, lo que permite determinar el nivel de riesgo asociado a cada evento.

Esta fase incluye:

- **Identificación de los fenómenos extremos relevantes**, como sequías, avenidas, inundaciones, tormentas intensas o deslizamientos asociados a lluvias extremas.
- **Análisis de frecuencia y magnitud** de los eventos a partir de **series históricas** de datos hidrometeorológicos confiables, que permitan evaluar su comportamiento pasado y las zonas afectadas.
- **Uso de proyecciones climáticas regionalizados** para explorar posibles cambios en la ocurrencia de los fenómenos extremos bajo condiciones futuras de variabilidad y cambio climático, integrando las proyecciones RCP o SSP, según disponibilidad.
- **Estimación de periodos de retorno y probabilidades de ocurrencia**, combinando información histórica con resultados de modelización hidrológica e hidráulica, para clasificar los eventos en rangos de riesgo (bajo, medio, alto).

- **Representación espacial mediante mapas de amenaza**, que muestren las áreas más propensas a cada tipo de evento, incorporando tanto el comportamiento histórico como las proyecciones climáticas para identificar zonas de riesgo emergente.

Evaluación de exposición y vulnerabilidad

Una vez caracterizadas las amenazas, se procede a **identificar los elementos expuestos y analizar su vulnerabilidad**, considerando tanto factores físicos como sociales, económicos, ecológicos y de gobernanza. Esta evaluación permite comprender en qué medida los impactos potenciales pueden afectar a la población, la infraestructura y los ecosistemas. Pasos de la evaluación:

1. **Identificación de elementos expuestos**
   - Localización en cartografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG) de **poblaciones, infraestructuras, ecosistemas y áreas productivas** que puedan verse afectadas.
   - Inclusión de **asentamientos informales en zonas de riesgo**, que suelen presentar alta vulnerabilidad por falta de planificación y servicios básicos.
2. **Evaluación de vulnerabilidad**
   - Análisis de **condiciones físicas**: ocupación de áreas inundables, deforestación, degradación de suelos y presión sobre recursos hídricos.
   - Consideración de **variables sociales y económicas**: densidad poblacional, pobreza, dependencia de actividades productivas vulnerables y acceso a servicios esenciales.
   - Integración de **variables ecológicas**: estado de conservación de humedales, bosques riparios y cobertura vegetal que puedan atenuar impactos.
   - Evaluación de **factores de gobernanza**: existencia de planes de ordenamiento territorial, capacidad institucional y mecanismos de respuesta ante emergencias.
   - Destacar los **cambios en el uso del suelo y la expansión urbana no planificada**, que incrementan la exposición y reducen la capacidad de absorción de impactos.
3. **Síntesis y representación**
   - Elaboración de **índices de vulnerabilidad** que combinen exposición, sensibilidad y capacidad de respuesta, clasificando las zonas en baja, media o alta vulnerabilidad.
   - Generación de **mapas temáticos** que integren variables físicas, sociales, económicas y ambientales para identificar áreas críticas y priorizar medidas de gestión.

Evaluación de la resiliencia

La resiliencia se entiende como la **capacidad dinámica de los sistemas naturales y sociales para anticipar, resistir, adaptarse y recuperarse** de un evento extremo, y no como un atributo estático. Esta capacidad puede **fortalecerse progresivamente** a través de medidas que integren infraestructura, planificación, ecosistemas y gobernanza. La evaluación de la resiliencia se realiza considerando:

1. **Infraestructura y medidas adaptativas**
   a. Revisión de la infraestructura hidráulica y de protección existente, como presas, embalses, sistemas de drenaje, defensas contra inundaciones o instalaciones de almacenamiento temporal.
   b. Identificación de mejoras que permitan aumentar su flexibilidad y capacidad de respuesta ante eventos extremos.
2. **Soluciones basadas en la naturaleza**
   a. Valoración del papel de humedales, bosques riparios, suelos con buena capacidad de infiltración y otras medidas naturales que ayudan a amortiguar impactos.
   b. Promoción de proyectos de restauración ecológica que fortalezcan la resiliencia a largo plazo.
3. **Planes locales de emergencia y capacidades institucionales**
   a. Identificación de planes y protocolos de respuesta ante sequías e inundaciones, sistemas de alerta temprana y mecanismos de evacuación.
   b. Evaluación de la **coordinación interinstitucional** y de la preparación operativa para responder de forma rápida y eficaz.
4. **Gobernanza inclusiva y participación comunitaria**
   a. Análisis de la organización social y la implicación de las comunidades en la gestión del riesgo.

b. Promoción de una gobernanza que integre distintos actores, fomente la transparencia y garantice el acceso a la información.
c. Inclusión de la población en procesos de planificación, simulacros y diseño de medidas de adaptación.

Integración de resultados y elaboración de productos

La fase final consiste en **integrar los análisis de amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia** para generar un panorama completo de los riesgos hídricos de la cuenca. Esta integración permite traducir la información en productos útiles para la planificación hidrológica y la gestión de fenómenos extremos.

Productos recomendados:

1. **Mapas de riesgo**
   - Combinan la **probabilidad de los eventos extremos** con la **vulnerabilidad y exposición** de los elementos en la cuenca.
   - Permiten identificar **zonas críticas** y priorizar intervenciones.
2. **Índices y matrices de riesgo**
   - Cruzan la **intensidad y probabilidad** de los fenómenos con los niveles de **vulnerabilidad y resiliencia**.
   - Pueden incluir indicadores sugeridos por el Grupo de Trabajo, como:
     - **Índice de resiliencia hídrica**, que refleja la capacidad de la cuenca y de sus sistemas para recuperarse tras un evento extremo.
     - **Índice de vulnerabilidad multisectorial**, que integra factores físicos, sociales, económicos, ecológicos y de gobernanza.
     - **Índice de riesgo compuesto**, útil para priorizar zonas y medidas en la planificación.
3. **Síntesis narrativa y gráfica**
   - Describe los **riesgos identificados**, los sectores más expuestos y las **capacidades de respuesta actuales**.
   - Sirve de base para definir **medidas estructurales, no estructurales y basadas en la naturaleza**.
   - Puede integrarse en tableros o informes interactivos que faciliten la comprensión y el uso de la información por parte de los responsables de la gestión.

Consideraciones para su aplicación en sequías

La evaluación del riesgo por sequías en la cuenca debe identificar cómo, por esa amenaza, se afectan la disponibilidad de agua, los ecosistemas y las actividades socioeconómicas. Para ello, se recomienda aplicar la metodología general basada en análisis de amenazas, exposición, vulnerabilidad y resiliencia, adaptada a este fenómeno.

1. **Análisis de la amenaza**
   - Identificar la frecuencia e intensidad de **sequías meteorológicas, agrícolas e hidrológicas**.
   - Analizar series históricas de precipitación, caudales y almacenamiento en embalses para determinar tendencias, y utilizar indicadores que, a partir de datos hidrológicos o meteorológicos, permitan establecer diagnósticos objetivos de la situación.
   - Incorporar proyecciones climáticas para evaluar posibles cambios en la ocurrencia de sequías.
2. **Exposición**
   - Localizar en la cuenca **poblaciones, actividades agrícolas, industrias y ecosistemas** que dependen de la disponibilidad de agua.
   - Identificar **fuentes de agua vulnerables**, como ríos de caudal reducido, acuíferos sobreexplotados o embalses con baja capacidad de regulación.
3. **Vulnerabilidad**
   - Evaluar la sensibilidad de los sistemas productivos y ecosistemas ante la disminución del recurso hídrico.
   - Considerar factores como monocultivos de alta demanda, infraestructuras insuficientes de almacenamiento o ausencia de planes de ahorro.

- La información obtenida con los balances entre disponibilidad y demanda puede ayudar en la identificación de la zonas más vulnerables.

4. **Resiliencia**
   - Analizar la capacidad de respuesta de la cuenca frente a sequías prolongadas:
     - Existencia de reservas estratégicas y embalses multipropósito.
     - Planes Especiales de Sequía y mecanismos de gestión de la demanda.
     - Participación social en la gestión del recurso durante emergencias.
5. **Evaluación del riesgo final**

Integrar amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia para **priorizar las zonas más críticas**, generar mapas de riesgo y apoyar la definición de medidas de adaptación.

Consideraciones para su aplicación en inundaciones

El análisis del riesgo por inundaciones debe considerar tanto **crecidas fluviales y avenidas** como **anegamientos urbanos y rurales**, que pueden generar daños a la infraestructura, la población y los ecosistemas.

1. **Análisis de la amenaza**
   - Identificar las áreas de la cuenca históricamente afectadas por inundaciones y la frecuencia de eventos.
   - Evaluar caudales máximos, periodos de retorno y efectos de tormentas extremas.
   - Incorporar modelaciones hidráulicas y escenarios de cambio climático para proyectar eventos futuros.
2. **Exposición**
   - Determinar **poblaciones, infraestructuras críticas, áreas agrícolas y ecosistemas** ubicados en zonas inundables.
   - Utilizar cartografía de riesgo y delimitación de llanuras de inundación para localizar los elementos expuestos.
3. **Vulnerabilidad**
   - Analizar la capacidad de las infraestructuras y del territorio para resistir inundaciones:
     - Presencia y mantenimiento de diques, defensas o sistemas de drenaje.
     - Ocupación de áreas de riesgo por asentamientos informales o cultivos.
     - Falta de sistemas de evacuación o de protección ambiental en zonas ribereñas.
4. **Resiliencia**
   - Evaluar la capacidad de anticipación y respuesta de la cuenca:
     - Sistemas de alerta temprana y protocolos de actuación.
     - Planes de gestión de avenidas y de gestión de los riesgos de inundación, y coordinación interinstitucional.
     - Capacidad comunitaria para organizar evacuaciones y recuperación post-evento.
5. **Evaluación del riesgo final**
   - Combinar los resultados de amenaza, exposición, vulnerabilidad y resiliencia para **generar mapas de riesgo de inundación**.
   - Identificar **zonas prioritarias para medidas estructurales y no estructurales**, incluyendo restauración de ecosistemas, sistemas de drenaje y planificación territorial adaptativa.

Modelización y proyecciones de cambio climático

La modelización hidrológica aplicada a la gestión de fenómenos extremos en el plan hidrológico puede **aprovechar los modelos y evaluaciones ya desarrollados en otros apartados**, como el Inventario de Recursos Hídricos y el **Análisis de proyecciones climáticas (**Consideración del Cambio Climático**)**.

Estos modelos constituyen una base técnica que puede **adaptarse para evaluar el impacto de fenómenos extremos**, ya que ofrecen información sobre el comportamiento de caudales, balances hídricos, almacenamiento en embalses y recarga de acuíferos bajo distintas condiciones hidrológicas y climáticas.

En este contexto, la finalidad de este apartado es**:**

- **Integrar la modelización hidrológica existente** con el análisis de fenómenos extremos, maximizando la utilidad de los modelos ya empleados en otros capítulos del plan.

- **Aprovechar las proyecciones de cambio climático desarrolladas en el capítulo específico**, incorporándolos de manera aplicada al estudio de riesgos hidrológicos.
- **Evaluar cómo las sequías, inundaciones y otros eventos extremos podrían cambiar** bajo condiciones climáticas futuras, sin duplicar análisis ya realizados en otras secciones.
- **Proporcionar información específica para la gestión de riesgos** mediante mapas de riesgo prospectivos, series de caudales extremos y evaluaciones de impactos sobre infraestructura y ecosistemas.

Elementos y lineamientos técnicos

1. **Integración de proyecciones climáticas, modelos de uso de suelo y dinámicas territoriales**
    a. Vincular las proyecciones regionalizadas de precipitación, temperatura y evapotranspiración (SSP-RCP) con los modelos hidrológicos de la cuenca. (**Consideración del Cambio Climático**)
    b. Incorporar los cambios previstos en el uso del suelo y la ocupación del territorio, incluyendo expansión urbana, deforestación o restauración de ecosistemas.
    c. Analizar cómo estas dinámicas afectan la **frecuencia, intensidad y distribución espacial** de sequías e inundaciones.
2. **Uso de múltiples proyecciones y rangos de incertidumbre (Consideración del Cambio Climático)**
    a. Emplear **diversos modelos climáticos regionales y globales** (CMIP6/CORDEX) para representar un rango de posibles condiciones futuras.
    b. Explorar varios **horizontes temporales** (2030, 2050, 2100) y distintas trayectorias socioeconómicas (SSP1, SSP2, SSP5), para reflejar la incertidumbre asociada a la evolución de emisiones y del clima.
    c. Generar **bandas de incertidumbre** en los resultados para facilitar la planificación robusta y adaptativa.
3. **Colaboración con universidades y centros científicos**
    a. Establecer vínculos con instituciones especializadas para la **validación y mejora de modelos**.
    b. Favorecer el acceso a bases de datos climáticas y herramientas de regionalización y downscaling.
    c. Desarrollar capacidades locales para la actualización periódica de las proyecciones hidrológicas y climáticas.

Análisis de interacción con fenómenos extremos

A pesar de la incertidumbre que todo ello lleva asociada, el análisis de la interacción entre **proyecciones climáticas** y **modelos hidrológicos** permite anticipar cómo podrían evolucionar los fenómenos extremos en la cuenca, considerando tanto la variabilidad natural como el cambio climático y los cambios en el uso del suelo.

Este análisis tiene como objetivo **evaluar los impactos potenciales de sequías, inundaciones y otros eventos hidrometeorológicos** sobre los recursos hídricos, la infraestructura y los ecosistemas, y traducirlos en información útil para la planificación.

1. **Proyecciones aplicadas a modelos hidrológicos**
    - Incorporación de las **proyecciones climáticas regionalizadas** (precipitación, temperatura, evapotranspiración) en los modelos hidrológicos calibrados de la cuenca.
    - Simulación de **caudales máximos y mínimos** para distintos horizontes temporales (2030, 2050, 2100), considerando escenarios múltiples (SSP-RCP).
    - Evaluación de **balances hídricos, recarga de acuíferos y niveles de embalses** bajo condiciones futuras.
2. **Identificación de cambios en fenómenos extremos**
    - **Sequías:**
        - Proyección de cambios en la frecuencia, duración e intensidad de sequías meteorológicas e hidrológicas.
        - Evaluación del impacto sobre la disponibilidad de agua superficial y subterránea, así como sobre el almacenamiento en embalses.

- **Inundaciones y avenidas:**
  - Simulación de la evolución de caudales máximos y periodos de retorno ante precipitaciones extremas proyectadas.
  - Análisis de posibles **zonas de riesgo emergente** por incremento de avenidas o expansión urbana en áreas inundables.
- **Eventos combinados:**
  - Estudio de fenómenos extremos simultáneos o secuenciales, como lluvias intensas tras sequías prolongadas, que pueden aumentar la erosión y el riesgo de deslizamientos.

3. **Integración con cambios territoriales**

De acuerdo con las previsiones sobre evolución de las demandas y las presiones, establecidas en el propio plan hidrológico, se puede afrontar:

- Evaluación de cómo los **cambios de uso del suelo**, deforestación, urbanización o restauración ecológica pueden amplificar o reducir los efectos de los fenómenos extremos.
- Generación de escenarios integrados que combinen proyecciones climáticas, hidrología y dinámica territorial para identificar **hotspots de riesgo**.

4. **Productos esperados**

- **Mapas de riesgo prospectivo** de sequías e inundaciones, considerando múltiples proyecciones climáticas.
- **Series temporales de caudales extremos** y periodos de retorno actualizados para infraestructuras críticas.
- **Informes analíticos** que relacionen los cambios en el clima, el uso del suelo y la hidrología con la exposición y vulnerabilidad de la cuenca.

Medidas de adaptación y mitigación

La identificación de medidas de adaptación y mitigación tiene como finalidad **reducir la vulnerabilidad y el riesgo asociado a fenómenos extremos** en la cuenca, así como **fortalecer la resiliencia de los sistemas hídricos, sociales y ambientales**. Estas medidas se basan en los resultados de la evaluación de riesgos, vulnerabilidad y resiliencia, y se priorizan según su viabilidad técnica, eficacia y alineación con los objetivos del plan hidrológico. El necesario encaje de este tipo de medidas en el seno del programa general de medidas que acompaña al plan hidrológico debe tenerse presente desde las primeras fases del trabajo.

Las acciones propuestas se deberían estructurar en torno a **medidas estructurales y no estructurales**, incluyendo soluciones basadas en la naturaleza, para abordar tanto la **prevención y mitigación de impactos** como la **adaptación ante escenarios futuros de cambio climático**.

1. **Medidas estructurales**
   - Obras y actuaciones físicas que buscan **reducir directamente los impactos de fenómenos extremos**, como:
     - Presas, embalses y sistemas de derivación para regulación de caudales y almacenamiento de agua en periodos de sequía.
     - Defensas ribereñas, diques y canales de alivio para mitigar el impacto de inundaciones.
     - Sistemas de drenaje urbano sostenible para disminuir la exposición de zonas urbanas a lluvias intensas.
   - Evaluación de las necesidades de **mantenimiento y modernización** de la infraestructura existente para mejorar su desempeño ante eventos más intensos o frecuentes.

2. **Medidas no estructurales**
   - Acciones de planificación, regulación y gestión que buscan **reducir el riesgo sin necesidad de obras físicas**, como:
     - Ordenamiento territorial que evite la ocupación de zonas inundables y fomente usos del suelo compatibles con el riesgo.
     - Sistemas de alerta temprana para sequías e inundaciones, integrados con planes de actuación de protección civil.
     - Protocolos de manejo de embalses y de explotación de acuíferos para optimizar la respuesta ante sequías.

- Planes de gestión de la demanda de agua y campañas de uso eficiente en contextos de riesgo de sequía.

La participación comunitaria en las medidas no estructurales

La participación activa de las comunidades es un **elemento clave para la efectividad de las medidas no estructurales**, ya que potencia la apropiación local, facilita la implementación de estrategias preventivas y fortalece la resiliencia social.

- **Importancia de la participación comunitaria**:
  - Genera apoyo y aceptación social de las medidas.
  - Permite aprovechar el conocimiento local y la cercanía al territorio.
  - Promueve el empoderamiento comunitario y el aumento de la resiliencia.
  - Facilita la creación de redes de colaboración y alianzas locales.
- **Estrategias para involucrar a la comunidad**:
  - Aportar conocimiento mediante educación, sensibilización, talleres y campañas.
  - Incluir a la comunidad en la toma de decisiones (reuniones, consultas, encuestas).
  - Fomentar la transparencia, la comunicación clara y el diálogo constante.
  - Impulsar el voluntariado y la participación activa, con roles definidos.
  - Definir colectivamente estrategias de actuación en situaciones de riesgo.
  - Establecer coordinación con organizaciones sociales e instituciones locales implicadas.

3. **Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)**
   - Medidas que **aprovechan o restauran funciones naturales de los ecosistemas** para la reducción del riesgo, como:
     - Recuperación de llanuras de inundación para laminar avenidas.
     - Restauración de humedales, bosques riparios y suelos con alta capacidad de infiltración.
     - Reforestación y manejo de cuencas altas para reducir la erosión y mejorar la regulación hídrica natural.
   - Integración de estas soluciones en planes de adaptación, ya que pueden ofrecer beneficios múltiples (protección frente a extremos, biodiversidad, calidad de agua).

4. **Medidas de adaptación al cambio climático**
   - Incorporación de **proyecciones climáticas** para dimensionar las medidas a largo plazo, considerando la evolución de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos.
   - Flexibilización de normas y criterios de diseño de infraestructura, con **periodos de retorno actualizados**.
   - Estrategias de diversificación de fuentes de agua, recarga artificial de acuíferos y gestión integrada para aumentar la resiliencia de la cuenca.

5. **Priorización y planificación de medidas**
   - Evaluación de las medidas en términos de **eficacia, coste, co-beneficios ambientales y sociales**.
   - Integración de las acciones en un **programa de medidas del plan hidrológico**, vinculando cada medida con el riesgo que mitiga.
   - Coordinación con otros instrumentos como planes de sequías, planes de gestión del riesgo de inundación y programas de adaptación al cambio climático.

El siguiente cuadro muestra a modo de ejemplo, algunas medidas de adaptación y mitigación, organizadas por tipo de fenómeno extremo, diferenciando entre medidas estructurales, no estructurales y soluciones basadas en la naturaleza.

Tipo de fenómeno extremo	Medidas estructurales	Medidas no estructurales	Soluciones basadas en la naturaleza (SbN)
Sequías	- Presas y embalses para almacenamiento de agua	- Planes de gestión de sequías	- Restauración de humedales para retención de agua

	- Sistemas de interconexión de fuentes y trasvases - Infraestructuras de recarga artificial de acuíferos	- Optimización de la explotación de acuíferos - Gestión de la demanda y campañas de ahorro	- Reforestación en cabeceras para mejorar la infiltración
Inundaciones	- Diques y defensas ribereñas - Canales de desvío y laminación de avenidas - Sistemas de drenaje urbano sostenible	- Ordenamiento territorial evitando ocupación de llanuras de inundación - Sistemas de alerta temprana y planes de emergencia - Normas de construcción adaptadas a riesgo	- Recuperación de llanuras de inundación- Restauración de bosques ripariosos - Mejoras en la conectividad fluvial para disipar caudales
Tormentas intensas y eventos combinados	- Mejora de desagües pluviales y alcantarillado - Tanques de tormenta y zonas de almacenamiento temporal - Refuerzo de infraestructuras críticas	- Protocolos de protección de infraestructuras - Planes de mantenimiento preventivo - Coordinación con sistemas meteorológicos y de alerta	- Gestión de suelos para aumentar la infiltración - Franjas vegetadas y barreras naturales - Protección de áreas costeras y estuarios vulnerables

En resumen, se debe aspirar a que con el desarrollo de las medidas de adaptación y mitigación se genere:

- Listado de **medidas estructurales, no estructurales y basadas en la naturaleza**, clasificadas según el tipo de riesgo y fenómeno extremo al que responden.
- **Mapa de medidas propuestas**, que muestre su ubicación y relación con las áreas de mayor vulnerabilidad.
- **Síntesis técnica de adaptación y mitigación**, que sirva de base para el programa de medidas del plan hidrológico.

Metodología de priorización de medidas de adaptación y mitigación

La priorización de medidas permite **seleccionar las acciones más eficaces y sostenibles** para reducir riesgos por fenómenos extremos, optimizando recursos y asegurando la coherencia con los objetivos del plan hidrológico. Esta metodología sigue un enfoque **sistemático, transparente y participativo**, compuesto por cuatro fases:

1. Identificación del riesgo y de las necesidades de intervención

- **Definir el tipo de fenómeno extremo** al que responde cada medida (sequía, inundación, eventos combinados).
- **Localizar las zonas de riesgo prioritarias**, basándose en el análisis de exposición, vulnerabilidad y resiliencia.
- **Relacionar medidas preliminares con los riesgos identificados**, incluyendo medidas estructurales, no estructurales y SbN.

Resultado esperado: Lista inicial de medidas asociadas a riesgos específicos de la cuenca.

2. Evaluación multicriterio de medidas

Cada medida se evalúa considerando criterios técnicos, ambientales, sociales y económicos:

- **Impacto y efectividad:** Capacidad de reducir riesgo y daños esperados.
- **Coste-efectividad:** Relación entre beneficio esperado y recursos requeridos.

- **Co-beneficios ambientales y sociales:** Beneficios adicionales como conservación de biodiversidad, mejora de calidad de agua o valor social para las comunidades.
- **Viabilidad técnica y operativa:** Disponibilidad de tecnología, facilidad de implementación y mantenimiento.
- **Compatibilidad con la planificación territorial y el cambio climático:** Alineación con políticas existentes y resiliencia futura.

Prioridad especial: Se recomienda dar **preferencia a Soluciones basadas en la Naturaleza** siempre que cumplan los criterios de efectividad, ya que proporcionan beneficios múltiples y mayor sostenibilidad a largo plazo.

Resultado esperado: Matriz multicriterio con puntuación y clasificación preliminar de medidas.

3. Validación participativa

- **Talleres y mesas técnicas** con autoridades, comunidades locales, gestores de cuenca y actores clave.
- Presentación de la matriz de priorización y ajustes según la experiencia y percepción local del riesgo.
- Inclusión de **conocimiento tradicional y comunitario**, útil para validar la factibilidad de medidas SbN y no estructurales.

Resultado esperado: Lista de medidas consensuada, ajustada a la realidad social, ambiental y económica de la cuenca.

4. Selección final y programación

- Seleccionar las **medidas priorizadas** para su incorporación al **programa de medidas del plan hidrológico**.
- Asignar e identificar **responsables, plazos y fuentes de financiación**, diferenciando medidas estructurales, no estructurales y SbN.
- Garantizar la **coherencia con otros planes especiales** (Planes de Sequías, Gestión del Riesgo de Inundación, Programas de Adaptación al Cambio Climático).

Resultado esperado: Programa de medidas priorizadas con justificación técnica y documentación de la metodología de priorización para asegurar transparencia y trazabilidad.

Sistemas de alerta temprana y respuesta

Los sistemas de alerta temprana y respuesta son componentes fundamentales para reducir los impactos de los fenómenos extremos, ya que permiten **detectar con antelación condiciones críticas y coordinar acciones preventivas**. Estos sistemas combinan monitoreo hidrometeorológico, modelización predictiva, protocolos de comunicación y planes de actuación, lo que los convierte en herramientas estratégicas para proteger tanto a la población como a la infraestructura y los ecosistemas.

El desarrollo de sistemas de alerta temprana requiere **un alto nivel de instrumentación y disponibilidad de datos confiables**, ya que su efectividad depende de la capacidad para medir y procesar información en tiempo real sobre lluvias, caudales, niveles de ríos y variables climáticas. A pesar de estas exigencias, avanzar hacia su implementación es una meta deseable, especialmente en **zonas con alta vulnerabilidad**, donde los impactos de sequías, inundaciones o tormentas pueden ser más severos.

Estos sistemas, además de mejorar la capacidad de anticipación, contribuyen a fortalecer la **resiliencia del territorio**, integrando la información técnica con la respuesta institucional y comunitaria, y asegurando que las decisiones se tomen de manera oportuna.

Lineamientos básicos para el diseño y fortalecimiento de un Sistema de Alerta Temprana (SAT)

El diseño de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) eficaz requiere abordar aspectos técnicos, organizativos y operativos que permitan **detectar, comunicar y actuar** ante fenómenos extremos de manera coordinada.

A continuación, se presentan lineamientos fundamentales:

1. Diagnóstico y planificación inicial

- Identificar los **riesgos prioritarios** de la cuenca (sequías, inundaciones, tormentas, deslizamientos asociados).
- Evaluar la **disponibilidad de datos y capacidades existentes**: redes de monitoreo, estaciones hidrometeorológicas, sensores remotos y sistemas de pronóstico.
- Determinar los **niveles de vulnerabilidad** de las poblaciones, infraestructura y ecosistemas para priorizar áreas críticas.
- Definir los **objetivos específicos del SAT**, vinculados a la protección de la vida, los bienes y el ambiente.

2. Infraestructura de monitoreo e instrumentación

- Instalar y/o fortalecer **redes hidrometeorológicas** (pluviómetros, estaciones hidrológicas, sensores de humedad y niveles).
- Asegurar **transmisión de datos en tiempo real**, con redundancia en comunicación para evitar interrupciones durante eventos extremos.
- Integrar **imágenes satelitales y radares meteorológicos** para mejorar la anticipación de lluvias intensas y tormentas.
- Establecer **sistemas de almacenamiento y gestión de datos** centralizados y compatibles con herramientas SIG.

3. Modelización y análisis predictivo

- Calibrar **modelos hidrológicos e hidráulicos** que permitan prever crecidas, avenidas e impactos de lluvias extremas (**herramientas**).
- Implementar **índices y umbrales de sequía e inundación**, definidos a partir de datos históricos y proyecciones.
- Desarrollar escenarios de **alerta anticipada** según distintos niveles de riesgo, con actualización continua de pronósticos.

4. Protocolos de alerta y comunicación

- Definir **niveles de alerta escalonados** (informativa, preventiva, de emergencia) basados en umbrales medibles.
- Establecer un **flujo de comunicación clamediro y jerarquizado**, desde el sistema de monitoreo hasta las autoridades y la población.
- Utilizar **múltiples canales de comunicación** (mensajes SMS, sirenas, radio, aplicaciones móviles, medios digitales) para garantizar alcance efectivo.
- Coordinar con **protección civil y comités de cuenca (Planes especiales)** para asegurar la reacción inmediata ante la activación de alertas.

5. Planes de respuesta y operatividad

- Integrar el SAT con los **Planes de Gestión de Sequías, Planes de Inundación y Protocolos de Protección Civil**.
- Definir **responsables, roles y tiempos de reacción** para cada nivel de alerta.
- Realizar **simulacros periódicos** para comprobar la efectividad de los protocolos y ajustar procedimientos.
- Establecer mecanismos para la **gestión de emergencias en infraestructuras críticas**, como presas, estaciones de bombeo y defensas ribereñas.

6. Mantenimiento, evaluación y mejora continua

- Implementar un **programa de mantenimiento preventivo** de estaciones, sensores y sistemas de comunicación.
- Evaluar periódicamente la **eficacia del sistema** mediante indicadores de desempeño, analizando tiempos de detección, aviso y reacción.
- Incorporar **lecciones aprendidas tras cada evento extremo** para actualizar protocolos, umbrales y herramientas tecnológicas.
- Promover la **formación y participación comunitaria** para aumentar la efectividad de la respuesta local.

Seguimiento, indicadores y revisión adaptativa

El seguimiento y la revisión adaptativa son componentes esenciales para garantizar que las medidas de gestión de fenómenos extremos sean **efectivas a lo largo del tiempo** y puedan ajustarse ante nuevos escenarios de riesgo.

Este apartado establece cómo los resultados obtenidos en el análisis de **riesgo, vulnerabilidad y resiliencia** podrían integrarse en el sistema de **seguimiento del plan hidrológico** mediante **indicadores periódicos**, permitiendo evaluar la eficacia de las medidas implementadas y la evolución de la seguridad hídrica.

1. Integración de resultados en el seguimiento del plan

- Incorporar los **resultados del análisis de riesgos y fenómenos extremos** dentro de los mecanismos de monitoreo del plan hidrológico.
- Actualizar periódicamente los indicadores que reflejen:
  - **Riesgo**: evolución de áreas críticas, frecuencia e intensidad de eventos extremos.
  - **Vulnerabilidad**: cambios en la exposición física, social y ambiental, así como en la sensibilidad de las actividades productivas.
  - **Resiliencia**: capacidad de respuesta de infraestructuras, ecosistemas y comunidades.
- Vincular el seguimiento con la **información de redes de monitoreo, datos satelitales y reportes locales**, para mantener una línea base actualizada.

2. Indicadores recomendados

Con carácter ilustrativo, se sugieren los siguientes indicadores:

- **Indicadores de riesgo**:
  - Número y extensión de zonas bajo amenaza recurrente.
  - Frecuencia de activación de sistemas de alerta temprana.
- **Indicadores de vulnerabilidad**:
  - Población o infraestructuras críticas en zonas de riesgo.
  - Porcentaje de superficie degradada o deforestada en áreas sensibles.
- **Indicadores de resiliencia**:
  - Capacidad de almacenamiento de embalses y nivel de redundancia en el suministro de agua.
  - Cobertura de ecosistemas protectores (humedales, bosques riparios).
  - Número de planes locales de emergencia actualizados.

3. Revisión adaptativa

- Establecer un **ciclo de revisión periódica** (por ejemplo, cada 6 o 10 años, coincidiendo con la actualización del plan hidrológico).
- Evaluar la **eficacia de las medidas de adaptación y mitigación** implementadas y ajustar las estrategias cuando sea necesario.
- Incorporar nuevas **proyecciones climáticas, cambios de uso del suelo y lecciones aprendidas** tras la ocurrencia de eventos extremos.
- Fomentar la **participación de comunidades, autoridades y centros científicos**, asegurando que la revisión sea técnica, inclusiva y transparente.

Guías y referencias

GUIA 1: **European Commission** (2007). *Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks*. Official Journal of the European Union, L 288/27.

https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2007/60/oj/eng

GUIA 2: **IPCC** (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf

GUIA 3: **IPCC** (2022). *Sixth Assessment Report (AR6), Working Group II: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

GUIA 4: **UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction)** (2017). *National Disaster Risk Assessment: Governance System, Methodologies, and Use of Results*. Geneva, Switzerland.

https://www.unisdr.org/files/52828_nationaldisasterriskassessmentwiagu.pdf

GUIA 5: **UNDRR** (2019). *Words into Action Guidelines: National Disaster Risk Assessment*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland.

https://www.undrr.org/publication/words-action-guidelines-national-disaster-risk-assessment

GUIA 6: **UNISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction)** (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. Geneva, Switzerland.

https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030

GUIA 7: **WMO (World Meteorological Organization)** (2019). *Hydrology and water resources manuals.*

https://community.wmo.int/en/activity-areas/hydrology-and-water-resources/publications

GUIA 8: **WMO & GWP (Global Water Partnership)** (2017). *Integrated Flood Management Guidelines*. Associated Programme on Flood Management (APFM), Geneva, Switzerland.

https://wmo.int/activities/associated-programme-flood-management-apfm

[3.6.2] Consideración cambio climático

Definición: Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cambio climático se define como “un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

La consideración del cambio climático en la planificación hidrológica consiste en **integrar los posibles impactos de la deriva inducida por el cambio climático** en la gestión de los recursos hídricos. Esto incluye la evaluación de los cambios en las variables hidrometeorológicas y la frecuencia de fenómenos extremos (tratado en un capítulo independiente: (**Consideración de los fenómenos extremos**), hechos que pueden afectar a los ecosistemas y la disponibilidad, calidad y distribución del agua en el tiempo y en el espacio.

Objetivo: El objetivo principal de la incorporación del cambio climático en el plan hidrológico es **garantizar la seguridad hídrica y aumentar la resiliencia** de los sistemas hídricos, ecosistemas y comunidades frente a escenarios futuros. Específicamente, se busca:

1. **Identificar riesgos y tendencias** derivados del cambio climático en la cuenca.
2. **Anticipar impactos sobre la disponibilidad, calidad y demanda de los recursos hídricos.**
3. **Integrar medidas de adaptación** en la planificación hidrológica para prevenir, mitigar o reducir los efectos adversos.
4. **Promover la flexibilidad y la revisión adaptativa** del plan hidrológico, alineada con la mejor información científica disponible.

Utilidad: La inclusión del cambio climático en el proceso de planificación hidrológica es útil, porque:

- **Mejora la gestión del riesgo hídrico** al prever fenómenos extremos más frecuentes o intensos.
- **Facilita la planificación de infraestructuras resilientes** adaptadas a futuros escenarios de caudales y demandas.
- **Optimiza la priorización de medidas preventivas y de adaptación**, incluyendo Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).
- **Asegura coherencia con compromisos internacionales** y políticas nacionales de cambio climático.
- **Fortalece la toma de decisiones basada en evidencia**, con respaldo en modelos hidrológicos y proyecciones climáticas.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

El plan hidrológico debe **integrar la consideración del cambio climático** para anticipar sus efectos sobre la **disponibilidad, calidad y demanda del agua**, así como sobre los **balances hídricos y la protección de los ecosistemas acuáticos** a largo plazo.

Aunque esta consideración **no suele formar parte del cuerpo principal** del plan, es recomendable la elaboración de un **documento anexo específico**, que desarrolle (según los criterios establecidos en el apartado correspondiente del capítulo 2**:** **Consideración del cambio climático en la Planificación con visión de GIRH**) en detalle:

- Las **proyecciones climáticas regionalizadas** y sus implicaciones para la cuenca.
- La generación de **series ajustadas mediante coeficientes de afección**, para representar la posible reducción o aumento de aportaciones.
- La **evaluación de tendencias y vulnerabilidades** de los recursos hídricos, demandas y caudales ecológicos, más que la obtención de valores exactos.
- Cómo estos cambios pueden afectar la **planificación de medidas** incorporadas en el plan hidrológico.

Este anexo permite contar con un **análisis técnico detallado y actualizado**, mientras que el plan hidrológico incorpora **síntesis y referencias cruzadas** para garantizar la coherencia general del documento.

Asimismo, este componente debe **coordinarse estrechamente con el capítulo de consideración los fenómenos extremos,** de modo que la información sobre **sequías, inundaciones y eventos combinados** se utilice como **insumo técnico**, **sin duplicar el contenido** ya desarrollado en dicho capítulo.

El plan hidrológico debería considerar, idealmente, los siguientes aspectos:

1. **Marco conceptual y normativo**
2. **Modelos y proyecciones climáticas**
3. **Evaluación de los efectos del cambio climático**

Marco conceptual y normativo

La integración del cambio climático en la planificación hidrológica requiere un **marco conceptual y normativo sólido**, que permita vincular la gestión de los recursos hídricos con los compromisos climáticos internacionales y las políticas nacionales y regionales de adaptación. En el contexto latinoamericano, este marco debe contemplar las particularidades de la región: alta diversidad climática, vulnerabilidad socioambiental, dependencia de recursos hídricos y desigual capacidad institucional.

Según la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)**, el cambio climático se define como:

“Un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.”

El **IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático)** amplía este concepto para incluir tanto los **factores naturales como antrópicos**, con el fin de **facilitar el análisis científico de los impactos** en los sistemas ambientales y socioeconómicos. Esta definición más amplia permite evaluar:

- Los **cambios naturales del sistema climático**, como los ciclos oceánicos o volcánicos.
- Los **efectos inducidos por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** y los cambios de uso del suelo generados por la actividad humana.

En el ámbito de la **planificación hidrológica**, esta distinción es relevante porque permite identificar si los cambios observados en la hidrología de una cuenca responden a **variabilidad climática natural** o se suman a **tendencias asociadas al cambio climático antropogénico**.

En la Región, los recursos hídricos presentan una **alta sensibilidad a las variaciones climáticas**, debido a la diversidad geográfica y climática de la región, la concentración de poblaciones en áreas

vulnerables y la dependencia de sectores productivos como agricultura, energía hidroeléctrica y abastecimiento urbano, directamente vinculados al uso del agua.

Otros conceptos importantes asociados al cambio climático son la **adaptación y resiliencia** que, en el contexto de la planificación hidrológica, se entienden como:

- **Adaptación** significa **ajustar la gestión del agua** para minimizar los impactos negativos del cambio climático y, cuando sea posible, aprovechar oportunidades como mejoras en almacenamiento, diversificación de fuentes o restauración de ecosistemas.
- **Resiliencia hídrica** se refiere a la **capacidad de las cuencas, ecosistemas y comunidades** para anticipar, resistir, adaptarse y recuperarse frente a impactos climáticos.

Marco normativo internacional y regional

La integración del cambio climático en la planificación hidrológica en la Región debe apoyarse en un marco normativo que combina **compromisos internacionales, estrategias nacionales y agendas regionales**, orientadas a fortalecer la adaptación y la resiliencia hídrica.

En el ámbito **internacional**, la **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)** constituye la base del marco legal global. Esta convención reconoce que el cambio climático tiene efectos directos sobre los recursos hídricos y establece compromisos para la mitigación y, especialmente, para la **adaptación**. América Latina, como región altamente vulnerable, ha incorporado estos compromisos en sus políticas de agua, avanzando hacia una integración progresiva de la adaptación en la gestión de cuencas y planes hidrológicos.

El **Acuerdo de París (2015)** refuerza esta línea, colocando la **adaptación** al mismo nivel que la mitigación. Este acuerdo promueve la elaboración de **Planes Nacionales de Adaptación (NAPs)** y de **Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs)**, que en muchos países latinoamericanos incluyen medidas explícitas para la gestión de sequías, inundaciones y disponibilidad hídrica. Su implementación implica que los planes hidrológicos deben alinearse con los compromisos climáticos de cada país, asegurando coherencia con las estrategias de adaptación.

En el ámbito **nacional**, la mayoría de los países de la región cuentan con **Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)**, que definen las prioridades de adaptación por sectores, incluyendo agua, agricultura, energía e infraestructura. La integración de los PNACC con los **planes hidrológicos** es esencial para garantizar que las decisiones sobre gestión del agua respondan a escenarios climáticos futuros y que las inversiones se orienten a medidas sostenibles y resilientes. Por ello, a la hora de trabajar en la planificación hidrológica de un determinado territorio será importante la toma en consideración de estos instrumentos nacionales para atender y alinearse con sus previsiones.

Finalmente, existe una **agenda regional y sectorial** que refuerza la cooperación técnica y la alineación de políticas. Organismos como la **CEPAL**, la **CAF** y el **Banco Interamericano de Desarrollo (BID)** impulsan programas de **resiliencia hídrica y climática** en cuencas estratégicas. Asimismo, redes como la **Red Latinoamericana de Agua y Saneamiento (RALAS)** y los programas de la **UNESCO en Hidrología (PHI-LAC)** apoyan el desarrollo de capacidades, el acceso a datos climáticos y el intercambio de experiencias para una gestión adaptativa del agua.

Este marco normativo permite que los planes hidrológicos se elaboren **alineados con los compromisos internacionales**, conectados con las políticas nacionales de adaptación y fortalecidos por la cooperación regional, facilitando así una **planificación hídrica proactiva y resiliente**.

Importante:
El marco conceptual y normativo permite **alinear el plan hidrológico con las políticas climáticas nacionales e internacionales**, garantizando que:

1. Las proyecciones climáticas se integren en la modelización hidrológica.
2. Las medidas de adaptación se incluyan en el **programa de medidas** del plan.
3. Se coordine con otros instrumentos, como los **planes de sequía** o los **planes de gestión de inundaciones**, para asegurar coherencia sin duplicaciones.

Modelos y proyecciones climáticas

La incorporación del cambio climático en la planificación hidrológica requiere contar con herramientas que permitan **anticipar la evolución de las condiciones climáticas y su efecto sobre los recursos hídricos, las demandas de agua y otros elementos del plan**. Los modelos climáticos y las proyecciones constituyen la **base técnica y científica** para transformar la información global sobre cambio climático en insumos prácticos para la gestión de cuencas y la definición de medidas de adaptación.

Estos modelos permiten **simular el comportamiento futuro del clima**, considerando interacciones complejas entre la atmósfera, los océanos, la criosfera y la superficie terrestre. Gracias a ellos, es posible proyectar **cambios en variables clave** como precipitación, temperatura, evapotranspiración y, en consecuencia, su influencia sobre la disponibilidad de agua, la recarga de acuíferos, los caudales de los ríos y la aparición de fenómenos hidrometeorológicos extremos.

En el contexto de América Latina, donde la **variabilidad climática natural** es elevada y la **vulnerabilidad hídrica** es significativa, el uso de proyecciones climáticas **regionalizadas** resulta fundamental. Estas proyecciones permiten capturar con mayor detalle las diferencias locales de topografía, cobertura vegetal y usos del suelo, ofreciendo información relevante para los planes hidrológicos y para los documentos anexos dedicados específicamente a la evaluación del cambio climático.

Al integrar **modelos globales, regionales y escenarios socioeconómicos**, los planes hidrológicos pueden **anticipar riesgos, evaluar incertidumbres y planificar medidas de adaptación** con un enfoque proactivo y resiliente.

El uso combinado de **Modelos Climáticos Globales (GCMs)**, **Modelos Climáticos Regionales (RCMs)** y **escenarios de proyecciones climáticas (SSP-RCP)** permite construir una visión más completa del futuro climático y su posible impacto sobre los sistemas hídricos. Los GCMs proporcionan una visión general de las tendencias globales, los RCMs permiten capturar el detalle regional y local necesario para la gestión de cuencas, y los escenarios climáticos ofrecen distintos horizontes y trayectorias de emisiones que ayudan a manejar la incertidumbre. La integración de estos componentes en la planificación hidrológica asegura que los planes puedan **anticipar riesgos, evaluar su probabilidad y magnitud, y priorizar medidas de adaptación** basadas en la mejor evidencia científica disponible.

Modelos Climáticos Globales

Los **Modelos Climáticos Globales (Global Climate Models, GCMs)** son la principal herramienta científica para **simular el comportamiento del sistema climático de la Tierra** y proyectar su evolución futura ante diferentes escenarios de emisiones y cambios en la atmósfera. Estos modelos representan de manera numérica los procesos físicos y químicos que ocurren en la **atmósfera, los océanos, la criosfera, la biosfera y la superficie terrestre**, permitiendo evaluar cómo interactúan entre sí para determinar el clima global.

A continuación, se enumeran algunas de las principales características de los GCMs:

1. **Simulación física y numérica del sistema climático**
    a. Los GCMs resuelven ecuaciones que describen el movimiento de la atmósfera, los intercambios de energía, el ciclo del agua, la circulación oceánica y los procesos de la superficie terrestre.
    b. Incluyen componentes para representar la vegetación, el hielo, los suelos y la absorción de carbono, lo que permite analizar de forma integrada las interacciones del sistema climático.
2. **Resolución espacial y temporal**
    a. Trabajan con una **malla global** que divide la superficie de la Tierra en celdas (generalmente de 100 a 250 km por lado en CMIP6).
    b. Simulan periodos pasados, presentes y futuros, generando series de datos de **décadas y hasta siglos**, útiles para análisis de tendencias a largo plazo.
3. **Cobertura global y coherencia con los informes del IPCC**
    a. Son la base de los ejercicios internacionales **CMIP (Coupled Model Intercomparison Project)**, actualmente en su sexta fase (**CMIP6**).
    b. Sus resultados alimentan los **informes de evaluación del IPCC**, incluyendo proyecciones utilizadas en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs) y en los Planes Nacionales de Adaptación (NAPs).

Relevancia para la planificación hidrológica

Aunque los GCMs funcionan a escala planetaria, su uso es relevante en la planificación hidrológica porque:

- **Proporcionan las tendencias climáticas globales y regionales** que determinan cambios en precipitación, temperatura y evapotranspiración.
- Permiten identificar **patrones de variabilidad climática de gran escala** que afectan América Latina, como **El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)**, la Oscilación del Atlántico y cambios en la circulación atmosférica.
- Sirven como **punto de partida** para generar proyecciones climáticas regionales (downscaling), que luego se integran en **modelos hidrológicos de cuencas**.
- Apoyan la **evaluación de riesgos y vulnerabilidades hídricas**, ya que permiten anticipar tendencias a largo plazo en la disponibilidad de agua y la ocurrencia de fenómenos extremos.

Limitaciones y consideraciones

- **Resolución limitada**: los GCMs no capturan directamente procesos locales, como lluvias orográficas en cuencas pequeñas.
- **Necesidad de reducción de escala (downscaling)**: para uso operativo en planificación hidrológica, es imprescindible ajustar la información mediante técnicas estadísticas o modelos climáticos regionales (RCMs).
- **Incertidumbre inherente**: distintos GCMs pueden producir variaciones significativas, por lo que se recomienda usar **conjuntos de modelos (*ensembles*)** para obtener rangos de proyección más robustos.

En conclusión, los GCMs proporcionan la **base científica global** para evaluar el cambio climático en los planes hidrológicos. Aun cuando requieren ajustes para aplicaciones locales, su integración es clave para **anticipar riesgos, definir escenarios de gestión adaptativa y apoyar la toma de decisiones basada en evidencia**.

Modelos Climáticos Regionales (RCMs)

Los **Modelos Climáticos Regionales (Regional Climate Models, RCMs)** son herramientas numéricas que permiten **refinar la información generada por los Modelos Climáticos Globales (GCMs)** para obtener proyecciones con mayor resolución espacial y capacidad de representar procesos locales. Su principal aporte es traducir la visión global del clima en **información climática útil para el ámbito regional y de cuenca**, lo que resulta crítico en la planificación hidrológica.

A continuación, se enumeran algunas de las principales características de los RCMs:

1. **Alta resolución espacial y temporal**
    a. Alcanzan resoluciones de **10 a 50 km**, frente a los 100-250 km de los GCMs.
    b. Capturan mejor la influencia de la **topografía, cuerpos de agua, vegetación y uso del suelo**, que son determinantes para el ciclo hidrológico en cuencas.
2. **Dependencia de los GCMs**
    a. Los RCMs utilizan como **condiciones de contorno** los resultados de los GCMs, lo que les permite **heredar la coherencia climática global** y, al mismo tiempo, añadir detalle regional.
    b. Generalmente, se aplican dentro de **dominios regionales específicos**, por ejemplo, América Central, Andes Tropicales o Cuenca del Amazonas.
3. **Producción de proyecciones regionalizadas**
    a. Permiten analizar **variaciones espaciales más precisas** de temperatura, precipitación y evapotranspiración.
    b. Facilitan la detección de **zonas de riesgo hídrico**, considerando efectos locales como lluvias orográficas, sequías focalizadas o tormentas intensas.

Ejemplos y aplicaciones en la Región

- **CORDEX-Latin America & Caribbean (LAC)**
    - Es la iniciativa más utilizada para generar proyecciones regionalizadas en la región.
    - Proporciona simulaciones de variables climáticas bajo diferentes escenarios **SSP-RCP**, útiles para cuencas estratégicas.

- Aplicaciones típicas en planificación hidrológica:
  - **Balance hídrico y proyecciones de caudales** en ríos y embalses.
  - **Identificación de áreas críticas** para sequías e inundaciones, en coordinación con el capítulo de fenómenos extremos.
  - **Apoyo al diseño de medidas de adaptación**, desde Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) hasta infraestructura resiliente.

Relevancia para la planificación hidrológica

El uso de RCMs es esencial para trasladar la información climática al ámbito de la gestión del agua, ya que:

- Proporciona **datos regionalizados** aptos para alimentar **modelos hidrológicos de cuenca**.
- Permite **analizar escenarios de riesgo hídrico con mayor precisión**, mejorando la planificación de obras y medidas no estructurales.
- Ayuda a **priorizar zonas y medidas de adaptación**, ya que identifica con mayor detalle la vulnerabilidad de las áreas productivas, ecosistemas y poblaciones.
- Facilita la **evaluación de la resiliencia hídrica** frente a diferentes trayectorias climáticas, contribuyendo a una gestión adaptativa.

Limitaciones y consideraciones

- **Dependencia de los GCMs**: cualquier error o sesgo en los modelos globales puede trasladarse a los RCMs.
- **Incertidumbre**: no todos los modelos coinciden en la magnitud de los cambios, por lo que se recomienda utilizar **conjuntos de modelos (ensembles)**.
- **Necesidad de datos locales**: para mejorar la confiabilidad, los RCMs requieren ser validados con **series observadas** de estaciones hidrometeorológicas.

En síntesis, los RCMs permiten transformar la información climática global en **insumos prácticos para la gestión del agua**, facilitando la **planificación hidrológica proactiva y adaptativa** en América Latina.

Proyecciones climáticas (SSP-RCP)

Las **proyecciones climáticas,** son representaciones de posibles futuros del sistema climático terrestre, generadas a partir de hipótesis sobre la evolución de las **emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)**, los **cambios socioeconómicos** y el **uso del suelo**. En la planificación hidrológica, los escenarios climáticos permiten **anticipar cómo podrían variar la disponibilidad y calidad del agua, así como la frecuencia de fenómenos extremos**, proporcionando una base para diseñar medidas de adaptación y gestión resiliente.

Tipos de proyecciones climáticas

1. RCP (Representative Concentration Pathways)

Los **RCP (Trayectorias Representativas de Concentración) son escenarios de concentración de gases de efecto invernadero (GEI)** diseñados para evaluar cómo la evolución de emisiones y la respuesta del sistema climático podrían afectar la temperatura y el forzamiento radiativo del planeta hacia el año 2100.

Fueron utilizados principalmente en el Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC, y sirvieron como base para el diseño de proyecciones climáticas globales y regionales en el proyecto CMIP5 (**Guía metodología 1**).

Los **RCP** representan trayectorias plausibles del clima futuro definidas por el **incremento del forzamiento radiativo en 2100**, medido en vatios por metro cuadrado (W/m²) respecto a los niveles preindustriales. Este forzamiento refleja el **desequilibrio energético del planeta** provocado por la acumulación de gases de efecto invernadero y aerosoles en la atmósfera, que determinan cuánto se calentará la superficie terrestre en las próximas décadas.

A diferencia de los escenarios más recientes basados en **SSP (Shared Socioeconomic Pathways)**, los RCP **no incorporan directamente trayectorias socioeconómicas** ni cambios detallados de uso

del suelo. En lugar de ello, describen **futuros climáticos plausibles** que podrían alcanzarse bajo diferentes combinaciones de crecimiento económico, políticas de mitigación y avances tecnológicos. Esta característica los hace versátiles para análisis climáticos, pero requiere complementarlos con otros marcos para considerar aspectos sociales o de gestión territorial.

En la **planificación hidrológica**, los RCP son especialmente útiles para **evaluar impactos a mediano y largo plazo** sobre los recursos hídricos. Al integrarse en modelos hidrológicos de cuenca, permiten simular cómo distintos niveles de emisiones podrían alterar caudales, recarga de acuíferos y almacenamiento en embalses. Su empleo facilita explorar un rango amplio de riesgos, desde escenarios de mitigación fuerte hasta situaciones de altas emisiones, lo que resulta clave para diseñar **medidas de adaptación robustas y resilientes**.

- **RCP2.6 (Escenario de mitigación fuerte)**
  - Forzamiento radiativo: ~2.6 W/m² en 2100.
  - Supone **reducciones drásticas de emisiones** y una neutralidad de carbono alcanzada en la segunda mitad del siglo XXI.
  - **Implicaciones hidrológicas:**
    - Cambios moderados en temperatura y precipitación.
    - Baja probabilidad de aumento significativo en la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos.
    - Escenario útil para **planificación de infraestructura resiliente de largo plazo**.
- **RCP4.5 (Escenario intermedio)**
  - Forzamiento radiativo: ~4.5 W/m² en 2100.
  - Representa un **escenario de estabilización**, con políticas de mitigación moderadas y emisiones que comienzan a declinar hacia mediados de siglo.
  - **Implicaciones hidrológicas:**
    - Cambios notables en patrones de lluvia y temperatura, afectando caudales, recarga de acuíferos y calidad del agua.
    - Riesgo intermedio de sequías prolongadas e inundaciones más intensas.
    - Es el **escenario más utilizado en planificación a mediano plazo** por su plausibilidad.
- **RCP8.5 (Escenario de altas emisiones)**
  - Forzamiento radiativo: ~8.5 W/m² en 2100.
  - Corresponde a un **escenario de crecimiento dependiente de combustibles fósiles**, sin esfuerzos significativos de mitigación.
  - **Implicaciones hidrológicas:**
    - Aumento marcado de la temperatura y cambios extremos en la distribución de la precipitación.
    - Alta probabilidad de intensificación de **eventos hidrometeorológicos extremos** (sequías, tormentas e inundaciones).
    - Escenario recomendado para **evaluar riesgos máximos y diseñar medidas de adaptación robustas**.

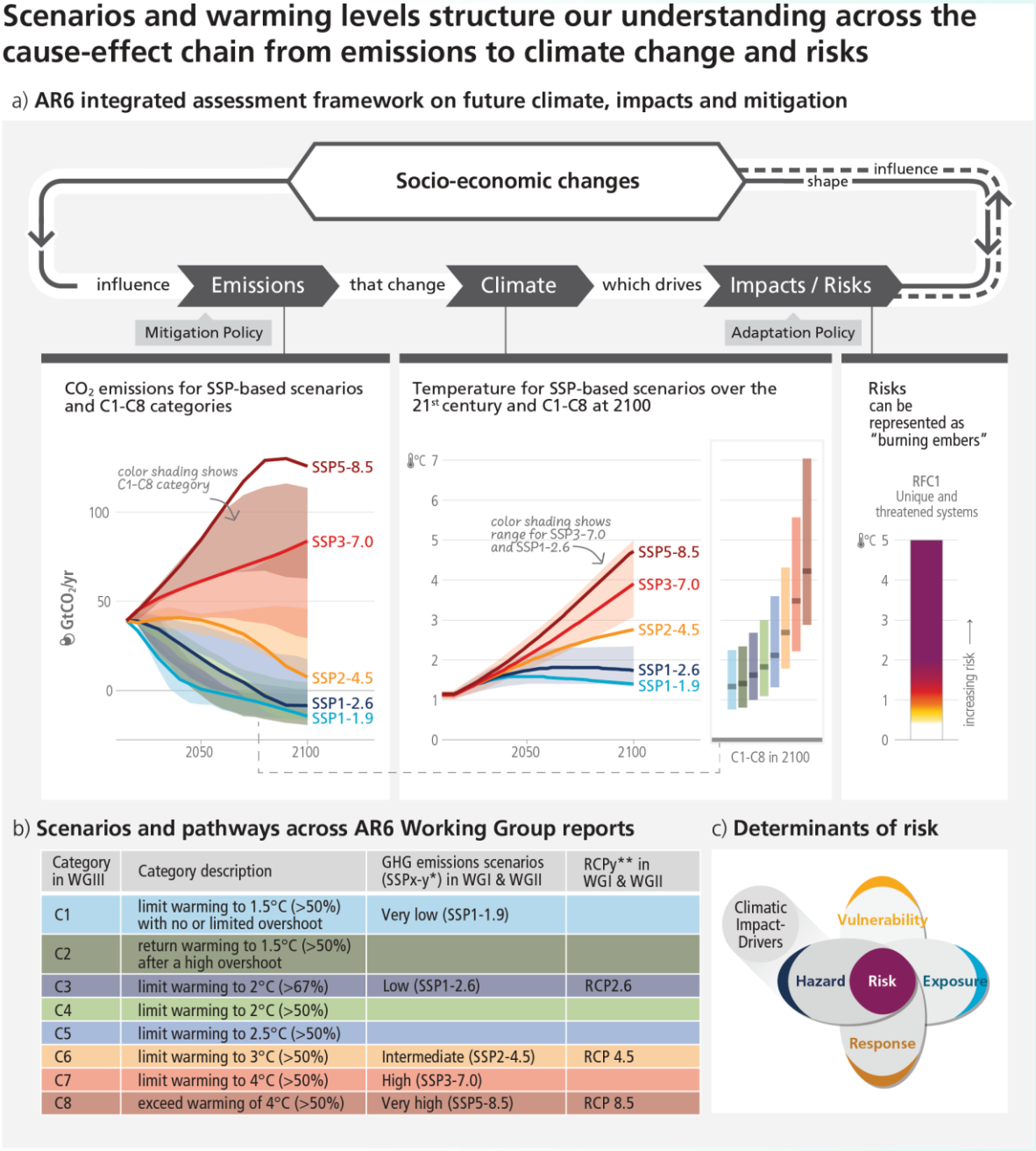
2. SSP (Shared Socioeconomic Pathways)

Los **SSP**, o **Trayectorias Socioeconómicas Compartidas**, son un conjunto de escenarios introducidos por el **AR6 del IPCC** para mejorar la comprensión de cómo los factores sociales, económicos y tecnológicos pueden influir en la evolución del clima (**Guía metodología 2 y 3**). A diferencia de los antiguos RCP, que solo describían trayectorias de concentración de gases de efecto invernadero, los SSP **combinan las proyecciones de emisiones con escenarios socioeconómicos y cambios en el uso del suelo**, proporcionando una visión más integrada del futuro.

Estos escenarios permiten explorar cómo distintos **patrones de desarrollo humano** pueden determinar el nivel de riesgo climático global y regional. Factores como la **urbanización acelerada, la deforestación, la presión sobre los recursos hídricos, la cooperación internacional** o la **transición energética hacia fuentes bajas en carbono** se reflejan en cada trayectoria. En el contexto de la planificación hidrológica, esto resulta esencial, ya que las demandas de agua, la degradación ambiental y la vulnerabilidad social están profundamente vinculadas al desarrollo socioeconómico.

Cada SSP se asocia a una **trayectoria de emisiones y forzamiento radiativo (SSP-RCP)**, lo que permite evaluar simultáneamente la evolución del clima y las condiciones sociales que determinan la capacidad de adaptación. Algunos ejemplos clave son:

- **SSP1-2.6**: Representa un mundo de **desarrollo sostenible**, con cooperación internacional, uso racional de los recursos y bajas emisiones de gases de efecto invernadero. En términos hidrológicos, implica menores riesgos de cambio drástico en caudales y una mayor capacidad para implementar medidas de adaptación.
- **SSP2-4.5**: Corresponde a un **escenario intermedio**, donde el desarrollo avanza de manera desigual, con políticas climáticas moderadas. Es considerado el **más plausible** para la planificación regional en América Latina, pues combina riesgos significativos con cierto margen de adaptación.
- **SSP5-8.5**: Representa un mundo de **crecimiento intensivo en combustibles fósiles y altas emisiones**, con escasa atención a la sostenibilidad. Para la planificación hidrológica, es el escenario más desafiante, ya que proyecta cambios severos en temperatura y precipitación, con un aumento sustancial en la probabilidad de fenómenos extremos y presión sobre los recursos hídricos.



Category in WGIII	Category description	GHG emissions scenarios (SSPx-y*) in WGI & WGII	RCPy** in WGI & WGII
C1	limit warming to 1.5°C (>50%) with no or limited overshoot	Very low (SSP1-1.9)	
C2	return warming to 1.5°C (>50%) after a high overshoot		
C3	limit warming to 2°C (>67%)	Low (SSP1-2.6)	RCP2.6
C4	limit warming to 2°C (>50%)		
C5	limit warming to 2.5°C (>50%)		
C6	limit warming to 3°C (>50%)	Intermediate (SSP2-4.5)	RCP 4.5
C7	limit warming to 4°C (>50%)	High (SSP3-7.0)	
C8	exceed warming of 4°C (>50%)	Very high (SSP5-8.5)	RCP 8.5

Esquema integrado SSP-RCP del IPCC AR6

En los planes hidrológicos, el uso de los SSP permite **evaluar la resiliencia de las cuencas y la efectividad de las medidas de adaptación** en diferentes contextos socioeconómicos. Por ejemplo, una misma infraestructura o estrategia de gestión del agua puede comportarse de forma muy distinta en un mundo altamente cooperativo y sostenible (SSP1) respecto a otro caracterizado por crecimiento acelerado y emisiones altas (SSP5).

La integración de los SSP con los modelos hidrológicos permite **construir escenarios más realistas**, no solo considerando el clima físico, sino también el **comportamiento social y económico** que condiciona la demanda de agua, la degradación ambiental y la capacidad institucional para responder al cambio climático.

Importante:
Los **RCP (Representative Concentration Pathways)** fueron la base del **Quinto Informe de Evaluación (AR5)** del IPCC y continúan utilizándose, especialmente en estudios hidrológicos y climáticos iniciados antes del **AR6**. Estos escenarios describen cómo podrían evolucionar las **concentraciones de gases de efecto invernadero** hasta 2100, expresadas en términos de **forzamiento radiativo**. Su utilidad radica en mostrar distintos futuros climáticos, desde escenarios de **mitigación fuerte (RCP2.6)** hasta **altas emisiones (RCP8.5)**, aunque no incluyen de forma explícita los cambios socioeconómicos ni de uso del suelo que influyen en la capacidad de adaptación de los territorios.
Con la publicación del **Sexto Informe (AR6)**, el IPCC adoptó un marco más completo basado en los **SSP (Shared Socioeconomic Pathways)**, que describe **futuros socioeconómicos plausibles** como mundos sostenibles, intermedios o intensivos en el uso de combustibles fósiles. Cuando se combinan con un nivel de emisiones o de forzamiento radiativo, estos escenarios forman los **SSP-RCP**. Por ejemplo, **SSP1-2.6** corresponde a un mundo cooperativo y de bajas emisiones, **SSP2-4.5** representa un desarrollo intermedio, y **SSP5-8.5** refleja un futuro de altas emisiones y gran presión sobre los recursos hídricos.
En la planificación hidrológica actual, lo recomendable es **trabajar con escenarios SSP-RCP**, ya que ofrecen una visión más realista al integrar la evolución del clima con las dinámicas socioeconómicas que condicionan la demanda de agua, la degradación ambiental y la capacidad de adaptación de las comunidades. Sin embargo, los **RCP** siguen siendo útiles para **comparaciones históricas** y para mantener la **coherencia con estudios previos**, ya que muchos análisis de riesgos hídricos aún se presentan con estas trayectorias clásicas.

Escenarios climáticos (RCP y SSP-RCP) en la planificación hidrológica

La integración de escenarios RCP y SSP-RCP en los planes hidrológicos permite:

- **Simular la disponibilidad de agua futura**, incorporando proyecciones climáticas en los **modelos hidrológicos de cuenca**.
- **Evaluar tendencias** en la recarga de acuíferos, caudales mínimos y máximos, almacenamiento en embalses y balances hídricos.
- **Identificar riesgos hídricos emergentes**, sin duplicar el análisis de fenómenos extremos que se aborda en su capítulo específico.
- **Diseñar y priorizar medidas de adaptación**, combinando infraestructura resiliente, Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y medidas no estructurales.
- **Definir horizontes de planificación** (2030, 2050, 2100) coherentes con los ciclos de revisión de los Planes Nacionales de Adaptación al Cambio Climático (PNACC/NAP).

Aspectos a considerar en su uso:

- **Evaluar múltiples escenarios**: incluir al menos uno de bajas emisiones, uno intermedio y uno de altas emisiones para abarcar el rango de posibles impactos.
- **Analizar la incertidumbre**: trabajar con **conjuntos de modelos (ensembles)** y reportar rangos de proyección, no solo valores puntuales.
- **Reducción de escala y corrección de sesgos**: ajustar las proyecciones con **modelos climáticos regionales (RCMs)** y series observadas locales.

- **Vincular con la planificación adaptativa**: traducir los resultados directamente en priorización de medidas estructurales, no estructurales y SbN.

El uso de escenarios climáticos en los planes hidrológicos proporciona una **base sólida para la gestión adaptativa**, ya que permite:

- Proteger la **seguridad hídrica** de poblaciones y sectores productivos.
- Reducir la vulnerabilidad de **infraestructuras críticas** como presas, hidroeléctricas y sistemas de riego.
- Garantizar la **coherencia con políticas nacionales e internacionales** de adaptación al cambio climático y con el Acuerdo de París.

En síntesis, trabajar con escenarios climáticos RCP y, preferentemente, SSP-RCP permite que los planes hidrológicos evolucionen hacia una **gestión proactiva y resiliente**, considerando no solo la variabilidad climática física, sino también los factores sociales y económicos que determinan la capacidad real de adaptación.

Evaluación de los efectos del Cambio Climático

La evaluación de los efectos del cambio climático en la planificación hidrológica tiene como objetivo identificar **cómo las variaciones proyectadas en temperatura, precipitación y evapotranspiración** pueden modificar la disponibilidad y la calidad de los recursos hídricos, afectar las demandas de agua y comprometer el cumplimiento de los caudales ecológicos.

En línea con las recomendaciones del documento base, el análisis debe ser **integral, gradual y enfocado en tendencias**, más que en valores exactos, debido a la incertidumbre inherente a los modelos climáticos y a la respuesta hidrológica de las cuencas. El propósito principal es anticipar vulnerabilidades y orientar medidas de adaptación para fortalecer la resiliencia de los sistemas hídricos, sociales y ambientales.

Marco metodológico

Para que la evaluación sea consistente y útil para la planificación hidrológica, se recomienda aplicar un **proceso metodológico estructurado en cinco fases**, que combine análisis técnico, participación institucional y revisión adaptativa.

Fase 1. Definición del alcance y recopilación de información

- **Delimitación del área de estudio**: establecer las cuencas o subcuencas a analizar.
- **Identificación de elementos del plan a evaluar**: Esencialmente, recursos hídricos en régimen natural, demandas de agua y régimen de caudales ecológicos.
- **Recopilación de información base**:
  - Series históricas hidrometeorológicas y de caudales.
  - Proyecciones climáticas regionalizadas (SSP-RCP) y modelos hidrológicos existentes.
  - Información sobre demandas de agua, usos del suelo, infraestructura y vulnerabilidad social.
- **Definición de horizontes temporales de análisis** (ej. 2030, 2050, 2100).

Fase 2. Integración de proyecciones climáticas en modelos hidrológicos

1. Seleccionar **GCMs y RCMs** más representativos para la región y escenarios SSP-RCP de referencia.
2. Aplicar **downscaling y corrección** de sesgos para ajustar los datos a la escala local.
3. Usar **coeficientes de afección** para generar series de caudales ajustadas representando la posible reducción o aumento de aportaciones; o, si es posible **simular balances hídricos**: caudales, recarga de acuíferos y niveles de embalses bajo escenarios futuros.

Fase 3. Evaluación de impactos por componente

1. **Recursos hídricos en régimen natural**
   a. Cuantificar cambios en la oferta hídrica, la recarga de acuíferos y la calidad del agua.
   b. Evaluar estacionalidad y riesgo de déficit en cuencas vulnerables.
   c. Generar series ajustadas y mapas de reducción o incremento de aportaciones.

2. **Demandas de agua**
    a. Mantener demandas urbanas e industriales salvo en casos críticos.
    b. Ajustar demandas agrícolas aplicando dotaciones netas derivadas de escenarios climáticos.
    c. Identificar desequilibrios oferta-demanda y sectores vulnerables.
3. **Régimen de caudales ecológicos**
    a. Mantener como referencia los caudales establecidos en el plan vigente.
    b. Evaluar la compatibilidad de estos caudales con las aportaciones proyectadas.
    c. Valorar cualitativamente el riesgo para ecosistemas y servicios ambientales.

Fase 4. Integración de resultados y priorización

1. Elaborar **mapas temáticos y matrices de impacto** para cada componente evaluado.
2. Clasificar impactos en **bajo, medio y alto**, integrando riesgo y vulnerabilidad.
3. Identificar **zonas y sectores prioritarios** para la adaptación, sin duplicar el análisis detallado de fenómenos extremos (Consideración fenómenos extremos).
4. Vincular los resultados con la **planificación de medidas estructurales, no estructurales y basadas en la naturaleza (SbN)**.

Fase 5. Comunicación, seguimiento y revisión adaptativa

1. Incorporar la evaluación en el **plan hidrológico y su documento anexo de cambio climático**.
2. Definir **indicadores de seguimiento** para recursos hídricos, ecosistemas e infraestructura.
3. Establecer **mecanismos de actualización periódica** ante nueva información climática o cambios en el uso del suelo.
4. Garantizar la **participación de actores locales y autoridades de cuenca** para validar resultados y reforzar la gobernanza.

Una vez definida la metodología general para la evaluación de los efectos del cambio climático, es necesario **analizar de forma sistemática los distintos elementos del sistema hídrico y su entorno** que pueden verse afectados. La evaluación de los efectos del cambio climático en el plan hidrológico debe centrarse en los **tres elementos fundamentales** (Establecidos en el apartado correspondiente del capítulo 2**:** Consideración del cambio climático en la Planificación con visión de GIRH): recursos hídricos en régimen natural, demandas de agua y régimen de caudales ecológicos. Esta aproximación permite **detectar tendencias, evaluar la robustez del sistema y priorizar medidas de adaptación** sin perder de vista la incertidumbre inherente de los escenarios climáticos. La consideración de estos componentes facilita la generación de diagnósticos integrales y comparables, que orientan la priorización de medidas de adaptación y la actualización continua de los planes hidrológicos frente a escenarios climáticos cambiantes.

Elementos para el análisis de los efectos del Cambio Climático

Una vez definida la metodología general, la evaluación de los efectos del cambio climático en el plan hidrológico debe centrarse en **tres componentes principales (**Establecidos como criterios en el capítulo 2**:** Consideración del cambio climático en la Planificación con visión de GIRH**)** , que son los que determinan el balance hídrico y la resiliencia del sistema:

1. **Recursos hídricos en régimen natural.**
2. **Demandas de agua.**
3. **Régimen de caudales ecológicos.**

Cada uno de estos elementos debe analizarse de forma sistemática para detectar **tendencias, vulnerabilidades y necesidades de adaptación**, más que para obtener valores exactos, debido a la incertidumbre inherente de las proyecciones climáticas.

1. Recursos hídricos en régimen natural

Los recursos hídricos en régimen natural son la base para los balances de oferta y demanda en el plan hidrológico, ya que determinan la disponibilidad real de agua superficial y subterránea en condiciones sin regulación ni usos antrópicos (Inventario de recursos hídricos). **La evaluación de este componente bajo escenarios de cambio climático** tiene como finalidad identificar cómo podrían variar las

aportaciones de ríos, arroyos y la recarga de acuíferos en distintos horizontes temporales, permitiendo anticipar riesgos de déficit hídrico y planificar medidas de adaptación.

El análisis no busca establecer valores exactos, sino **detectar tendencias y vulnerabilidades**, debido a la incertidumbre inherente a los modelos climáticos y a la respuesta hidrológica de las cuencas. Esta aproximación permite elaborar estrategias flexibles y robustas frente a escenarios cambiantes.

Para una evaluación completa de los recursos en régimen natural frente al cambio climático, se debe considerar:

- **Variaciones climáticas proyectadas**
  - Cambios en la **precipitación anual y estacional**, incluyendo su intensidad y distribución temporal.
  - Incremento o disminución de la **temperatura media**, que influye en la fusión nival, la evaporación y la evapotranspiración potencial.
  - Efectos sobre la **evapotranspiración real**, que condiciona la recarga de acuíferos y la escorrentía.
- **Impactos sobre caudales**
  - Modificaciones en **caudales medios, máximos y mínimos**, fundamentales para evaluar balances y garantizar caudales ecológicos.
  - Cambios en la **estacionalidad**, como desplazamientos de los picos de caudal o prolongación de periodos secos.
  - Posible **aumento de sequías prolongadas** y reducción de aportaciones hídricas en cuencas vulnerables.
- **Distribución espacial y temporal de la oferta**
  - Identificación de **zonas de la cuenca más sensibles** a la disminución de aportaciones.
  - Evaluación de **diferencias entre subcuencas** por condiciones climáticas y geológicas.

La metodología para evaluar este componente combina análisis de datos históricos, proyecciones climáticas y modelización hidrológica:

1. **Recopilación y análisis de series históricas**
   a. Seleccionar **series representativas de caudales naturales** y niveles freáticos.
   b. Detectar tendencias históricas de reducción o aumento de aportaciones.
2. **Proyecciones y ajuste de series**
   a. Incorporar **proyecciones climáticas regionalizadas (SSP-RCP)** generadas por GCM y RCM.
   b. Aplicar **coeficientes de afección** para ajustar las series históricas o bien **aplicar modelos hidrológicos** para obtener escenarios de caudales futuros.
   c. Considerar diferentes horizontes temporales (2030, 2050, 2100) para análisis prospectivo.
3. **Evaluación espacial y temporal**
   a. Identificar **zonas críticas** donde se prevén mayores reducciones de aportaciones o estrés hídrico.
   b. Evaluar los impactos sobre la **estacionalidad y la variabilidad interanual** de los recursos.

La evaluación de los recursos hídricos en régimen natural bajo cambio climático debe generar:

- **Series de caudales ajustadas** para cada escenario SSP-RCP y horizonte temporal.
- **Mapas de oferta hídrica futura**, identificando áreas con variación significativa de recursos.
- **Diagnóstico de vulnerabilidad** de las cuencas y subcuencas frente a sequías y disminución de aportaciones.
- Información de base para **balances recursos-demandas**, evaluación de riesgos y priorización de medidas de adaptación.

2. Demandas de agua

Las **demandas de agua** representan una de las principales presiones que las actividades humanas ejercen sobre los recursos hídricos, y son un componente esencial en la planificación hidrológica. En el contexto del cambio climático, su evaluación permite anticipar **desequilibrios entre oferta y demanda**, identificar los sectores más vulnerables y priorizar medidas de adaptación. (**Descripción general de usos y demandas de agua**).

El impacto del cambio climático sobre las demandas **no es uniforme**: algunos usos muestran una sensibilidad limitada, mientras que otros son altamente dependientes de las condiciones climáticas y pueden cambiar de forma significativa. Por ejemplo, la **demanda de abastecimiento urbano y rural** suele mantenerse relativamente estable, aunque puede verse afectada por sequías prolongadas que requieran restricciones o mejoras de eficiencia. En cambio, la **demanda agrícola** es mucho más sensible, ya que depende directamente de la precipitación, la evapotranspiración y la temperatura, que determinan las necesidades netas de riego.

La evaluación de demandas no busca predecir con exactitud un valor único, sino **analizar tendencias y posibles escenarios de estrés hídrico**, reconociendo la incertidumbre asociada a las proyecciones climáticas y a la respuesta adaptativa de los usuarios del agua.

Para una evaluación efectiva de las demandas de agua bajo cambio climático, se deben considerar:

- **Abastecimiento urbano y rural**
  - Cambios en el consumo asociados a variaciones en la disponibilidad de agua.
  - Posible incremento temporal durante olas de calor o periodos secos prolongados.
  - Evaluación de la resiliencia de las fuentes de suministro frente a escenarios de déficit.
- **Demanda agrícola y de riego**
  - Variación en las **dotaciones netas** debido a cambios en precipitación y evapotranspiración.
  - Aumento de la **duración de los periodos de riego** por desplazamientos estacionales.
  - Potencial implementación de **medidas de eficiencia y adaptación** (tecnificación, cambio de cultivos).
- **Usos industriales, energéticos y recreativos**
  - Evaluación de la **dependencia de caudales mínimos y calidad de agua** para su operación.
  - Riesgos de reducción de producción o de costes adicionales en épocas de escasez.

La evaluación de demandas frente al cambio climático se basa en integrar los datos actuales de consumo con escenarios climáticos y proyecciones hidrológicas:

1. **Definir demandas actuales y proyectadas**
   a. Establecer la línea base de demandas de cada sector a partir del plan hidrológico.
   b. Determinar cómo se espera que evolucionen sin considerar el cambio climático (escenario tendencial).
2. **Ajuste de demandas por efecto climático**
   a. Mantener inalteradas las **demandas urbanas e industriales**, salvo en situaciones críticas.
   b. Ajustar la **demanda agrícola** calculando nuevas dotaciones netas de riego bajo escenarios SSP-RCP.
   c. Evaluar la sensibilidad de cada sector mediante coeficientes de ajuste basados en balances hídricos proyectados.
3. **Análisis de balance y vulnerabilidad**
   a. Comparar la oferta proyectada de recursos en régimen natural con las demandas ajustadas.
   b. Identificar **zonas y sectores con riesgo de déficit** o de conflictos de uso.
   c. Generar escenarios de gestión que consideren la implementación de medidas de eficiencia y priorización de usos.

La evaluación de las demandas de agua bajo cambio climático debe generar:

- **Curvas de demanda ajustadas** por sector y horizonte temporal.
- **Mapas de vulnerabilidad hídrica**, mostrando sectores y regiones con riesgo de déficit.
- **Matrices de compatibilidad oferta-demanda**, para identificar posibles desequilibrios futuros.
- Información clave para la **planificación de medidas adaptativas**, como eficiencia en riego, diversificación de fuentes y gestión prioritaria de recursos.

3. Régimen de caudales ecológicos

El **régimen de caudales ecológicos** garantiza la **conservación de los ecosistemas acuáticos y sus servicios ambientales**, asegurando que los ríos, humedales y cuerpos de agua mantengan los flujos

necesarios para sostener la biodiversidad y los usos ambientales (Caudales Ecológicos). En el contexto del cambio climático, su evaluación adquiere relevancia porque **cualquier reducción significativa en los caudales naturales o cambios en su estacionalidad** pueden afectar la capacidad de mantener estos caudales mínimos, poniendo en riesgo la funcionalidad ecológica de la cuenca. Por otra parte, distintos impactos del cambio climático como, por ejemplo, el incremento de temperatura de las aguas puede llevar a cambios en las distribuciones de la fauna acuática y, consecuentemente, aconsejar una reestimación de los regímenes de caudales ecológicos para esos escenarios futuros.

Sin embargo, este es uno de los elementos **más complejos de evaluar**, debido a la falta de modelos biológicos específicos para condiciones climáticas futuras y a la escasez de series diarias que permitan analizar alteraciones detalladas en el régimen de caudales. Por ello, las recomendaciones habituales proponen **mantener como referencia los caudales ecológicos actuales** y complementarlos con un **análisis cualitativo** de su sostenibilidad frente a los escenarios climáticos proyectados.

En la evaluación del régimen de caudales ecológicos frente al cambio climático se deben considerar:

- **Reducción de caudales medios y mínimos**
  - Riesgo de no cumplir los caudales ecológicos durante periodos secos prolongados.
  - Posible reducción de aportaciones en estaciones críticas para la reproducción de especies acuáticas.
- **Alteraciones en la estacionalidad**
  - Desplazamiento de picos de caudal y modificación de los pulsos de inundación que sostienen humedales y llanuras aluviales.
  - Impacto sobre especies dependientes de ciclos hidrológicos específicos.
- **Efectos sobre ecosistemas y servicios ambientales**
  - Pérdida de hábitats acuáticos y conectividad ecológica.
  - Reducción de la capacidad de regulación natural de la calidad y disponibilidad de agua.

Para evaluar este componente, se recomienda un enfoque **gradual y adaptativo**, que combine información hidrológica con análisis ecológico:

1. **Línea base**
   a. Utilizar los **caudales ecológicos establecidos en el plan vigente** como referencia.
   b. Integrar series históricas de caudales diarios para identificar la estacionalidad y los mínimos actuales.
2. **Análisis prospectivo**
   a. Comparar los **caudales proyectados bajo escenarios SSP-RCP** con los caudales ecológicos establecidos.
   b. Identificar periodos y subcuencas donde pueda haber incumplimiento de caudales mínimos.
3. **Evaluación cualitativa de sostenibilidad**
   a. Valorar el riesgo para ecosistemas y servicios ambientales si las reducciones proyectadas persisten.
   b. Explorar medidas complementarias como **restauración de humedales, conectividad fluvial y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)**.

La evaluación del régimen de caudales ecológicos debe proporcionar:

- **Informe de compatibilidad** entre los caudales ecológicos y los escenarios climáticos proyectados.
- **Mapa de vulnerabilidad ecológica** de ríos y humedales frente a reducciones de caudal o alteraciones estacionales.
- **Recomendaciones de gestión adaptativa**, que incluyan medidas de restauración, conservación y refuerzo de la resiliencia ecológica.

Guías y referencias

GUIA 1: **IPCC** (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the IPCC*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf

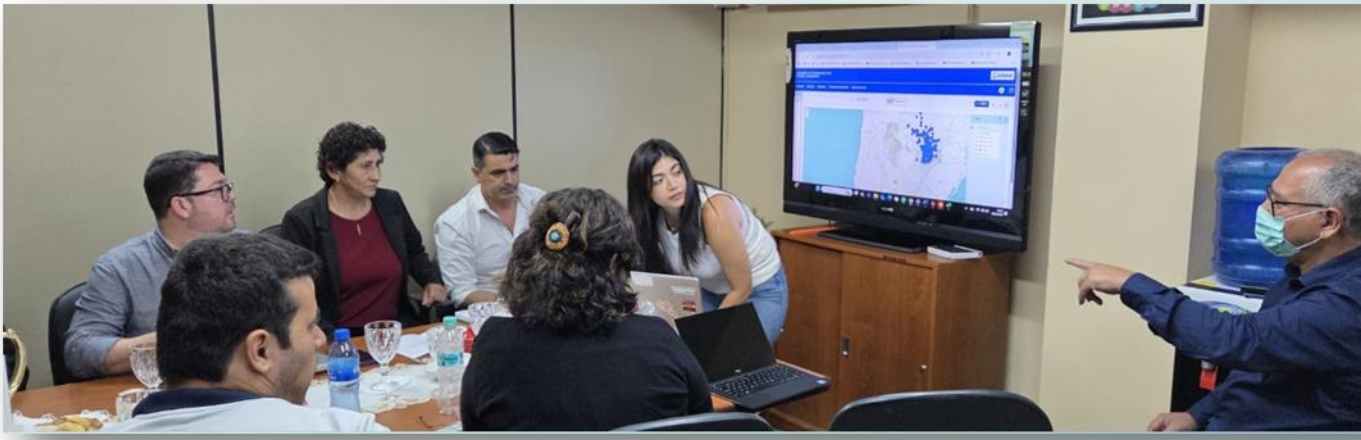
GUIA 2: **IPCC** (2021). The Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report, Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/

GUIA 3: **IPCC** (2022). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the IPCC*.

https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/

[3.7] Análisis económico y sostenibilidad



[3.7.1] Análisis económico del sector del agua

Definición: El análisis económico de los usos del agua es una herramienta clave dentro de la planificación hidrológica, orientada a comprender el valor social, económico y ambiental del agua, así como los costes asociados a su uso y gestión, para dar con ello soporte a muy diversos elementos del plan hidrológico. Su aplicación requiere reconocer la diversidad de contextos socioeconómicos, los modelos de gestión comunitaria, la limitada monetización del recurso y los desafíos en la recuperación de costes que se dan en el territorio objeto de planificación.

Objetivo:

- Comprender el valor económico, social y estratégico del agua en distintos sectores y territorios.
- Evaluar la eficiencia económica y la productividad relativa del agua en sus distintos usos.
- Fomentar la transparencia: conocer claramente los costes asociados a la gestión, uso y degradación del recurso y realizar una estimación realista de los ingresos.
- Fundamentar decisiones sobre: el diseño de los escenarios futuros, tanto en lo que concierne a las demandas de agua como al resto de presiones, la mejor asignación del recurso, la dimensión y priorización de medidas y el uso de instrumentos económicos aplicables.
- Identificar mejoras específicas para aumentar la sostenibilidad, equidad social y eficiencia en la gestión del agua.
- Aplicar el principio de “recuperación de costes” y de “quien contamina paga”.

Utilidad:

- El análisis económico es referente y soporte para estimar los escenarios de demandas y presiones en los horizontes temporales y escenarios futuros que considere el plan, en la medida en que las decisiones que a este respecto adopten administraciones y particulares se fundamenten, o no ignoren, su rentabilidad económica.
- En relación con el programa de medidas y los costes generales de los servicios del agua, los estudios económicos aportan información para estudiar su viabilidad de financiación, la potencial recuperación de los costes soportados por los presupuestos públicos por la prestación de los servicios del agua y la eficacia o idoneidad de determinados instrumentos económicos que posibilitan dicha recuperación.
- Facilita la toma de decisiones económicas y sociales sobre la asignación del recurso en situaciones de escasez hídrica.
- Identifica inversiones o medidas de gestión prioritarias desde el punto de vista económico y social.

- Proporciona fundamentos técnicos para la definición de instrumentos económicos específicos (tarifas, incentivos económicos, subsidios cruzados, pagos por servicios ambientales).
- Ayuda a cuantificar los beneficios económicos, sociales y ambientales derivados del cumplimiento de los objetivos ambientales del plan hidrológico, así como los costes derivados de la inacción.
- Fortalece la coherencia de las políticas hídricas con los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).
- Orientar decisiones económicas en contextos transfronterizos mediante acuerdos binacionales o regionales, armonizando indicadores económicos entre países.
- Facilitar una distribución equitativa del recurso, considerando explícitamente impactos económicos diferenciados en poblaciones vulnerables.
- Favorece la sostenibilidad de los servicios y los recursos

Importante:

Principios a tener en cuenta respecto a la recuperación de costes:

- **Equidad y sensibilidad social**: no penalizar a usuarios vulnerables por baja capacidad de pago. Se recomienda realizar un análisis explícito de equidad social, evaluando cómo los diferentes esquemas tarifarios y subsidios afectan específicamente a comunidades vulnerables (rurales dispersas, indígenas), y definir indicadores para monitorear estos impactos sociales diferenciados.
- **Reconocimiento del valor no monetario del agua**: cultural, ambiental, comunitario.
- **Adaptación al contexto**: diferenciar zonas urbanas, rurales, indígenas, mixtas.
- **Progresividad y realismo**: no exigir niveles de precisión o recuperación de costes que no sean viables institucionalmente.
- **Participación y transparencia**: integrar la percepción de valor del agua por parte de los usuarios.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Caracterización del contexto socioeconómico

En los planes hidrológicos con enfoque de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), es fundamental adaptar el análisis económico a las características sociales, institucionales y económicas de cada territorio. Para ello, se propone una clasificación contextual que oriente la selección de criterios, fuentes de información y nivel de análisis aplicable.

Esta caracterización no busca establecer categorías rígidas, sino facilitar una lectura adecuada del entorno en el que se desarrollan los usos del agua, teniendo tanto en cuenta el ciclo urbano como las necesidades de agua para las actividades productivas, permitiendo adaptar el enfoque metodológico con realismo y sensibilidad. A modo de guía, pueden distinguirse algunas situaciones representativas:

- **Regiones urbanas consolidadas**: cuentan generalmente con servicios prestados por operadores formales, existencia de tarifas, registros administrativos y contables. En estos casos, es posible aplicar análisis cuantitativos más estructurados, con mayor disponibilidad de datos.
- **Regiones rurales dispersas**: en las que la gestión suele estar a cargo de comunidades organizadas, juntas de agua o usuarios individuales, con esquemas de cobro simbólicos o inexistentes, dentro de un gran abanico de posibilidades. El valor del agua en estos contextos es predominantemente social y funcional, por lo que el análisis debe incorporar enfoques cualitativos o basados en percepción. No obstante, pueden darse situaciones muy diferenciadas en el ciclo urbano y en la atención de las actividades productivas que se desplieguen en el mismo territorio.
- **Territorios indígenas o tradicionales**: donde el uso del agua está profundamente vinculado a prácticas culturales, espirituales o de subsistencia. En estos casos, el análisis económico

debe ser respetuoso con las cosmovisiones locales y centrarse en la comprensión del valor estratégico del recurso, más allá de su monetización.

- **Sistemas mixtos**: presentes en muchas cuencas latinoamericanas, combinan operadores públicos, privados, informales y comunitarios. Este tipo de contextos requiere enfoques flexibles y diferenciados por zona o tipo de uso, con una atención especial a la superposición de normativas, competencias y realidades sociales.

Esta clasificación puede ser útil para ajustar el análisis económico a la realidad del territorio, interpretar adecuadamente los resultados y formular recomendaciones coherentes con el nivel institucional y social existente. Su aplicación ayuda también a identificar oportunidades para fortalecer la equidad, la sostenibilidad financiera y la eficiencia de la gestión hídrica en función del contexto.

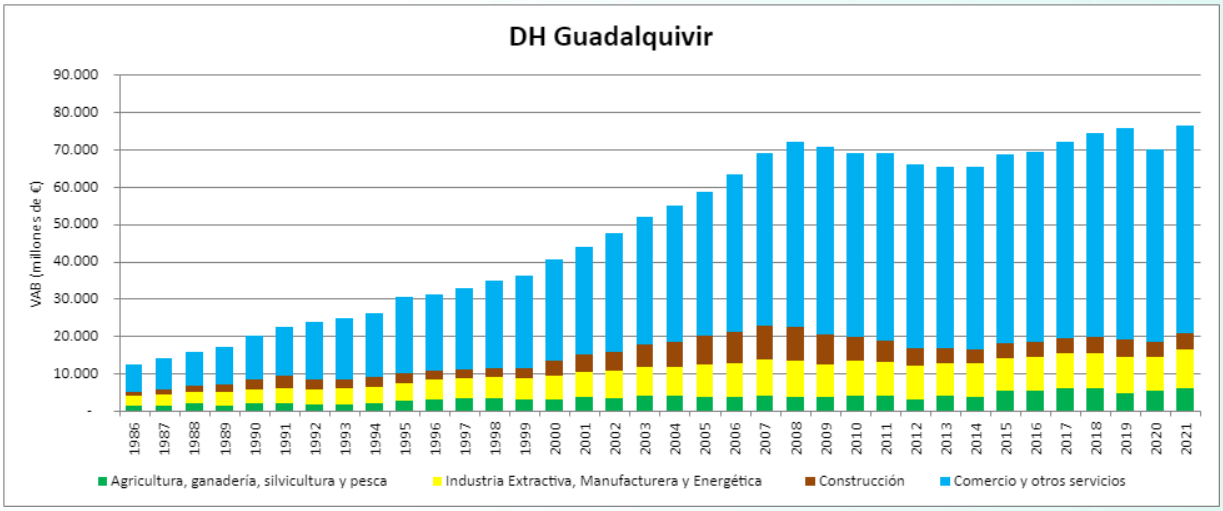
Caracterización socioeconómico de los usos

Desarrollo del contenido en la Tarea 1: Caracterización socioeconómica de los usos del agua

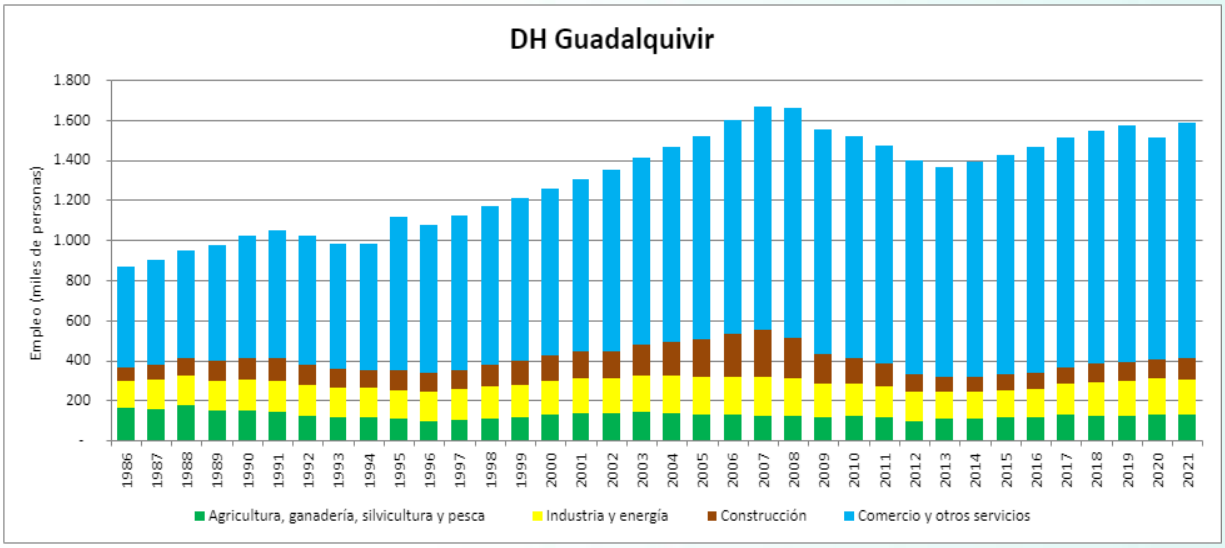
El análisis económico de los usos del agua permite comprender el papel del recurso hídrico en la estructura productiva, el bienestar social y la sostenibilidad ambiental de una cuenca o territorio. Esta caracterización debe adaptarse a contextos de fuerte heterogeneidad territorial, institucional y tecnológica, considerando además las asimetrías en el acceso y la eficiencia del uso del agua.

Se debe **caracterizar cada tipo de uso significativo del agua** en la cuenca, describiendo su aporte económico y social, y cómo el agua contribuye a dicho uso. Para cada sector relevante (abastecimiento urbano, agrícola, energético, turismo, transporte fluvial, pesca, industria, etc.) se incluirá información sobre:

- **Valor añadido bruto (VAB) y producción**: Cuánto contribuye el sector a la economía regional y nacional en términos de VAB o valor de la producción asociado al agua. Por ejemplo, en agricultura de riego se medirá el VAB agrícola vinculado al agua y el valor de la producción agrícola obtenida con riego. En turismo, se puede estimar la contribución económica del sector y asociarla al uso hídrico (p. ej. VAB turístico por metro cúbico de agua). Para industria y energía, incluir la producción física (ej. MWh de energía hidroeléctrica) junto a su valor económico. A continuación se muestra un ejemplo de una cuenca española.



- **Empleo y población dependiente:** Número de empleos directos e indirectos que dependen de cada uso del agua, así como población beneficiada o vinculada a esa actividad (por ejemplo, poblaciones rurales en áreas de riego, comunidades pesqueras, trabajadores de hidroeléctricas, etc.). En riego, incluir el empleo agrícola generado y la población rural asociada.



- **Estructura social y productiva:** Describir la composición y organización de cada sector en la cuenca, viendo también su evolución temporal. En agricultura, por ejemplo, el tamaño de las explotaciones, si predominan pequeños productores familiares frente a los agronegocios, la edad de la población rural, formas de tenencia de tierra y organización de regantes. En usos urbanos, detallar la distribución urbana-rural de la población abastecida, niveles de ingreso que pueden afectar consumo. En pesca, señalar si es artesanal o industrial; en turismo, el tipo de operadores (comunitarios, grandes cadenas hoteleras, etc.).
- **Productividad y eficiencia del uso del agua:** Calcular indicadores de **productividad hídrica**, que expresen cuánta riqueza o producción se obtiene por unidad de agua utilizada. Ejemplos: valor añadido bruto por metro cúbico (€/m³ o moneda local/m³) en sectores como turismo o agricultura, en este último caso interesará comparar las productividades en secano y en regadío; o **intensidad de uso**, que inversamente se expresa como m³ por unidad de valor añadido en industria y energía. En energía hidroeléctrica se puede usar la **productividad del agua turbinada** (valor económico o cantidad de energía generada por m³ de agua). Estos indicadores estandarizados permiten comparar la eficiencia económica entre sectores (ej.: cuánta agua requiere generar $1 de PIB en agricultura vs. industria), tipos de actividad o territorios.
- **Importancia territorial del uso:** Describir la **distribución espacial** de cada uso en la cuenca y su rol en el desarrollo local. Por ejemplo, mapear las zonas de riego principales y su aporte a las economías locales; identificar municipios o subcuencas cuya economía depende fuertemente de cierto uso (p.ej., una ciudad industrial vs. un valle agrícola). Mencionar interdependencias: *p.ej.*, zonas agrícolas que impulsan industrias agroalimentarias y transporte de mercancías, o cuencas con represas hidroeléctricas que atraen actividades industriales.

Recomendación:

Dado que en muchos países no se dispone de información económica sectorial desagregada por consumo de agua, se recomienda complementar registros oficiales con encuestas sectoriales, entrevistas a prestadores y usuarios, y el uso de coeficientes técnicos por tipo de actividad.

Evolución futura de los factores determinantes de los usos del agua

Desarrollo del contenido en la Tarea 2: Evaluación de la evolución futura de los factores determinantes de los usos del agua

Este apartado tiene como objetivo identificar, analizar y sistematizar las variables que, con alta probabilidad, modificarán la distribución, magnitud y estacionalidad de los usos del agua en los próximos

años o décadas. Se trata de una etapa clave para la transición desde la **caracterización estática de los usos actuales** hacia la **construcción de escenarios futuros de demanda y presiones**. **Análisis de usos y demandas, proyecciones y escenarios futuros.**

Recomendación:

El análisis debe adaptarse a las condiciones del territorio y a la disponibilidad de información, combinando fuentes cuantitativas (series censales, planes sectoriales, proyecciones oficiales) con metodologías cualitativas (entrevistas, talleres multiactor, revisión documental).

Población y vivienda

La dinámica demográfica es uno de los principales determinantes de la demanda futura de agua, tanto en cantidad como en localización espacial. A falta de estudios específicos llevados a cabo por la autoridad competente que corresponda, será necesario analizar los siguientes contenidos clave:

- **Proyecciones de crecimiento poblacional** a nivel de cuenca, distrito, municipio o sistema de abastecimiento, según datos censales oficiales o estimaciones regionales.
- **Tendencias de urbanización y expansión de áreas metropolitanas**, incluyendo la aparición de zonas periurbanas densas con infraestructuras precarias.
- **Presencia y evolución de asentamientos informales o autoconstruidos**, con limitado acceso a redes formales de agua y saneamiento.
- **Migración estacional, desplazamientos por conflictos o cambio climático**, que alteran las cargas poblacionales temporales en ciertas zonas.

Recomendación:

- Usar escenarios de población baja/media/alta como insumo para el modelado de demanda.
- Incluir enfoques diferenciados por tipo de asentamiento: urbano formal, urbano informal, rural consolidado, rural disperso.
- Mapear crecimiento poblacional vs. capacidad de las infraestructuras existentes.

Políticas públicas y planes sectoriales

Las políticas de desarrollo territorial, sectorial o ambiental inciden directamente sobre los patrones de uso del agua. La anticipación de estos impactos permite preparar el sistema de planificación hídrica. Es necesario analizar los siguientes contenidos clave:

- **Planes sectoriales de expansión agrícola, industrial, turística o energética**, con metas explícitas de superficie, producción o servicios.
- **Planes de ordenamiento territorial**, que orientan el crecimiento urbano, la protección de fuentes o la zonificación de actividades productivas.
- **Políticas climáticas o ambientales** que promuevan cambios en las prácticas (ej. eficiencia en riego, reutilización de aguas grises regeneradas, reducción de emisiones).
- **Reformas normativas o fiscales** que alteren costes e incentivos: tarifas, impuestos ambientales, créditos verdes.
- **Iniciativas de cooperación internacional o financiamiento climático**, que condicionan nuevas infraestructuras o modelos de gestión.

Recomendación:

- Revisar los principales instrumentos de planificación nacionales y subnacionales en los sectores clave.
- Consultar a actores sectoriales sobre la viabilidad real de ejecución de los planes.
- Incorporar cambios tecnológicos o institucionales esperados en la modelación.
- Tomar en consideración políticas globales o regionales que puedan incidir en la GIRH, como por ejemplo los ODS.

Cambio climático

El cambio climático es otro gran determinante de la demanda futura en cuanto;

- **Disponibilidad hídrica:** posibles reducciones o aumentos en precipitación y caudales. Por ejemplo, menor escorrentía afectaría la producción hidroeléctrica y el riego, exacerbando la competencia entre usos. Temperaturas más altas podrían incrementar la demanda de riego (evapotranspiración) y consumo urbano (más calor = más consumo per cápita).
- **Eventos extremos:** mayor frecuencia de sequías o inundaciones altera la regularidad del suministro de agua. En un escenario sin medidas, *no* se incorporan acciones adicionales de mitigación, por lo que estos impactos podrían traducirse en déficit de abastecimiento en épocas secas o daños a infraestructura en crecientes. Se describirá cómo cada sector podría verse afectado: *ejemplo:* en sequías, la agricultura de riego podría sufrir pérdidas de producción, el turismo puede decaer si reservorios recreativos se secan, etc.

En el apartado dedicado al **inventario de recursos** se tratan diversos aspectos sobre el potencial impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos, que deben ser tomados en consideración. Estos impactos también pueden ser significativos sobre las demandas de agua y sobre la magnitud de las presiones. También hay un apartado dedicado a los **fenómenos extremos y el cambio climático**.

Definición de horizontes temporales

En el marco del análisis económico de los usos del agua, la definición de horizontes temporales constituye un elemento central para proyectar con coherencia la evolución futura del sistema hídrico y orientar decisiones estratégicas fundamentadas. El horizonte actúa como el marco temporal común sobre el cual se proyectan los factores determinantes, las demandas futuras y las presiones, permitiendo estructurar los balances hídricos y anticipar déficits o incumplimientos. **Definición de horizontes y del periodo de revisión del plan** de esta Guía está particularmente dedicado a la definición de los **horizontes temporales y del periodo de revisión del plan hidrológico**.
Un horizonte bien establecido permite observar con suficiente antelación las zonas donde podrían aparecer **problemas estructurales de suministro**, facilitando un análisis más detallado y la formulación de medidas adaptadas a tiempo.
Este aspecto cobra especial importancia en países con fuerte crecimiento de la demanda, como ocurre en muchos contextos latinoamericanos, donde sectores como el agrícola, el industrial o la producción hidroeléctrica podrían experimentar un desarrollo significativo. La correcta fijación del horizonte garantiza, además, que las proyecciones sean comparables entre sectores y niveles territoriales, evitando distorsiones derivadas del uso de marcos temporales dispares.
En consecuencia, la **utilidad técnica y estratégica del horizonte** reside en que permite:

- Estructurar la evolución de la demanda por sectores y territorios.
- Evaluar las presiones previstas sobre el recurso y su sostenibilidad.
- Estimar el impacto económico de los déficits proyectados y de las medidas necesarias para corregirlos.

Importante:
El **horizonte u horizontes temporales** a considerar en las tareas a realizar para elaborar un plan hidrológico es un periodo cuya **definición obedece a motivos diferentes a los que determinan la definición del periodo de revisión del plan**.
La definición de horizontes futuros y el establecimiento del período de revisión del plan deben ser entendidos como instrumentos complementarios. Mientras los horizontes permiten proyectar con antelación las principales tendencias e identificar riesgos estructurales, el período de revisión garantiza la capacidad del sistema de planificación para validar o ajustar esas proyecciones de forma periódica. El segundo debe ser igual o, preferentemente, inferior al primero, asegurando así la trazabilidad y corrección oportuna de las decisiones estratégicas.

A continuación se resumen los criterios para, si no existe una determinación prevalente, fijar el horizonte u horizontes futuros, estos criterios tienen un mayor desarrollo en la **definición de horizontes y del periodo de revisión del plan**.

1. **Detección temprana de déficits** – En países con crecimiento demográfico o agrícola acelerado, un horizonte amplio puede permitir identificar zonas donde la oferta no cubrirá la demanda.
2. **Evaluación de objetivos de calidad** – El horizonte debe ofrecer espacio temporal suficiente para registrar la posible evolución de vertidos, retornos y caudales circulantes, que afectarán al buen estado de las masas de agua.
3. **Cambio climático** – Si se dispone de proyecciones hidrológicas, conviene calcular el balance con y sin impacto climático para un horizonte temporal razonablemente alejado.
4. **Grado de desarrollo de la GIRH** – En cuencas más consolidadas (demanda estable, presiones conocidas) el horizonte puede acortarse e incluso coincidir con el periodo de revisión del plan.

Con base en estos criterios se podrían considerar los siguientes horizontes:

1. **Horizonte futuro operativo o de corto plazo**
   - **Duración estimada**: entre **6 y 10 años**.
   - **Finalidad**:
     - Coincide generalmente con el ciclo vigente del plan hidrológico.
     - Sirve para definir asignaciones de recursos y medidas de implementación inmediata.
     - Permite vincular directamente las proyecciones económicas a decisiones de gestión concretas.
     - Deberá ofrecer tiempo suficiente para la implementación de las medidas y la obtención de sus efectos.
   - **Contextos recomendados**: útil en planes con grado medio o avanzado de implementación de la GIRH.
2. **Horizonte estructural o de largo plazo**
   - **Duración estimada**: entre **10 y 20 años,** o más alejado para la consideración del cambio climático, según el ritmo de crecimiento del país o territorio.
   - **Finalidad**:
     - Permite identificar **déficits estructurales**, **tendencias de presión** y necesidades de transformación profunda.
     - Sirve para integrar variables de **crecimiento poblacional, expansión agrícola o industrial**, y para anticipar impactos del **cambio climático**.
     - Es clave para orientar inversiones estratégicas, como modernización del riego, nuevas fuentes de abastecimiento, o tecnologías emergentes.
   - **Contextos recomendados**: imprescindible en países con alta dinámica demográfica o económica, donde se espera un crecimiento sustancial de la demanda.

Diseño de escenarios

Desarrollo del contenido en Tarea 2: Evaluación de la evolución futura de los factores determinantes de los usos del agua

La proyección de usos y demandas del agua puede realizarse mediante la construcción de **escenarios diferenciados**, que permitan incorporar la incertidumbre asociada al crecimiento demográfico, las dinámicas sectoriales, la eficiencia hídrica y los efectos del cambio climático. Cada uno de estos escenarios debe proyectarse sobre los **horizontes temporales definidos** anteriormente, excepto el de cambio climático que únicamente tiene sentido para previsiones suficientemente alejadas en el tiempo. Esta aproximación permite evaluar la robustez de las decisiones ante distintos futuros posibles y anticipar riesgos en la asignación de recursos.

En el **análisis de usos y demandas** se establecen criterios para la proyección de demandas sectoriales bajo distintos **escenario**s. Aquí se sintetizan con su aplicación directa al análisis económico y de **balance**:

- **Escenario tendencial (E0)**
  - Prolonga las tasas históricas de crecimiento de la demanda.
  - No incluye mejoras en eficiencia ni cambios tecnológicos.
- **Escenario de alta demanda (E1)**
  - Supone un crecimiento acelerado de población, industria o superficie regada.
  - Se mantiene un bajo nivel de eficiencia y altas tasas de pérdida.
- **Escenario de eficiencia y conservación (E2)**
  - Incorpora medidas de modernización, reducción de pérdidas y cambios tecnológicos.
  - Refleja la aplicación de políticas de uso sostenible y transición climática.
- **Escenario de impacto climático (E3)**
  - Introduce alteraciones en la disponibilidad del recurso debido a cambios en precipitación y temperatura.
  - Refleja la variabilidad estacional y mayor presión sobre fuentes estratégicas.

Previsión de evolución de demandas

Desarrollo del contenido en Tarea 3: Previsión de evolución de las demandas

La previsión de demandas hídricas es un proceso prospectivo mediante el cual se estima la evolución futura del consumo de agua por cada sector, considerando la evolución de los factores que lo determinan, según se ha explicado en el apartado anterior.

Este análisis no solo proporciona **volúmenes futuros esperados** por uso, sino que permite identificar **desequilibrios anticipados** entre oferta y demanda, definir prioridades de asignación y orientar decisiones estratégicas sobre eficiencia, infraestructura o regulación.

Este tema ha sido desarrollado ampliamente en el **análisis de usos y demandas, proyecciones y escenarios futuros**.

Recomendación:

Donde la disponibilidad de datos puede ser limitada o fragmentada, se recomienda aplicar enfoques metodológicos diferenciados según el tipo de uso y la escala de análisis, combinando:

- Proyecciones estadísticas (cuando hay series históricas).
- Modelos simples paramétricos (usando coeficientes técnicos).
- Enfoques participativos (con usuarios, gestores y comunidades).
- Escenarios con hipótesis múltiples.

Previsión de la evolución de las presiones

Desarrollo del contenido en Tarea 4: Evolución de las presiones asociadas a los usos del agua

Este apartado tiene como objetivo **estimar la evolución futura de las presiones** ejercidas sobre el recurso hídrico como consecuencia del crecimiento o transformación de los distintos usos del agua y otras actividades humanas. La tipología de las presiones ha sido presentada en 3.4.2. **Inventario de presiones**, y pueden materializarse como:

- Extracción directa de agua (superficial o subterránea).
- Retornos de riego o industriales con carga contaminante.
- Vertidos urbanos no tratados o insuficientemente tratados.
- Alteraciones hidromorfológicas asociadas a infraestructuras.

La anticipación de estas presiones permite **identificar riesgos sobre la sostenibilidad del recurso**, evaluar el cumplimiento futuro de los objetivos del plan y ayudar a la definición de las medidas de mitigación o mejora más apropiadas que deberán quedar recogidas en el programa de actuaciones.

La evolución de las presiones es una **variable intermedia clave** entre las acciones derivas de las actividades humanas y los impactos esperados en el medio hídrico. Su análisis permite:

- Traducir la demanda proyectada en efectos sobre cuerpos de agua.
- Identificar sectores o zonas que ejercerán mayor presión futura.
- Estimar los **costes ambientales y económicos** asociados a estas presiones.
- Integrar la sostenibilidad ambiental en el análisis de eficiencia o coste-eficacia de medidas.

Resultados esperados del análisis económico de los usos del agua

Para que la caracterización económica sea útil en la planificación, los resultados deben presentarse de forma **integrada y comparable** a distintas escalas:

- **Unidades de demanda hídrica:** Se debe elaborar la caracterización económica **para cada unidad de demanda** relevante, de manera homogénea, para comparar entre ellas. Es decir, cada unidad tendrá fichas o tablas con los mismos indicadores clave (consumos actuales y futuros, VAB asociado, eficiencia económica del agua, población servida, etc.), permitiendo identificar qué unidades tienen mayor peso económico o social, cuáles son menos eficientes en uso del agua, cuáles enfrentarán mayor brecha oferta-demanda, etc.
    - *Ejemplo:* Un **acuífero o subcuenca A (unidad de demanda agrícola)** puede mostrar que genera $X millones de VAB agrícola usando Y hm³/año (productividad $X/Y por hm³) y emplea Z personas. Otra **unidad de demanda B (urbano-industrial)** podría generar mayor VAB con igual volumen de agua pero también tener retornos contaminantes significativos. Estas comparaciones resaltan la heterogeneidad dentro de la cuenca.
- **Escala de cuenca completa:** Además de la vista detallada, se deben **agregar los resultados a escala de toda la cuenca**. Esto implica sumar las demandas de agua de todos los sectores/unidades, obteniendo resultados **globales** de usos económicos del agua en la cuenca. Asimismo, sumar las contribuciones económicas: por ejemplo, cuánto del PIB regional proviene de actividades vinculadas al agua de la cuenca. Este panorama integrado permite responder: *¿Cuál es la estructura económica global del agua en la cuenca?* (ej. X% del uso es agrícola generando Y% del VAB hídrico total, vs Z% del uso urbano generando W% del VAB, etc.). Se obtienen indicadores agregados como **VAB total por agua de la cuenca (€/m³)**, empleo total dependiente del agua, población total servida, etc.
- **Indicadores estandarizados para comparabilidad:** Para facilitar comparaciones, definir indicadores uniformes aplicables a cada unidad o sector:
    - *Intensidad de uso hídrico:* m³ de agua por unidad de VAB (o inverso VAB/m³) para cada sector/unidad.
    - *Dotación per cápita:* m³ de agua por habitante (en usos poblacionales).
    - *Empleo hídrico:* empleos por hm³ usado, o población dependiente por hm³.
    - *Productividad agrícola:* toneladas de producto por volumen de agua (para comparar eficiencia entre esquemas de riego).
    - *Índice de dependencia económica del agua:* % del PIB local y % del empleo local que dependen de agua (por subregión).

  Presentar estos indicadores en tablas comparativas o gráficos (ej. diagramas de barras comparando VAB/m³ por sector). Esto evidenciará, por ejemplo, que **el turismo puede generar mucho más ingreso por m³ que la agricultura**, o que **el riego emplea a muchas**

más personas por m³ que la industria, según el caso, informando decisiones sobre asignación y eficiencia.

- **Mapas temáticos:** Otra forma de asegurar comparabilidad es mediante **mapas de la cuenca** que muestren indicadores clave por zona. Por ejemplo, un mapa de productividad económica del agua por subcuenca, o un mapa de densidad de demanda (m³/km²) por zona, o la ubicación de las principales zonas de consumo con proporción por sector. Esto proporciona una visualización intuitiva de dónde el agua impulsa más la economía y dónde las presiones son mayores. Se pueden usar para ello escalas de colores o símbolos estándar que facilitarán la comparación.

Esto debe garantizar que los **resultados sean coherentes y fácilmente comparables** a diferentes niveles: *micro* (unidad local) y *macro* (cuenca completa). Así, los planificadores y actores podrán identificar prioridades (por ejemplo, una unidad de demanda con alta importancia socioeconómica pero baja eficiencia puede ser prioritaria en mejoras, o un sector con rápido crecimiento de demanda puede requerir atención especial).

Tareas

Tarea 1: Caracterización socioeconómica de los usos del agua

Esta tarea tiene como objetivo desarrollar una metodología precisa para identificar, analizar y valorar los distintos usos del agua desde el punto de vista económico, considerando contextos de disponibilidad limitada de información, alta heterogeneidad territorial y diversidad sectorial.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Clasificación y delimitación de los usos del agua

Definir los bloques de uso a considerar en el análisis, agrupando las actividades en categorías funcionales y económicas. Tareas de análisis de usos y demandas. Los bloques mínimos sugeridos son:

- Uso urbano (doméstico y comercial).
- Uso agrícola (cultivos y pasturas).
- Uso industrial y energético (incluye minería e hidroeléctrica).
- Uso turístico y recreativo.
- Otros usos relevantes localmente: silvicultura, acuicultura, usos ancestrales o religiosos.

Delimitar espacialmente las zonas donde cada uso es predominante o representa una presión significativa sobre el recurso. Esta zonificación puede basarse en datos de planificación territorial, catastro de usuarios, inventarios de concesiones o mapas de cobertura del suelo.

Desde el comienzo de este trabajo se ha de ser consciente de que la disponibilidad de información económica sobre sectores de actividad, en términos de producción y empleo, no va a estar claramente vinculada con los tipos de utilización que se hayan descrito. Por ello, según esté configurada la información socioeconómica disponible, lo que puede ser particular de cada país, convendrá valorar determinadas agrupaciones o desagregaciones en los usos del agua. Esta dificultad es especialmente importante en economías terciarizadas, donde el sector servicios reúne gran parte del empleo y de los trabajadores, sin una clara vinculación o relación creciente con el uso del agua. En sentido contrario, la agricultura de regadío, que suele estar asociada con importantes consumos de agua, puede estar bien representada en sector primario, aunque quizá unida a otras actividades.

Paso 2: Recolección de información sectorial

Para la caracterización económica de los usos se busca reunir tres tipos de datos: 1) demanda y dotación, 2) cantidad de agua realmente utilizada, y 3) valor del beneficio obtenido con la utilización del agua, generalmente expresado en términos de VAB y empleo por cantidad de agua utilizada.

La demanda y dotación, ya ha sido trabajada en el plan hidrológico según se describe en el apartado **Descripción general de usos y demandas** de esta guía. La cantidad de agua realmente utilizada, agregada por unidad de demanda o territorio de análisis económico, puede ser compleja de obtener si se carece de registros con suficiente cobertura; a falta de mejor información puede recurrirse a los datos promedio de los balances realizados para la situación actual, según se explica en **balances entre recursos y demandas**. Finalmente, los datos de beneficio, expresados como valor de la producción, deberán obtenerse de fuentes externas específicas. A tal efecto, se sugiere:

Revisar fuentes oficiales, tales como:

- Institutos de estadística (INE), nacionales o regionales.
- Ministerios sectoriales (agricultura, turismo, industria),
- Registros administrativos (licencias, declaraciones de uso).

Donde no existan datos directos, aplicar metodologías indirectas, como:

- **Coeficientes técnicos** de consumo por unidad de actividad: m³/hectárea, m³/habitación, m³/tonelada producida.
- **Encuestas o entrevistas** a usuarios clave, cooperativas, asociaciones productivas o gremios.
- **Estudios previos regionales o académicos**, para inferir rangos de uso y valor económico.

Para cada uso identificado, se debe recopilar información en las siguientes dimensiones:

- **Valor Añadido Bruto (VAB) y Producción**
  - Estimar el VAB asociado al uso del agua en cada sector.
  - Determinar la producción física y económica vinculada al recurso hídrico (ej. toneladas agrícolas, MWh generados, ingresos turísticos).
  - Utilizar fuentes oficiales como censos económicos, estadísticas sectoriales y estudios técnicos.
- **Empleo y Población Dependiente**
  - Cuantificar el empleo directo e indirecto generado por cada uso.
  - Identificar la población beneficiada o dependiente de la actividad (zonas rurales, comunidades pesqueras, trabajadores del sector energético, etc.).
- **Estructura Social y Productiva**
  - Caracterizar la organización interna de cada sector: tamaño de unidades productivas, tipo de actores (familiares, empresariales, comunitarios), formas de tenencia de recursos y niveles tecnológicos.
  - Analizar la distribución socioeconómica de los beneficiarios y su relación con el acceso al agua.
- **Productividad y Eficiencia del Uso del Agua**
  - Calcular indicadores de productividad hídrica, tales como:
    - VAB/m³
    - Producción física/m³
    - m³/unidad de VAB
  - Comparar la eficiencia económica entre sectores para identificar oportunidades de mejora y asignación óptima del recurso.
- **Importancia Territorial del Uso**
  - Mapear la distribución espacial de los usos del agua en la cuenca.
  - Identificar zonas clave para cada actividad y su contribución al desarrollo local.
  - Analizar interdependencias entre sectores y territorios (ej. agricultura que impulsa agroindustria, represas que favorecen la localización industrial).

Este paso es de importancia crucial, pero su materialización puede verse muy limitada por el nivel de desagregación que ofrezca la información estadística económica. Los esfuerzos de recopilación deberán centrarse, lógicamente, en aquellos sectores o subsectores económicos con mayor dependencia o utilización del agua. Determinados subsectores, como el de la energía hidráulica o el regadío, diferenciados del global energético o de la agricultura en general, pueden resultar especialmente explicativos. En sentido contrario, los ámbitos urbanos suelen reunir la mayor parte de la economía, especialmente en sociedades terciarizadas. Aquí, las redes urbanas, además de atender el abastecimiento de la población, suministran agua al sector servicios, y a una multiplicidad de actividades comerciales e industriales, que puede no ser fácil de individualizar en las informaciones económicas recopiladas ni tampoco

en los consumos de agua específicos. Además, no puede ignorarse que determinadas industrias pueden concentrar la mayor parte del consumo de agua y que ciertas otras, aunque no conlleven grandes consumos, pueden estar ligadas a importantes valores de producción económica.

Paso 3: Sistematización comparativa por bloque de uso

Se debe realizar un análisis cruzado de la información económica, social y territorial para identificar sectores estratégicos, desigualdades en el acceso al agua y oportunidades de mejora en la eficiencia y sostenibilidad del uso.

Es necesario validar los resultados con actores relevantes del territorio, incluyendo autoridades locales, organizaciones comunitarias, expertos sectoriales y usuarios del agua. La retroalimentación debe incorporarse para mejorar la precisión y pertinencia del análisis.

Producto esperado de la tarea:

- **Tabla comparativa** de bloques de uso con indicadores clave: valor agregado, eficiencia, presión hídrica, detallando el valor de producción y de empleo por cantidad de agua utilizada en cada sector o subsector económico.
- **Mapas temáticos** que muestren la distribución territorial de los usos principales.
- **Diagnóstico sectorial** orientado a decisiones del plan hidrológico en términos de:
    - Asignación eficiente del recurso.
    - Estrategias de incentivo o reconversión.
    - Regulación diferenciada por actividad.

Obsérvese que estos datos socioeconómicos, especialmente las productividades por unidad de volumen de agua utilizada podrán después utilizarse para informar, junto con otros elementos, sobre la capacidad de pago por la prestación de los servicios del agua, de cada tipo de utilización. Esto puede ayudar a explicar que ciertos tipos de uso o sectores ofrezcan distintos grado de recuperación de los costes.

Tarea 2: Evaluación de la evolución futura de los factores determinantes de los usos del agua

Esta tarea tiene como objetivo identificar y analizar los factores que podrían modificar la demanda de agua en el futuro, estructurando una metodología para la construcción de escenarios prospectivos a distintos horizontes temporales futuros. Se propone una combinación de fuentes cuantitativas y cualitativas, adaptada a contextos con distintas disponibilidades de información. Esta tarea permite transitar desde un diagnóstico estático hacia una planificación anticipatoria, informada por escenarios que reflejen los posibles caminos de evolución del territorio y sus demandas hídricas.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación de factores determinantes clave

Revisar y priorizar variables que afectan directamente la demanda de agua, considerando tanto factores estructurales como coyunturales. Los más relevantes incluyen:

- **Demografía:** Crecimiento poblacional, urbanización acelerada o migraciones internas o externas que impactan la demanda doméstica y la presión urbana sobre fuentes hídricas.
- **Vivienda y ocupación del territorio:** Expansión de asentamientos formales e informales, cambios en el uso del suelo y desarrollo urbano no planificado.
- **Economía y sectores productivos:** Cambios en la estructura productiva local (p. ej., aumento del turismo, reconversión agrícola, crecimiento industrial).
- **Políticas públicas:** Tanto de ámbito nacional como supranacional. En el primer caso deberán tomarse en consideración planes y proyectos de desarrollo económico, vivienda, energía, agricultura o infraestructura con impactos sobre la demanda futura de agua. En el segundo, se deberán considerar los impactos que se deriven de iniciativas regionales o globales, como por

ejemplo la consecución de los ODS o determinados acuerdos sobre adaptación al cambio climático, que pueden facilitar determinadas líneas de financiación y, con ello, afectar al manejo del agua en el ámbito de planificación.

- **Cambio climático:** Escenarios de disponibilidad o de necesidades hídricas futuras (sequías, variabilidad estacional, calentamiento global), que pueden modificar la relación entre oferta y demanda.
- **Tecnología:** Avances en eficiencia hídrica, reúso de aguas, micromedición o cultivos resilientes que pueden reducir (o en algunos casos aumentar) la demanda.

Paso 2: Recolección y sistematización de información

Compilar y organizar la información disponible para cada uno de los factores identificados en el paso anterior, diferenciando por sector y ámbito territorial. Las fuentes pueden incluir:

- **Proyecciones demográficas:** Usar las **proyecciones demográficas** disponibles para la región o país, aplicándolas al ámbito de estudio. Si hay proyecciones oficiales por municipios, incorporarlas; si no, se pueden extrapolar tendencias históricas. Considerar cambios en distribución: por ejemplo, si se espera migración campo->ciudad dentro de la cuenca, o llegada de población por desarrollo de cierto polo económico. Esto afectará la demanda urbana de agua potable y la generación de aguas residuales, así como la disponibilidad de mano de obra agrícola, etc. Incluir también posibles **asentamientos informales** si son una realidad (p.ej. barrios periurbanos creciendo sin red formal de agua, lo que implica tomas ilegales, la necesidad de uso de camiones cisterna u otras soluciones).
- **Planes de desarrollo**: Revisar planes y proyecciones para sectores productivos:
  - **Agricultura:** ¿Existe un plan nacional o regional, según el carácter de la autoridad competente que corresponda, de expansión de área de riego o cambio de cultivos? Por ejemplo, un programa gubernamental para tecnificar riego que podría aumentar eficiencia pero también ampliar la superficie regada. Estimar cuántas hectáreas nuevas podrían regarse a futuro y con cuánta agua.
  - **Industria:** Identificar si se planifican nuevas industrias o parques industriales en la zona (ej. minería, plantas manufactureras) que requieran agua. O si por el contrario se anticipa una reconversión industrial hacia procesos más limpios y de menor consumo.
  - **Turismo:** Analizar si hay políticas para impulsar el turismo (por ejemplo, construcción de resorts, aumento de visitas a ciertas áreas naturales), lo que puede elevar la demanda de agua temporalmente en temporadas altas.
  - **Energía:** Si la cuenca tiene potencial hidroeléctrico, verificar proyectos de nuevas centrales o ampliación de las existentes; también considerar si se proyectan otras energías (solar, térmica) que podrían competir por agua (ej. plantas de energía solar con refrigeración por agua). Las soluciones para el almacenamiento hidráulico (centrales reversibles) están en claro crecimiento, puesto que facilitan la integración en el sistema de generación de otras tecnologías renovables (eólica, fotovoltaica).
  - **Ordenamiento territorial:** Incluir lineamientos de planes de ordenamiento: zonas protegidas nuevas (que podrían restringir usos), expansión urbana planificada, etc.
- **Políticas ambientales y climáticas:** Incorporar cualquier compromiso o tendencia hacia el uso sostenible:
  - Por ejemplo, si el país ha adoptado metas de **eficiencia hídrica** o economía circular, es posible que se impulsen medidas de reúso de agua residual en industria y riego, o programas masivos de reducción de pérdidas en acueductos. Esto podría moderar las demandas futuras en ciertos escenarios.
  - **Legislación nueva:** tarifas de agua más altas, impuestos verdes, estándares de vertido más estrictos (que obligarían a más tratamiento y quizá desalientan industrias contaminantes).
  - **Proyectos de cooperación internacional:** a veces traen fondos condicionados a ciertos cambios (p.ej., un préstamo para modernizar riego con la condición de implementar tarifas volumétricas).
- **Cambio climático:** Resumir los hallazgos de estudios climáticos regionales pertinentes:
  - Proyecciones de precipitación y temperatura para la cuenca en los horizontes definidos. Por ejemplo, “se estima una disminución de 10% en precipitación a 2040 en determinados meses o territorios” o “aumento de 2°C en temperatura media hacia 2050”.

- Traducir eso a **disponibilidad hídrica**: menos lluvia implica menor escorrentía superficial y recarga de acuíferos, por tanto menos agua disponible **a menos que** se tomen medidas compensatorias (embalses, nuevos, trasvases, etc.). Más temperatura puede significar **mayor demanda de riego** por evapotranspiración y mayor consumo urbano en meses cálidos.
- **Eventos extremos:** enfatizar si se espera mayor frecuencia de sequías prolongadas o inundaciones. Las sequías afectarían a todos los usos (priorizando agua para consumo humano sobre otros usos, con posibles restricciones al riego en años secos). Las inundaciones pueden dañar infraestructura y provocar contaminación difusa (escorrentía con sedimentos, químicos).
- Este análisis debe conectarse con sectores: por ejemplo, en un escenario climático adverso, la agricultura puede ver reducida su productividad por falta de agua, o la producción hidroeléctrica puede caer, llevando a buscar energía en otras fuentes.

Paso 3: Construcción de escenarios

A partir del análisis de los factores anteriores, se deben construir escenarios de demanda hídrica futura. Estos escenarios, aunque extremos, no deben salir de lo racionalmente esperable, ofreciendo unas horquillas que delimiten el espacio de las posibles evoluciones futuras. A tal efecto, se pueden considerar:

- **Escenario tendencial:** Supone que continúan las tendencias históricas recientes. Usar las proyecciones "medias" de población y crecimiento económico sin cambios drásticos de política. También asumir que la tecnología y eficiencia mejoran solo marginalmente conforme a lo observado. Este escenario dará una línea base de cuánta agua se demandará si no hay intervenciones especiales. Por ejemplo: "la población crece 2% anual, la superficie de riego aumenta 1% anual según tendencia pasada, la eficiencia en redes urbanas mejora del 60% al 65%, etc.".
- **Escenario de alta demanda:** Considera supuestos más extremos de incremento de uso de agua: población creciendo más rápido (p. ej. por migración), planes agrícolas alcanzando su máxima expansión, instalación de nuevas industrias grandes o monocultivos de alto requerimiento hídrico, y quizá poca mejora tecnológica (ineficiencia persistente). Este escenario es útil para evaluar un caso estresante, el "peor caso" en términos de presión hídrica, y ver sus posibilidades de materialización, en particular, conocer si conduciría a déficits severos.
- **Escenario de eficiencia y conservación:** Aquí se incorporan medidas deliberadas de ahorro y eficiencia, razonablemente implementables. Por ejemplo: programas exitosos de modernización de riego que reducen 20% el consumo por hectárea, reducción de pérdidas en acueductos urbanos a niveles internacionales (<20%), reutilización de aguas residuales en industrias en vez de extraer agua fresca, crecimiento más lento de usos por políticas de conservación. Este escenario mostrará un futuro más amigable con el recurso, quizás con demandas totales moderadas pese al crecimiento económico, evidenciando el beneficio de dichas políticas**.**
- **Escenario de impacto climático:** Se puede combinar con los anteriores o tratar aparte. Básicamente sería aplicar las reducciones de disponibilidad hídrica proyectadas y ver cómo se ajusta la demanda en consecuencia (por ejemplo, bajo sequías recurrentes, los agricultores podrían disminuir área cultivada por falta de agua, o se prioriza abastecimiento urbano recortando otros usos). Este escenario ayuda a incluir la incertidumbre climática en la planificación, evaluando resiliencia.

Paso 4: Evaluación territorial diferenciada

Aplicar los escenarios a escalas relevantes de planificación, como cuenca, subcuenca, distrito de riego o municipio, considerando los siguientes aspectos:

- **Tipo de asentamiento:** Distinguir entre zonas urbanas consolidadas, rurales dispersas o áreas periurbanas en expansión.
- **Condiciones sociales y económicas:** Incorporar factores como informalidad, pobreza, dependencia de usos tradicionales del agua.
- **Vulnerabilidad climática:** Identificar territorios más expuestos a escasez hídrica, pérdida de servicios ecosistémicos o deterioro de fuentes.

Recomendación:

- **Proyecciones poblacionales: Institutos de estadística nacionales o regionales**
  Las proyecciones de población permiten estimar el crecimiento futuro de la demanda doméstica de agua, especialmente en zonas urbanas y periurbanas. Estas fuentes suelen desagregarse por municipio, edad, sexo y área geográfica, y son clave para definir escenarios base y de presión. Se recomienda consultar entidades como el INE, DANE, INEI, IBGE, entre otros.
- **Planes de desarrollo: Urbanos, rurales y sectoriales (ministerios o gobiernos subnacionales)**
  Los planes estratégicos a nivel nacional o local reflejan metas de expansión urbana, políticas agrícolas, turismo o industria que pueden modificar la demanda futura de agua. Además, integran inversiones proyectadas en infraestructura o servicios que afectan tanto la oferta como el acceso. Deben revisarse los planes de ordenamiento territorial, desarrollo económico local, o planes hídricos sectoriales.
- **Modelos de escenarios participativos: FAO, CEPAL, PNUD y experiencias previas nacionales**
  Estos modelos permiten construir escenarios de futuro incorporando la visión de actores locales, lo que mejora la validez y legitimidad de los análisis. Incluyen metodologías como análisis de tendencias, matrices de impacto e incertidumbre, y talleres de validación. Son útiles en contextos con baja disponibilidad de datos cuantitativos o alta complejidad social.
- **Estudios climáticos regionales: MAPIRE, IDEAM (Colombia), SENAMHI (Perú), entre otros**
  Los estudios y plataformas climáticas regionales ofrecen proyecciones sobre disponibilidad hídrica, eventos extremos, evapotranspiración y vulnerabilidad por cuenca. Estos insumos son esenciales para construir escenarios realistas en función del cambio climático, especialmente en sectores sensibles como riego o abastecimiento rural.

Producto esperado de la tarea:

- **Matriz de factores determinantes** por territorio y por tipo de uso.
- **Escenarios narrativos** con supuestos clave, hipótesis y datos base.
- **Tabla de impactos potenciales** sobre la demanda de agua, diferenciada por servicio y sector.
- **Orientaciones para planificación adaptativa** del recurso hídrico en función de los escenarios construidos.

Tarea 3: Previsión de evolución de las demandas

Aunque este tema se desarrolla más ampliamente en el análisis de usos y demandas, por coherencia metodológica se apunta un breve resumen del procedimiento a seguir.

Descripción Metodológica:

Para cada escenario, tomar cada sector y estimar su consumo futuro:

- **Uso urbano: Demanda futura = población futura * dotación bruta per cápita esperada .** Ajustar la dotación según el escenario (en uno tendencial podría mantenerse o subir ligeramente si mejora el nivel de vida; en uno eficiente podría bajar por la introducción de dispositivos ahorradores o la aplicación de instrumentos económicos). No olvidar incluir la **mejora en coberturas**, que deberá alcanzar a toda la población con suficiente garantía: si hoy hay población sin acceso que se piensa conectar en el futuro, eso aumentará demanda, aunque baje la dotación promedio.

- **Uso agrícola: Demanda futura = superficie regada futura * requerimiento hídrico unitario * eficiencia**. Conseguir o estimar la superficie que estará bajo riego en el horizonte (apoyado en planes agrícolas) y el consumo por hectárea. Incorporar cambios de cultivos si se saben (p. ej., si van a migrar a frutales de exportación que consumen más agua que los cultivos tradicionales, o viceversa). En este ámbito, las eficiencias pueden representar un factor importante que debe ser considerado. Así, en escenario eficiente, se reduce el requerimiento unitario bruto por mejoras (riego tecnificado, menor evaporación).
- **Industria:** Si es factible, proyectar industria sector por sector. A falta de detalle, a veces se usa la elasticidad con PIB: cuánta agua industrial extra se usa por cada 1% de crecimiento industrial. Usar datos históricos locales o de literatura. Aplicar restricciones en escenario eficiente (reúso, tecnologías).
- **Energía hidroeléctrica:** Aquí la "demanda" de agua no consuntiva depende de la disponibilidad de caudal para turbinar. Más que proyectar demanda, se puede proyectar producción hidroeléctrica dada la hidrología futura. Si se prevén nuevas centrales, añadir su caudal de turbina necesario.
- **Turismo y ocio:** Proyectar en base a visitas esperadas o camas hoteleras proyectadas * consumo por turista. Este dato a veces se correlaciona con crecimiento económico o tendencias de turismo nacional/internacional.

Balance oferta-demanda: Al final, para cada escenario, **comparar la demanda total proyectada con la disponibilidad de recursos** en ese horizonte, lo que requerirá el estudio de los balances tal y como se describen en el apartado **balances entre recursos y demandas**. Esto conlleva cálculos que permiten estimar también la oferta futura (considerando si se construirán nuevas fuentes: embalses, plantas desalinizadoras, trasvases, etc., o si por cambio climático la oferta natural bajará). Identificar subcuencas o acuíferos que quedarían en **déficit** (demanda > disponibilidad) en escenarios exigentes. También calcular la evolución de caudales residuales y contaminación: por ejemplo, más población implica la producción de más aguas residuales; si no se amplía el tratamiento, los vertidos crecerán – proyectar carga contaminante futura, lo que puede indicarse en % de aumento.

Producto esperado de la tarea:

Presentar los resultados de manera comparativa. Por ejemplo, en escenario tendencial la demanda total sube un 30% a 2040; en el eficiente solo 10%; en el de alta demanda 50%. Sectorialmente, quizás el agrícola seguirá siendo el mayor consumidor pero su participación baja si la ciudad crece mucho, etc. Esta información deberá aparecer desagregada para cada unidad de demanda que se considere en los balances, es decir, que intervenga en el cálculo. En estas unidades que será preciso disponer de datos de demanda para cada horizonte temporal y para cada escenario considerado de forma que puedan integrarse en los procedimientos de cálculo de los balances. Hay que ser conscientes de la magnitud del trabajo que todo ello arrastra, puesto que cada colección de datos por escenario y horizonte temporal deberá ser analizado con las herramientas de balance. Por ejemplo, si se trabaja con tres horizontes (actual, futuro próximo y futuro alejado) y tres escenarios (tendencial, ambicioso o previsible y de cambio climático), resultarán, al menos, seis cálculos numéricos del balance, uno para la situación actual, dos para el futuro próximo y otros tres para el alejado, considerando en este caso el cambio climático.
La siguiente tabla muestra, a modo de ejemplo, una posible forma de presentar un resumen de los resultados esperados:

Resumen de previsible evolución de las demandas (valores en hm³/año).

Unidad de demanda		Actual	Primer horizonte		Segundo horizonte		
Código	Nombre		Tendencial	Previsible	Tendencial	Previsible	C. Climático
UDU-01	Abastecimiento capital	3,425	3,729	3,025	4,112	3,278	3,278
UDU-02	Abast. zona x	1,681	1,710	1,681	1,850	1,700	1,700
…							
UDA-01	Regadíos xxxx	21,391	21,391	18,594	21,391	18,594	16,114
…							

UDI-01	Industria xxx	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
UDI-02	Industria yyy	0,000	0,000	11,852	0,000	15,637	11,852
…							
Total abastecimiento							
Total uso agropecuario							
Total uso industrial							
SUMA:							

Es fundamental incluir las cifras calculadas con los datos reales de la cuenca. También se pueden ilustrar con gráficos (barras comparando consumo actual vs consumo futuro por sector en cada escenario).

A lo largo de todo este trabajo hay que tener en cuenta el uso que se dará a los resultados obtenidos y, en consecuencia, los requisitos particulares que aplican sobre estos resultados intermedios, en especial para su incorporación en las herramientas numéricas de balance.

Tarea 4: Evolución de las presiones asociadas a los usos del agua

El objetivo de esta tarea es derivar, a partir de las **demandas proyectadas** y los **escenarios** definidos en las **presiones futuras** sobre los cuerpos de agua (superficial y subterránea), localizarlas espacialmente, valorar su severidad (riesgo) y **estimar el impacto/coste** asociado, para alimentar el **Programa de actuaciones.**

Descripción Metodológica:

Paso 1. Identificación de tipos de presión relevantes por sector

- Uso urbano: extracción, carga contaminante generada, caudal vertido, grado de tratamiento.
- Uso agrícola: extracción, retornos de riego (salinidad, nutrientes), sobreexplotación de acuíferos.
- Uso industrial: extracción, vertidos con sustancias prioritarias, uso térmico del agua.
- Turismo: presión estacional concentrada, presión sobre fuentes frágiles.
- Otros usos: minería, piscicultura, alteraciones morfológicas.

Factores de Intensificación ligado a escenarios
Se deben analizar los factores que podrían intensificar las presiones en el futuro:

1. **Extracciones aumentadas:** ¿Cuánto más agua se tomará de ríos, lagos o acuíferos en cada escenario? Identificar dónde esto podría ser problemático. Por ejemplo: en el acuífero XYZ, la extracción actual es 80% de la recarga; en el escenario tendencial llegaría a 120%, señal de sobreexplotación severa. O un río que ya en estiaje casi se seca, con más demandas agrícolas podría no alcanzar a mantener el caudal ecológico en el futuro.
2. **Vertidos y calidad:** Con más población e industria, si no se mejora el saneamiento, **los vertidos contaminantes aumentarán**. Calcular el volumen de aguas residuales futuras y cuánta carga contaminante (DQO, nutrientes) implicaría, y contrastarlo con la capacidad de depuración planificada. Identificar tramos de río o lagos que podrían **degradar su calidad** si estos vertidos exceden la capacidad de dilución o tratamiento.
3. **Alteraciones hidromorfológicas:** Si los planes futuros incluyen nuevas infraestructuras (presas, canalizaciones), señalar sus posibles efectos: fragmentación de ríos, reducción de caudal en tramos desviados, etc. Aunque esto es más cualitativo, es parte de las presiones.

Paso 2. Establecimiento de relaciones presión-uso

El objetivo de este paso es convertir la **demanda proyectada** en **presiones** mediante pocos **coeficientes clave** por sector, con **ajustes por escenario.**

Para cada sector, se establecen coeficientes que permitan traducir la demanda proyectada en presiones estimadas. A continuación se muestra un ejemplo para la demanda urbana:

Coeficientes (fijos por escenario):

Urbano:

- BOD = 60 g BOD/(p.e·día)
- RBOD = remoción global en PTAR (0–1)
- NRW = pérdidas (%)

Entradas (datos de la cuenca):

- p.e. (población equivalente conectada a PTAR)
- Vol_agua_producida (m³/año) **o** Dotación × Población_conectada × 365

Fórmulas mínimas

Urbano

1. **Carga orgánica** (t/año):

$$\text{Carga}_{\text{BOD}} = \frac{\text{p.e.} \times 60 \times (1 - \text{RBOD}) \times 365}{10^6}$$

2. **Caudal vertido** (m³/año):

$$Q_{\text{vert,urb}} = \text{Vol_agua_producida} \times (1 - \text{NRW})$$

Si no hay Vol_agua_producida, usar Dotación×Población_conectada×365 en su lugar

Paso 3. Proyección de presiones sobre los horizontes definidos

- Se aplican los coeficientes anteriores a los volúmenes de demanda proyectados en cada escenario y horizonte.
  - **E2 (Eficiencia):** usar **RBOD** más alta y **NRW** más baja
  - **E1 (Alta demanda):** mismos coeficientes, mayores **volúmenes** por crecimiento.
  - **E3 (Climático):** mantener coeficientes; El clima no "crea" más BOD por persona/ lo que hace es **bajar caudales y recargas**, así que la **misma carga** se **diluye menos** → sube la **concentración** y el **riesgo**.
- Las proyecciones deben desagregarse por unidad territorial (subcuenca, acuífero, etc.) si la información lo permite.

Finalmente, de la misma forma que ocurre con la necesidad de documentar las demandas futuras para su integración en los cálculos de los balances, análogamente deberá procederse con las presiones, cuyas previsiones futuras habrán de quedar establecidas y documentadas con el detalle que requiera el proceso siguiente en el que se utilice esta información. Es decir, conviene alcanzar el detalle mínimo exigido por las herramientas numéricas que se vayan a utilizar para evaluar el efecto de estas presiones. No sirve, por tanto, una previsión simplemente cualitativa, sino que siempre convendrá traducirla a valores numéricos.

Paso 4. Análisis espacial de vulnerabilidad

La estimación del hipotético estado futuro de las masas de agua, evaluado a partir del inventario de presiones construido para los horizontes y escenarios futuros, puede realizarse siguiendo el mismo procedimiento que el descrito para la tarea de diagnóstico **Evaluación del estado de calidad de las aguas**. Básicamente la labor consistirá en ajustar el modelo de estimación con los datos actuales sobre presiones y estado, para aplicarlo a unas situaciones hipotéticas definidas por las nuevas previsiones respecto a las presiones. Con todo ello:

- Se identifican cuerpos de agua susceptibles de sufrir deterioro por incremento de presión.
- Puede apoyarse en mapas de calidad de los cuerpos de agua, zonas protegidas, límites de extracción sostenible, etc.

Paso 5. Evaluación de impacto económico asociado

Los resultados que se obtengan con el paso anterior conducirán a la inclusión de determinadas medidas cuya materialización sea precisa para alcanzar los objetivos de la planificación. El coste de estas medidas pendientes de ejecución viene a representar el coste ambiental no internalizado.

- Donde sea posible, se estima el coste ambiental de las presiones proyectadas (por ejemplo, coste de potabilización adicional, pérdida de servicios ecosistémicos, etc.).
- Básicamente, este apartado traduce la **brecha entre demanda futura y oferta** en consecuencias palpables, sirviendo como justificación para las recomendaciones finales del plan.

Recomendación:

- **Usar las mismas unidades espaciales y temporales** que el resto del análisis económico para asegurar consistencia.
- **Diferenciar claramente presión potencial (proyectada sin intervención)** y presión residual (tras aplicación de medidas).
- **Vincular los resultados con el programa de medidas**, señalando los sectores y zonas donde es más urgente actuar.

[3.7.2] Recuperación de costes de los servicios del agua

Descripción: La evaluación del nivel de recuperación de los costes de los servicios del agua es el proceso mediante el cual se evalúa y asegura que los ingresos generados por la prestación de dichos servicios a través de tarifas, tasas, cánones, subvenciones u otros mecanismos, sean suficientes para cubrir los costes totales asociados a su provisión. Estos costes incluyen no solo los financieros y operativos, sino también los de inversión, mantenimiento, gestión, así como los costes ambientales y, si son de aplicación, los costes del recurso. Esta evaluación debe adaptarse a una diversidad de modelos de prestación, que van desde operadores públicos y privados hasta sistemas comunitarios y esquemas de autogestión sin tarifas explícitas.

Es evidente que disfrutar de bienes y servicios supone incurrir en unos determinados costes, que alguien pagará. En cada Estado o región, según su enfoque social y político, ese coste puede estar más o menos socializado o bien debe ser soportado por quienes se benefician de los citados bienes y servicios. Entre ambos extremos, la socialización completa de los costes y el pago directo y total por el beneficiario, hay multitud de situaciones intermedias, donde se suelen mover casi todos los países, condicionadas por la capacidad de pago de los beneficiarios, la estructura administrativa, condiciones coyunturales, tradiciones y culturas, etc. El análisis de recuperación de costes que se incorpora en el plan hidrológico persigue, en primer lugar, clarificar esta situación, darle transparencia y evaluar la medida en que el sistema tributario reinante permite alcanzar adecuadamente los objetivos de la planificación. Dado el caso, será la base para plantear medidas que corrijan la situación.

Objetivo: Garantizar la sostenibilidad financiera, técnica y ambiental de los servicios del agua mediante un equilibrio adecuado entre recuperación de costes, equidad social y eficiencia en el uso del recurso. Este equilibrio implica no trasladar de forma rígida la totalidad de los costes al usuario, sino comprender cómo se financia cada sistema y diseñar combinaciones de mecanismos que permitan mantener y mejorar los servicios en el tiempo, sin comprometer el acceso universal al agua y al saneamiento.

Utilidad:

- **Diagnóstico financiero**: Permite identificar brechas entre ingresos y costes, así como los factores que las generan (tarifas insuficientes, baja eficiencia de cobro, dependencia de subsidios, etc.).
- **Planificación estratégica**: Facilita la optimización de estructuras tarifarias y la diversificación de fuentes de financiamiento.
- **Gobernanza y transparencia**: Proporciona información clara a decisores, reguladores y usuarios sobre la sostenibilidad y eficiencia del sistema, favoreciendo la rendición de cuentas.
- **Protección ambiental**: Promueve la internalización de los costes ambientales y del recurso, generando incentivos para el uso eficiente y la prevención de la contaminación.

Importante:
La recuperación de costes de los servicios del agua debe entenderse como un instrumento técnico de diagnóstico, **no como una exigencia normativa rígida**. Su finalidad es evaluar la sostenibilidad financiera y la equidad de los sistemas de prestación, reconociendo la diversidad de modelos existentes: tarifas reguladas, esquemas subsidiados y sistemas autogestionados sin tarifas.
El objetivo no es imponer la recuperación total, sino garantizar servicios viables en el tiempo, adaptados a la realidad socioeconómica y cultural del territorio, y que respeten el derecho humano al agua y al saneamiento. Para ello, el análisis debería:

- Identificar quién asume realmente los costes (usuarios, Estado, cooperación internacional, comunidades).
- Considerar todas las fuentes de ingreso y financiamiento, incluyendo aportes públicos, comunitarios y mecanismos innovadores.
- Asegurar transparencia sobre los costes e ingresos asociados a cada servicio.
- Diseñar incentivos económicos para prevenir la contaminación y promover un uso eficiente del agua.

Este enfoque promueve equilibrio entre sostenibilidad técnica y justicia social, reforzando la corresponsabilidad en la gestión del recurso hídrico.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

El Plan Hidrológico debería contemplar el siguiente contenido, en cuanto al análisis de recuperación de costes de los servicios del agua:

- Catálogo de los servicios del agua
- Identificación de los prestatarios de los servicios y mapa institucional de los servicios relacionados con la gestión de las aguas
- Costes e ingresos de los servicios del agua
- Análisis del grado de recuperación de los costes

Catálogo de los servicios del agua

Desarrollo del contenido en Tarea 1: Identificación de los servicios del agua y prestadores

En el marco de los planes hidrológicos, es fundamental definir con precisión qué se entiende por **servicio del agua,** ya que esta definición condiciona el análisis de costes, ingresos y mecanismos de recuperación. En este contexto, se consideran servicios del agua aquellas actividades de captación, almacenamiento, provisión, distribución, tratamiento o gestión que permiten poner el recurso a disposición de los usuarios. Es evidente que la prestación de dichos servicios conlleva determinados costes, con independencia del valor del recurso o del impacto ambiental que los servicios ocasionen, aspectos estos últimos que pueden quedar incorporados en el análisis de recuperación.

A continuación, se presenta un catálogo, que recoge las principales tipologías de servicios relevantes para el análisis de recuperación de costes en planes hidrológicos. Se distinguen en primer lugar los servicios de aducción de aguas superficiales (1) o subterráneas (2) no prestados en régimen de autoservicio. En un segundo bloque se alude a la distribución del agua, ya sea para fines agropecuarios (3), o urbanos e industriales (4). También se diferencia el régimen de autoservicios (5), caso este en que el titular del aprovechamiento, sin financiación desde el sector público, soporta directamente los costes de inversión, operación y mantenimiento. Según las circunstancias de cada territorio pueden darse otros tipos de servicios, como los de regeneración de aguas residuales (6), desalinización de aguas marinas, laminación de avenidas u otros no incluidos en esta relación.

1. **Captación y suministro primario de agua superficial**

Incluye la extracción, almacenamiento, regulación y transporte de agua superficial (ríos, lagos, embalses) destinada al uso por parte de terceros. Se realiza mediante infraestructuras como presas, embalses, canales o estaciones de bombeo, y puede atender a varios fines, entre los que destacan:

- Abastecimiento urbano.
- Riego agrícola y atención de la cabaña ganadera.
- Abastecimiento industrial.
- Producción hidroeléctrica no consuntiva.

2. Captación y suministro de agua subterránea (no autoservicio)

Se refiere a la extracción y entrega de agua subterránea realizada por operadores públicos, privados o comunitarios para su distribución a terceros. Incluye la operación de pozos, sistemas de bombeo y conducción hasta el punto de entrega al usuario o a otro prestador de servicios. Igualmente al caso anterior, el destino de las aguas es la atención de diversos tipos de uso: abastecimiento urbano, usos agropecuarios e industriales u otros.

3. Distribución de agua para riego agrícola y usos productivos rurales

Engloba la conducción del agua desde el punto de entrega primario hasta las parcelas o zonas de riego, incluyendo:

- Conducción y distribución en redes secundarias y terciarias.
- Manejo del drenaje y disposición de excedentes o aguas de retorno. Es habitual que este servicio sea gestionado por juntas de riego, cooperativas o distritos de riego.

4. Servicios urbanos de agua potable y saneamiento

Comprende el ciclo urbano del agua, desde los servicios de captación (1 y 2) y tratamiento para potabilización hasta la distribución domiciliaria y la recolección y tratamiento de aguas residuales:

- **Abastecimiento de agua potable**: captación, potabilización, almacenamiento y distribución a la población.
- **Saneamiento y depuración**: recolección de aguas residuales (alcantarillado o sistemas equivalentes), transporte y tratamiento antes de su disposición final o reutilización. Este servicio atiende tanto a usuarios domésticos como a actividades comerciales e industriales conectadas a la red pública.

5. Autoservicios de agua

Incluye las extracciones de agua superficial o subterránea realizadas por un usuario, empresa o particular, sin contar con apoyos financieros públicos. Es decir, en este caso, los costes son asumidos por el usuario, no hay prestación de terceros. Ejemplos:

- Pozo particular para riego agrícola o uso industrial.
- Captación directa para plantas de energía hidroeléctrica o centrales térmicas.
- Uso directo de fuentes naturales por parte de comunidades rurales.

En el ámbito de los autoservicios, tanto los costes de capital como los de operación y mantenimiento son asumidos por el titular del aprovechamiento. En consecuencia, a efectos de la estimación del grado de recuperación, deberá considerarse que existe un ingreso equivalente al coste soportado, quedando únicamente pendiente de pago, en su caso, los costes ambientales o los costes del recurso no internalizados.

6. Reutilización y aprovechamiento de aguas residuales tratadas

Incluye la regeneración de aguas residuales mediante tratamiento adicional para su reutilización en:

- Riego agrícola o paisajístico.
- Usos industriales.
- Recarga de acuíferos.
- Usos recreativos

Importante:
A efectos del análisis de recuperación de costes, la *gestión ambiental del recurso hídrico* (monitoreo, control de vertidos, restauración de cauces, protección de zonas de recarga, etc.) **no suelen considerarse como un "servicio del agua"** con prestación directa a terceros. Por ello, sus gastos no suelen tarificarse como un servicio autónomo y, por tanto, **no forman parte del catálogo de servicios**.

Identificación de los prestatarios de los servicios y mapa institucional de los servicios relacionados con la gestión de las aguas

Desarrollo del contenido en Tarea 1: Identificación de los servicios del agua y prestadores

La prestación de los servicios vinculados a la gestión del agua es altamente diversa y refleja tanto la heterogeneidad territorial del ámbito de estudio como la multiplicidad de actores y modelos de gobernanza. La identificación de los prestadores de los servicios no solo permite conocer quiénes administran y operan los servicios, sino que constituye un insumo esencial para analizar sus estructuras de costes, fuentes de ingresos y capacidad para garantizar la sostenibilidad financiera de los servicios.

El plan hidrológico debe incluir un **mapa institucional de los servicios del agua**, que muestre de forma clara los agentes involucrados, sus funciones y las interrelaciones entre ellos. Este mapa es fundamental para:

- Comprender la distribución de responsabilidades y competencias.
- Detectar fragmentaciones o vacíos de gestión.
- Evaluar la coherencia del marco tarifario y regulatorio.

1. **Clasificación de prestadores según el tipo de servicio**

La clasificación debe vincular cada servicio del agua, de los previamente catalogados en 3.1, con el tipo de gestión predominante:

- **Gestión pública directa**: administrada por entidades municipales, estatales o nacionales.
- **Entes descentralizados**: empresas públicas con autonomía técnica y financiera.
- **Gestión privada o mixta**: operadores privados o particulares, concesiones o empresas con participación público-privada.
- **Organizaciones comunitarias y cooperativas**: frecuentes en zonas rurales y periurbanas, donde la autogestión del servicio responde a vacíos en la cobertura pública.

2. **Diferenciación territorial de modelos de gestión**
   - **Áreas urbanas**: suelen contar con empresas públicas municipales o nacionales, operadores privados regulados o empresas mixtas, en un marco tarifario más formalizado.
   - **Áreas rurales y periurbanas**: predominan sistemas comunitarios, cooperativas, juntas de agua potable y saneamiento o asociaciones de usuarios de riego, también es el ámbito donde suelen desarrollarse los autoservicios. Estos esquemas suelen basarse en tarifas simbólicas o contribuciones en trabajo y materiales, lo que condiciona la recuperación plena de costes.
3. **Regulación y marco tarifario** El análisis debe contemplar la catalogación y descripción de los precios o tributos que se aplican y su sistema o agente de recaudación, la existencia de entes reguladores nacionales o subnacionales y su capacidad para supervisar el cumplimiento de los principios de recuperación de costes, equidad, asequibilidad y sostenibilidad financiera. También debe abordar los mecanismos de supervisión técnica, fiscal y social, incluyendo auditorías, control de calidad y mecanismos de participación ciudadana. En este contexto, es esencial la construcción de un mapa que clara e inequívocamente relacione los tres elementos: 1) servicios prestados, 2) agente prestatario y 3) instrumento tributario aplicado.

Costes e ingresos en los servicios del agua

La correcta identificación y clasificación de los costes e ingresos asociados a cada servicio del agua es esencial para evaluar el grado de recuperación y diseñar estrategias de sostenibilidad financiera. Dada

la diversidad institucional y territorial, esta clasificación debe adaptarse a las particularidades de cada país y, cuando sea posible, armonizarse para facilitar comparaciones regionales.

Costes de los servicios del agua

Desarrollo del contenido en Tarea 2: Estimación detallada de los costes de los servicios del agua

Los costes que deben analizarse se clasifican según su naturaleza, pero siempre vinculados al servicio y prestador que los genera. Estos costes deben reflejar el ciclo completo del servicio, desde la captación o producción del agua hasta la disposición final de los efluentes, e incluir todos los elementos necesarios para su operación, mantenimiento y mejora. En el marco de la planificación hidrológica, se recomienda considerar:

- **Costes de operación y mantenimiento (O&M, u OPEX)**: gastos recurrentes en energía, personal, insumos, mantenimiento preventivo y correctivo.
- **Coste anual equivalente (CAE):** representa el valor anual uniforme de todos los costes de capital (CAPEX) a lo largo de la vida útil del activo. Se calcula distribuyendo la inversión total en un flujo anual constante, considerando la tasa de interés y la vida útil del activo
- **Costes de reposición**: sustitución de equipos, renovación de infraestructuras o componentes que han cumplido su vida útil.
- **Costes de inversión (CAPEX)**: Es el coste de las infraestructuras físicas que permiten la prestación de los servicios, así como las previsiones de inversión en obras nuevas, ampliaciones de capacidad o incorporación de nuevas tecnologías. Incluye diseño, construcción, equipamiento y puesta en marcha.
- **Costes financieros**: intereses, amortizaciones de préstamos y comisiones asociadas a financiamiento externo o interno.
- **Costes ambientales y del recurso**: son aquellos asociados al impacto en los ecosistemas y a la utilización del recurso hídrico. La DMA europea enfatiza incluir estos costes para reflejar la **sostenibilidad ambiental**. En la práctica, cuantificarlos puede implicar estimar el coste de mitigar la contaminación, la degradación de fuentes o la sobreexplotación. En ausencia de estudios detallados, pueden usarse **proxy** como los cánones o tasas ambientales existentes, siempre y cuando permitan responder por completo al problema que afrontan.
- **Costes administrativos y regulatorios**: gestión institucional, planificación, supervisión, control de calidad, licencias y permisos.
- **Costes contables y subsidios implícitos** Costes que no aparecen en la contabilidad del prestador pero que representan un gasto asumido por terceros. Incluye subsidios operativos, transferencias gubernamentales para cubrir déficits, donaciones de equipos o infraestructuras y tarifas preferenciales no reflejadas en ingresos reales.
    - *Ejemplo*: pozos perforados por un programa estatal y entregados gratuitamente a comunidades rurales en Honduras.

Ingresos por los servicios del agua

Desarrollo del contenido en Tarea 3: Cálculo de los ingresos y fuentes de financiamiento de los servicios

Los ingresos deben describirse y cuantificarse en función de cómo el prestador recauda desde los usuarios finales diversos tributos o precios vinculados al servicio prestado. Este aspecto no debe confundirse con la diversidad de fuentes financieras que contribuyen a sostener la operación del servicio, tanto directas como indirectas. Por ello, pensando en que lo que se busca es obtener una clara imagen del grado de recuperación de costes, es importante diferenciar ambos tipos de ingresos o disponibilidades económicas. En conjunto, cabe considerar:

- **Ingresos tarifarios**: vinculados directamente a la prestación de un servicio, pagos realizados por los usuarios a través de facturación por consumo, cuotas fijas o tarifas.
- **Ingresos no tarifarios**: conceptos complementarios no ligados al volumen de servicio, como derechos de conexión, sanciones o venta de subproducto
- **Subvenciones y transferencias**: fondos públicos que no son un pago directo de usuario ni un instrumento económico propiamente dicho.
- **Ingresos por instrumentos económicos:** figuras establecidas por ley o normativa para gestionar el uso del recurso y/o sus impactos ambientales, y que pueden o no estar vinculadas a un servicio. Aquí entran:

  - **Cánones por uso del agua** (Instrumento económico **coercitivo,** captación de superficie o subterránea).
  - **Tasas por vertidos** (Instrumento económico **coercitivo** .en función de carga contaminante).
  - **Pagos por servicios ambientales (PSA)**: transferencia voluntaria o contractual de recursos monetarios o en especie de los beneficiarios de un servicio ecosistémico hacia quienes lo proveen o conservan. Se trata de un Instrumento económico incentivador que busca promover la conservación o mejora de ecosistemas que prestan servicios ambientales.
  - **Tasas ambientales generales** Instrumento económico **coercitivo** que busca **internalizar costes ambientales** y/o financiar servicios públicos relacionados con el agua
- **Inversiones de capital financiadas externamente**: Si en el año se ejecutaron inversiones pagadas por el Estado, cooperación internacional o bancos de desarrollo, conviene anotar esos montos. Aunque no son "ingreso" operativo, representan financiamiento de costes de capital. Por ejemplo, la CEPAL señala que en numerosos países el **Estado financia la mayor parte de las inversiones en infraestructura de agua y saneamiento**, mientras las tarifas cubren sobre todo los costes de operación y mantenimiento. Esto implica que la recuperación de costes totales depende de fuentes públicas para la expansión del servicio, algo que habrá que analizar en pasos posteriores. En contextos con baja disponibilidad de datos, se pueden emplear estimaciones basadas en promedios regionales, escalando los valores según población servida o volumen gestionado.

El caso de subsidios cruzados entre servicios o usuarios (muy comunes), se debe clarificar. Un **subsidio cruzado** ocurre, por ejemplo, si las tarifas industriales son más altas para compensar tarifas residenciales bajas, o si utilidades de un sector financian a otro. En América Latina el subsidio cruzado más generalizado es de **usuarios no residenciales hacia residenciales** (industrias pagando más que hogares). Aunque a nivel de prestador esto simplemente aparece como ingreso total, el plan hidrológico podría comentarlo para entender la estructura tarifaria y equidad.

Análisis del grado de recuperación de costes

El análisis de recuperación de costes de los servicios del agua en un plan hidrológico debe determinar en qué medida los ingresos generados, ya sea por tarifas, tasas, cánones, o cualquier otro instrumento económico, son suficientes para cubrir los costes totales asociados a la provisión de dichos servicios. Esta evaluación no solo tiene un objetivo contable, sino que es clave para garantizar la sostenibilidad financiera, la equidad y la eficiencia en la gestión del recurso.

Cálculo de los índices o ratios de recuperación del coste de los servicios del coste de los servicios del agua

Desarrollo del contenido en Tarea 4: Cálculo del nivel de recuperación de costes (índices y ratios)

Es necesario calcular indicadores que midan la relación entre los ingresos efectivos y los costes totales del servicio, tanto a nivel agregado como desagregado por servicio, región y tipo de prestador. Estos indicadores permiten medir el grado de sostenibilidad financiera y constituyen la base para identificar desequilibrios estructurales o áreas de mejora. El índice básico es el **Índice de Recuperación de Costes (IRC)**, definido normalmente como:

$$IRC = \frac{\text{Ingresos que aportan los usuarios}}{\text{Costes totales del servicio}} \times 100\%.$$

Este índice puede calcularse de dos formas complementarias:

- **IRC financiero**: tomando en cuenta solo los costes financieros (O&M + capital) frente a los ingresos por tarifas. Mide qué porcentaje de los costes "contables" cubren los usuarios.
- **IRC total (o económico)**: considerando los costes totales incluidos los ambientales y del recurso. Compara los ingresos de usuarios con la suma de costes financieros **más** costes ambientales. Este es el concepto de análisis pleno de recuperación de costes es el promovido por la DMA europeafile://file-bwxhuhtt84zjuewbsrawmb/.

Cada plan deberá ajustar la presentación según sus categorías de servicios. Lo importante es **evidenciar cuantitativamente la fracción de costes cubierta con ingresos propios de usuarios**. De

acuerdo a la desagregación realizada en el cálculo, será posible ver la contribución de los distintos tipos de uso o territorio a la recuperación de los costes.

Es frecuente encontrar índices bajos en ciertos servicios: por ejemplo, un estudio del BID y CEPAL reportó un **bajo grado de recuperación de costes en América Latina** en agua potable, a pesar de niveles tarifarios relativamente elevados. También se observó en Argentina que tras ajustes tarifarios, el principal operador (AySA) elevó su índice de cobertura de costes del 38% al 78%, aunque seguía por debajo del 100% (guía 4). Estos indicadores cuantitativos permiten identificar brechas de financiamiento.

Recomendación:

Calcular el **Ratio de recuperación** en dos variantes:

Sin costes ambientales/del recurso (visión financiera-operativa),

Con costes ambientales/del recurso (visión integral).

Esto permite mostrar qué parte de la brecha proviene de la **no-internalización** de costes ambientales.

Identificación y cuantificación de brechas

Desarrollo del contenido en Tarea 5: Identificación de brechas de recuperación y análisis de causas

La **brecha de recuperación de costes** es la diferencia entre los ingresos disponibles y el total de costes necesarios para garantizar la sostenibilidad de los servicios del agua. El análisis debe realizarse de forma desagregada por servicio, región y tipo de prestador, identificando su magnitud y causas principales.

El Plan Hidrológico debe indicar con claridad dónde existen estas brechas, su valor estimado y qué usos del agua contribuyen por debajo del coste real del servicio. Por lo general, es relativamente frecuente observar que el sector agrícola o de riego cubre un porcentaje menor de sus costes en comparación con el sector urbano, y que los servicios de saneamiento (recogida y tratamiento) presentan mayores déficits que los de abastecimiento de agua potable.

Para cada brecha identificada, conviene analizar sus causas, que suelen incluir:

- **Tarifas insuficientes**: fijadas por debajo del coste real por razones sociales o políticas (por ejemplo, tarifas de riego o agua potable urbana congeladas durante años), lo que impide cubrir siquiera los costes de operación y mantenimiento (O&M).
- **Ineficiencias operativas**: pérdidas físicas o comerciales elevadas (agua no contabilizada), sobre plantilla, gastos excesivos, ineficacias en la recaudación, etc., que incrementan innecesariamente los costes. Una baja recuperación puede deberse tanto a tarifas bajas como a ineficiencia interna. Comparar indicadores de eficiencia entre prestadores ayuda a identificar estas situaciones.
- **Subsidios estructurales**: dependencia histórica, a veces coyuntural, de aportes gubernamentales para cubrir inversiones o parte de la operación. En algunos casos, esto es un diseño deliberado (por ejemplo, saneamiento rural financiado por el Estado, con comunidades cubriendo solo O&M).
- **Limitada capacidad de pago de los usuarios**: sectores con bajos ingresos pueden mantener tarifas reducidas por criterios de asequibilidad, generando brechas cubiertas mediante subsidios públicos o transferencias.

Según su alcance, se distinguen:

1. **Brecha operativa**: diferencia entre ingresos recurrentes y costes.
2. **Brecha de inversión**: diferencia entre recursos disponibles para inversión y necesidades reales de reposición, rehabilitación o expansión de infraestructura.

3. **Brecha ambiental**: diferencia entre costes ambientales (monitoreo, control, restauración, caudales, etc.) y los ingresos específicos para cubrirlos (tasas ambientales, cánones de vertido, pagos por servicios ambientales).
4. **Brecha total de recuperación**: déficit global que integra las tres anteriores, incorporando todos los costes relevantes: operativos, de inversión, financieros y ambientales.

Por su origen, las brechas pueden clasificarse en:

- **Estructurales**: derivadas de marcos tarifarios insuficientes, subsidios generalizados, ausencia de cobro o ineficiencia en la gestión.
- **Coyunturales**: originadas por eventos extraordinarios (sequías, inundaciones), fallos de infraestructura, variaciones abruptas de la demanda o morosidad excepcional.

Este análisis permite orientar estrategias de ajuste tarifario, mejora de eficiencia, optimización de ingresos y priorización de inversiones, asegurando la sostenibilidad financiera y la equidad en el acceso a los servicios.

Evaluación de la suficiencia y estabilidad de las fuentes de ingreso

Una vez identificadas las brechas de recuperación de costes, es fundamental interpretar sus implicaciones para la sostenibilidad financiera, la equidad social y el cumplimiento de los objetivos del plan hidrológico. Este tema ha sido ampliamente tratado en el **Grupo de trabajo sobre financiación para los planes hidrológicos**.

Este análisis debe realizarse de forma desagregada por servicio, región y tipo de prestador, considerando los siguientes aspectos clave:

1. **Capacidad de mantener el servicio en las condiciones actuales**
   - Si un servicio solo cubre una fracción de sus costes (por ejemplo, el 50%), el resto debe provenir de subsidios o de reducciones en gastos esenciales (mantenimiento diferido, recortes en personal, endeudamiento). Esto compromete la calidad, continuidad y confiabilidad del servicio a mediano y largo plazo.
   - El plan debe identificar si esta baja recuperación está generando deterioro de activos, incumplimiento de estándares de calidad, etc.
2. **Suficiencia y estabilidad de las fuentes de ingreso**
   - Evaluar si los ingresos actuales son suficientes para cubrir **todos** los costes (O&M, inversión, financieros y ambientales) y si esa suficiencia se mantendrá en el tiempo.
   - Analizar el grado de dependencia de transferencias externas (subsidios públicos, cooperación internacional, financiamiento climático) frente a ingresos propios generados por tarifas, cánones o tasas ambientales.
   - Valorar la diversificación de fuentes y la vulnerabilidad a factores externos, como recortes presupuestarios, fluctuaciones económicas o cambios regulatorios.
   - Verificar si existen mecanismos de ajuste tarifario vinculados a inflación, variaciones de demanda, costes energéticos u otros factores relevantes.
3. **Proyecciones futuras y viabilidad de inversiones**
   - Integrar en el análisis las inversiones previstas para cada servicio y su esquema de financiamiento.
   - Si se planifican infraestructuras de alto coste (p. ej., plantas de tratamiento) sin un plan de financiamiento claro, la sostenibilidad futura es incierta.
   - Incluir escenarios de largo plazo que combinen proyecciones de oferta, demanda y costes, para evaluar si las brechas tenderán a cerrarse o ampliarse.
4. **Análisis de asequibilidad y equidad**
   - La recuperación de costes debe evaluarse en relación con la capacidad de pago de los usuarios y la equidad entre sectores.
   - Utilizar indicadores de asequibilidad, como el porcentaje del gasto familiar destinado al agua, con referencias internacionales, y mantener informada a la ciudadanía sobre los costes reales, la fracción que se tarifica y su importancia en el contexto del gasto familiar.
   - Identificar usuarios o grupos vulnerables que podrían verse afectados por ajustes tarifarios, así como subsidios cruzados entre sectores (por ejemplo, industrias pagando tarifas más altas para compensar tarifas residenciales bajas).

- Evaluar la distribución de beneficios y cargas: si ciertos sectores pagan muy por debajo de sus costes reales mientras otros soportan mayores cargas, debe destacarse en el análisis.

5. **Vinculación con las actuaciones del plan hidrológico**
   - El análisis debe servir como insumo directo para definir metas de mejora en la recuperación de costes, con plazos y estrategias de implementación.
   - Estas metas deben ser técnica, social y económicamente viables, asegurando equilibrio entre sostenibilidad financiera y asequibilidad para la población.

Este análisis no se limita a cuantificar déficits, sino que interpreta sus causas y consecuencias, valora la estabilidad y suficiencia de las fuentes de ingreso y propone orientaciones estratégicas para garantizar que los servicios del agua sean sostenibles, equitativos y resilientes a largo plazo.

Recomendación:

El principio de recuperación de costes debe ser aplicado con **criterios de flexibilidad, justicia social y sostenibilidad técnica**. Se recomienda:

1. **Conciliar recuperación de costes y equidad social**
   - Evaluar el impacto social de los potenciales ajustes tarifarios, especialmente en zonas rurales y población vulnerable.
   - Aplicar subsidios focalizados o compensaciones para garantizar la asequibilidad.
   - Considerar subsidios cruzados entre usuarios o servicios para equilibrar cargas.
2. **Aplicar el principio con flexibilidad**
   - No trasladar necesariamente toda la carga financiera al usuario.
   - Identificar la combinación óptima de mecanismos: tarifas, subsidios, gestión comunitaria.
   - Mantener la sostenibilidad técnica y financiera sin comprometer el acceso universal.
3. **Mejorar y diversificar los mecanismos de recuperación**
   - Revisar y optimizar las estructuras tarifarias (bloques, progresivas, diferenciadas por uso).
   - Reducir pérdidas técnicas y comerciales para aumentar la eficiencia.
   - Diversificar ingresos: tasas y cánones, PSA (pagos servicios del agua), fondos climáticos, cooperación internacional.
   - Fomentar la corresponsabilidad de los usuarios en el uso eficiente del recurso.

Tareas

Tarea 1: Identificación de los servicios del agua y prestadores

Descripción Metodológica:

El primer paso es **definir claramente los servicios del agua** abarcados por el plan hidrológico, identificando para cada uno: el prestador o responsables, tipo de usuarios atendidos, población o volumen servido, y estructura básica de tarifas o cobros (por ejemplo, si existe una tarifa fija más un cargo por volumen, tarifas escalonadas por bloques de consumo, cánones por uso de agua de riego, etc.

A efectos de aplicar el principio de recuperación de costes, es recomendable considerar **al menos tres grandes usos del agua: abastecimiento poblacional, usos industriales y usos agrarios**. Adoptar esta clasificación asegura no omitir sectores clave.

Es común una diversidad de prestadores, desde grandes empresas urbanas hasta juntas rurales de agua y asociaciones de regantes, por lo que conviene **clasificarlos** por tipo (municipales, empresas estatales, concesionarias privadas, comités de agua rurales, organismos de cuenca, etc.). Esta clasificación ayudará a contextualizar costes e ingresos más adelante.

A continuación se muestra un ejemplo del resultado esperado por esta tarea.

Servicio del agua	Uso del agua	Prestador / Responsable	Tipo de usuarios atendidos	Población o volumen servido	Estructura básica de tarifas / cobros
Captación y suministro primario de agua superficial	Urbano	Empresa Municipal de Agua de Ciudad X	Hogares y comercios urbanos	350.000 hab. / 15.000.000 m³/año	Tarifa fija mensual + cargo por m³
Captación y suministro primario de agua superficial	Agricultura/ganadería	Empresa Pública de Irrigación Delta	Productores agrícolas y ganaderos	12.000 ha / 18.000.000 m³/año	Canon por ha + cargo por volumen
Captación y suministro primario de agua superficial	Industria/energía	Autoridad de Cuenca Río Alfa	Industrias manufactureras y planta hidroeléctrica	4 empresas / 25.000.000 m³/año	Canon por concesión anual
Captación y suministro primario de agua subterránea (no autoservicio)	Urbano	Comité Rural de Agua Beta	Población rural dispersa	5.200 hab. / 1.200.000 m³/año	Cuota fija + cargo por m³
Captación y suministro primario de agua subterránea (no autoservicio)	Agricultura/ganadería	Cooperativa de Agricultores Gamma	Agricultores medianos y pequeños	3.500 ha / 5.000.000 m³/año	Canon anual + tarifa por m³
Captación y suministro primario de agua subterránea (no autoservicio)	Industria/energía	Empresa Industrial Omega	Industrias mineras	3 minas / 1.800.000 m³/año	Canon por licencia de extracción
Distribución de agua para riego	Agricultura	Junta de Riego Zeta	Productores agrícolas	8.000 ha / 12.500.000 m³/año	Canon por ha + tarifa por m³ excedente
Servicios urbanos de agua potable y saneamiento	Urbano	Empresa Estatal de Servicios Públicos Kappa	Hogares, comercios e industrias conectadas	500.000 hab. / 25.000.000 m³/año	Tarifa fija + bloques de consumo
Servicios urbanos de agua potable y saneamiento	Agricultura/ganadería	Empresa Estatal de Servicios Públicos Kappa	Granjas periurbanas	200 ha / 1.200.000 m³/año	Tarifa agrícola por m³
Servicios urbanos de agua potable y saneamiento	Industria/energía	Empresa Estatal de Servicios Públicos Kappa	Industrias urbanas	60 empresas / 3.500.000 m³/año	Tarifa industrial diferenciada
Autoservicios de agua (sin prestación a terceros)	Doméstico	Usuarios individuales	Viviendas con pozo privado	1.200 viviendas / 500.000 m³/año	No aplica
Autoservicios de agua (sin prestación a terceros)	Agricultura/ganadería	Agricultores individuales	Explotaciones agrícolas	6.000 ha / 8.000.000 m³/año	No aplica
Reutilización y aprovechamiento de aguas residuales tratadas	Urbano (riego de jardines)	Municipalidad de Ciudad Épsilon	Áreas verdes urbanas	300 ha / 900.000 m³/año	Tarifa por m³ reutilizado

Servicio del agua	Uso del agua	Prestador / Responsable	Tipo de usuarios atendidos	Población o volumen servido	Estructura básica de tarifas / cobros
Reutilización y aprovechamiento de aguas residuales tratadas	Industria/energía	Planta de Reutilización Épsilon	Industrias manufactureras	5 empresas / 500.000 m³/año	Tarifa por m³ reutilizado

Una vez identificados los servicios y actores, se debe **reunir la información** que servirá de base al análisis. Según recomendaciones de planificación hidrológica, la evaluación de recuperación de costes debe realizarse **por sistema y a escala de cuenca o demarcación.**

En la práctica, esto significa compilar datos de cada prestador o sistema de servicio en la cuenca (por ejemplo, cada empresa de agua potable urbana, cada gran sistema de riego, etc.), para luego agregarlos y analizarlos tanto individualmente como en conjunto.

Recomendación:

Se aconseja establecer **unidades de análisis homogéneas**. Por ejemplo, en un plan de cuenca se podría analizar separadamente: i) el servicio de agua potable y saneamiento de la principal ciudad, ii) los servicios rurales dispersos, iii) cada distrito de riego importante, iv) el uso industrial/hidroeléctrico si hay grandes centrales, etc. Esta segmentación permite calcular índices de recuperación específicos y también un **indicador global para la cuenca**.

Durante este paso, es fundamental contar con la **colaboración de los prestadores de servicios**, ya que la mayor parte de la información provendrá de sus registros contables y operativos. Se debe solicitar a cada agente datos sobre costes, ingresos, inversiones y otros aspectos (detallados en los pasos siguientes).

Producto esperado de la tarea:

Formalizar la recopilación **mediante fichas o formularios** estandarizados por servicio, de modo que cada proveedor reporte los datos clave de manera consistente. Esto facilita consolidar la información de múltiples fuentes. Además, trabajar en **precios constantes** de un año base común (ajustando por inflación) garantiza que los datos económicos sean comparables.

Tarea 2: Estimación detallada de los costes de los servicios del agua

Con la información recopilada de los prestadores, se procede a **calcular los costes totales de provisión** de cada servicio del agua. Es esencial incluir **todas las categorías de costes** para tener una visión completa. Una forma de aproximar este resultado es asumir que el coste equivale a lo que realmente se viene gastando por prestar ese servicio, tanto en inversión como en operación y mantenimiento.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Convertir todas las inversiones a un valor anual

Para obtener el **coste total anual** de cada servicio, normalmente **se expresan todos los componentes en términos anuales.** Los costes de inversión de larga vida se convierten a un equivalente anual (sea vía depreciación contable o cálculo de coste anualizado). Por ejemplo, si un acueducto tuvo un coste capital significativo financiado por el Estado, se puede prorratear su valor en, digamos, 30 años para obtener un coste anual equivalente.

Para **activos de larga vida útil**, calcular el **Coste Anual Equivalente (CAE)**:

$$CAE = \frac{I \cdot i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

donde *I* = inversión inicial, *i* = tasa de descuento y *n* = vida útil.

- Si el prestador usa depreciación contable, verificar que el periodo usado es coherente con la vida útil técnica.
- Incluir inversiones financiadas por terceros (Estado, organismos internacionales) aunque no impacten la tarifa directa.

Paso 2: Incorporar costes ambientales y del recurso

Los costes ambientales responden a inversiones no realizadas cuya carencia condiciona un deterioro ambiental. En consecuencia, una forma usual de estimarlos es su cuantificación como el coste de las medidas pendientes de ejecución, medidas que vienen a resolver el deterioro ambiental pendiente de solución.

Los costes del recurso son mucho más complejos. Básicamente responden a dos conceptos, por una parte se refiere al coste en el que se incurre por realizar una asignación menos eficiente que otra; por otra, al coste real de producción del recurso, lo que tiene sentido en situaciones muy concretas, como cuando se utiliza agua de mar desalinizada cuya producción conlleva gastos importantes.

De acuerdo con los enfoques expuestos, no todos los servicios del agua tendrán asociados costes ambientales o costes de recurso significativos, sino que quedarán limitados a las situaciones en que corresponda.

Si no hay datos directos de costes ambientales, se documentan las tasas por uso del agua y sanciones por contaminación vigentes, para al menos reportarlas como coste del recurso.

Paso 3: Calcular el coste total anual del servicio

La agregación de todos los costes calculados y expresados en unidades homogéneas: costes del capital, de operación y mantenimiento, costes ambientales y costes del recurso, permite estimar el coste total anual de cada servicio.

- Sumar todas las categorías en valor anual.
- Documentar las **fuentes de cada dato** (registro contable, estimación técnica, estudio externo).
- Si hay datos faltantes, aplicar estimaciones basadas en **costes unitarios de referencia** (por ejemplo, coste medio por m³ tratado en sistemas similares de la región).

Paso 4: Generar indicadores de coste

Completada toda esta información, pueden estimarse diversos tipos de indicadores explicativos de la situación. Entre ellos cabe considerar, por ejemplo:

- Coste total anual (USD/año)
- Coste unitario por volumen entregado (USD/m³)
- Coste unitario por usuario (USD/usuario/año)
- Porcentaje de cada categoría sobre el total (estructura de costes)

Estos indicadores permiten comparar servicios, identificar ineficiencias y servirán de base para el análisis de recuperación en las siguientes tareas.

Tarea 3: Cálculo de los ingresos y fuentes de financiamiento de los servicios

El objetivo de esta tarea es determinar el total de ingresos anuales asociados a cada servicio del agua, recibidos de los beneficiarios finales, desglosados por fuente, para poder analizar el grado de recuperación de costes y la dependencia de subsidios públicos o financiamiento externo.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Consolidar la información financiera de ingresos

Es preciso establecer un catálogo que incluya todos los instrumentos económicos con los que los usuarios o beneficiarios finales contribuyen al coste de los servicios del agua que hayan sido previamente soportados por los presupuestos públicos. En el caso de los autoservicios, que carecen de contribución pública, se sobreentiende que el ingreso equivale a coste asumido por el auto prestatario del servicio.

- Solicitar a cada prestador sus **estados de ingresos y facturación**, así como registros de transferencias recibidas. En muchos casos, por tratarse de presupuestos de ingresos y gastos públicos, suelen encontrarse publicados por procedimientos oficiales, hecho que facilita la labor de recopilación.
- Verificar que los datos sean del mismo **año base** que el usado para el cálculo de costes y estén expresados en **moneda constante**.
- Si el prestador mantiene **contabilidad por líneas de negocio** (p. ej., agua potable, alcantarillado, riego), tomar los datos desagregados para cada servicio.

Paso 2: Clasificar los ingresos según su origen

1. **Ingresos por tarifas y tasas pagadas por usuarios**
   - Incluye facturación por consumo de agua potable, cuotas de riego, tarifas de alcantarillado, cánones hidroeléctricos, etc.
   - Considerar **solo la recaudación efectiva** (lo realmente cobrado después de morosidad).
   - Cuando sea posible, **desagregar por tipo de usuario** (doméstico, comercial, industrial, agrícola) y por bloque tarifario.
2. **Subsidios públicos o transferencias corrientes**
   - Aportes financieros de gobiernos nacionales, provinciales o municipales destinados a cubrir O&M u otros gastos operativos.
   - Identificar si son permanentes o puntuales.
3. **Inversiones de capital financiadas externamente**
   - Monto de obras financiadas por el Estado, organismos internacionales o bancos de desarrollo durante el año base.
   - Aunque no sean ingreso operativo, forman parte del financiamiento total y deben registrarse para análisis de sostenibilidad.
4. **Otros ingresos o aportes**
   - Multas a usuarios, venta de subproductos (p. ej., lodos, biogás…), aportes voluntarios, donaciones, compensaciones ambientales, etc.

Paso 3: Detectar y documentar subsidios cruzados

- Identificar si existen diferencias tarifarias diseñadas para **compensar** entre tipos de usuarios o servicios (p. ej., industria → residencial).
- Aunque en la contabilidad aparezca como ingreso total, el plan debe registrarlo para interpretar la estructura tarifaria y su efecto en la recuperación.

Paso 4: Calcular el total de ingresos por servicio

Tras identificar todos los ingresos, se obtiene el **total de ingresos anuales** por servicio. Es importante presentarlos **desglosados por fuente**, para distinguir cuánto aportan directamente los usuarios, que es la cifra clave para calcular los índices de recuperación, vs. el Estado u otros agentes. Se recomienda explicitar los ingresos procedentes de los usuarios por los servicios del agua, lo que corresponde principalmente a tarifas y cánones pagados, ya que este dato será clave para calcular el nivel de recuperación por usuarios.

Paso 5: Generar indicadores de ingresos

- Ingreso total anual (USD/año)
- Ingreso por usuario (USD/usuario/año)
- Ingreso unitario por volumen (USD/m³)

- Porcentaje de ingresos provenientes de usuarios vs. aportes externos
- Nivel de recaudación efectiva = (Recaudación efectiva / Facturación total) × 100

Es evidente que siguiendo este procedimiento de cálculo las cifras deben cuadrar. La suma de ingresos procedentes de los usuarios finales, incluidos los autoservicios, junto con los ingresos procedentes de otras fuentes, ha de ser equivalente a los gastos reales materializados, es decir, lo que se asimila al coste total de los servicios del agua.

Tarea 4: Cálculo del nivel de recuperación de costes (índices y ratios)

Con los **costes y los ingresos totales** claros para cada servicio, se procede a calcular indicadores de recuperación de costes. El indicador básico es el **Índice de Recuperación de Costes (IRC)**, definido normalmente como:

$$IRC = \frac{\text{Ingresos que aportan los usuarios}}{\text{Costes totales del servicio}} \times 100\%.$$

Este índice puede calcularse de dos formas complementarias:

- **IRC financiero**: tomando en cuenta solo los costes financieros (O&M + capital) frente a los ingresos por tarifas. Mide qué porcentaje de los costes "contables" cubren los usuarios.
- **IRC total (o económico)**: considerando los costes totales incluidos los ambientales y del recurso. Compara los ingresos de usuarios con la suma de costes financieros **más** costes ambientales. Este es el concepto de recuperación de costes pleno promovido por la DMA europeafile://file-bwxhuhtt84zjuewbsrawmb/.

Muchas veces se calculan ambos indicadores para ver, por ejemplo, que quizá un servicio cubre el 100% de sus costes financieros, pero si añadimos costes ambientales su cobertura baja (indicando que hay externalidades no consideradas en el sistema tributario).

A nivel práctico, el plan hidrológico debe **presentar el nivel actual de recuperación de costes** para cada tipo de servicio y uso del agua. Conviene tabular los resultados para distintos sectores. A modo ilustrativo, considere un ejemplo sencillo de índices de recuperación calculados:

Servicio / Uso	Costes Anuales (US$)	Ingresos Anuales (US$)	Índice de Recuperación de Costes (%)
Servicios urbanos de agua potable y saneamiento (urbano)	1000 (O&M:700; Capital:300)	900 (tarifas usuarios)	90% (financiero)
Captación y suministro primario de agua superficial (Agricultura/ganadería)	800 (O&M:600; Capital:200)	320 (cuotas de riego)	40% (financiero)
Captación y suministro primario de agua superficial (Industria)	200 (O&M:150; Capital:50)	250 (tarifas industriales)	125% (financiero)

En este ejemplo hipotético, el sector industrial subvenciona a otros con tarifas superiores a sus costes, logrando >100% de recuperación, mientras el riego agrícola apenas cubre 40% de sus costes.

Recomendación:

Asegurarse de usar períodos coincidentes y ajustes por inflación coherentes. Si es posible, obtener también datos históricos para ver la tendencia (evolución de la cobertura de costes) y comparativos con otros países o regiones como referencia.

Tarea 5: Identificación de brechas de recuperación y análisis de causas

Una vez calculados los índices de recuperación, el siguiente paso es **detectar las brechas** donde los costes no están siendo plenamente cubiertos. Esto implica resaltar qué servicios o sectores muestran **IRC por debajo del 100%** (insuficiencia) y cuantificar el **déficit financiero** asociado. La **brecha de financiamiento** puede expresarse monetariamente (p. ej., "el servicio X tiene un faltante de 1,2 millones USD anuales para cubrir costes totales") y en porcentaje (el IRC es 60%, por lo que falta un 40% adicional).

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación de brechas

- Localizar los servicios o sectores cuyo **Índice de Recuperación de Costes (IRC)** se sitúe por debajo del 100%.
- Diferenciar entre:
  1. **Brecha operativa (O&M)**
     - Qué mide: Falta de ingresos para cubrir solo los costes recurrentes de operación y mantenimiento (energía, personal, químicos, mantenimiento rutinario, administración…).
     - Ejemplo: Un prestador de agua potable cobra tarifas que cubren 80% de sus gastos anuales en O&M, por lo que tiene una brecha operativa del 20%.
     - Utilidad: Detecta si el servicio es capaz de sostener su funcionamiento diario sin subsidios externos.
  2. **Brecha de inversión**
     - Qué mide: Diferencia entre los recursos disponibles para inversiones (propios o externos) y las necesidades reales de reposición, rehabilitación o ampliación de infraestructura.
     - Ejemplo: Un distrito de riego necesita renovar bombas y canales por USD 2 millones/año, pero solo dispone de USD 0,5 millones/año en presupuesto de inversión.
     - Utilidad: Identifica sostenibilidad a largo plazo y capacidad para mantener el capital físico.
  3. **Brecha ambiental**
     - Qué mide: Diferencia entre los ingresos específicamente destinados a cubrir costes ambientales y el monto necesario para esas acciones.
     - Incluye: Monitoreo de calidad, control de vertidos, restauración de cauces y humedales, protección de áreas de recarga, cumplimiento de caudales ecológicos, compensaciones por impactos.
     - Ejemplo: Una cuenca necesita USD 300 mil/año para restaurar zonas de recarga y mantener un programa de control de vertidos, pero solo recauda USD 50 mil/año mediante tasas ambientales.
     - Utilidad: Evalúa si la gestión incorpora la sostenibilidad ambiental en su financiamiento.
  4. **Brecha total**
     - Qué mide: Déficit global considerando todos los costes relevantes: O&M, inversión, financieros y ambientales.
     - Ejemplo: Un servicio de saneamiento cubre O&M pero no inversión ni costes ambientales. Aunque su brecha operativa sea 0%, su brecha total puede ser del 60%.
     - Utilidad: Resume la sostenibilidad financiera integral del servicio.

Paso 2: Cuantificación del déficit

- Expresar la brecha en:
  - **Valor monetario anual**: monto adicional necesario para alcanzar el 100% de recuperación.
  - **Porcentaje**: diferencia entre el IRC actual y el 100% (por ejemplo, 60% ⇒ falta 40%).
- Usar tablas comparativas para mostrar las brechas por servicio, región y tipo de prestador.

Paso 3: Análisis causal

- Examinar la información contextual para determinar por qué existe la brecha:
  - **Política tarifaria**: tarifas congeladas o fijadas por debajo del coste.
  - **Eficiencia operativa**: pérdidas de agua, sobrecostes, baja productividad.
  - **Modelo de financiamiento**: dependencia estructural de subsidios externos.
  - **Capacidad de pago**: usuarios con ingresos bajos y tarifas subsidiadas.
  - **Factores coyunturales**: sequías, morosidad excepcional, fallos en infraestructura.

Paso 4: Clasificación de brechas

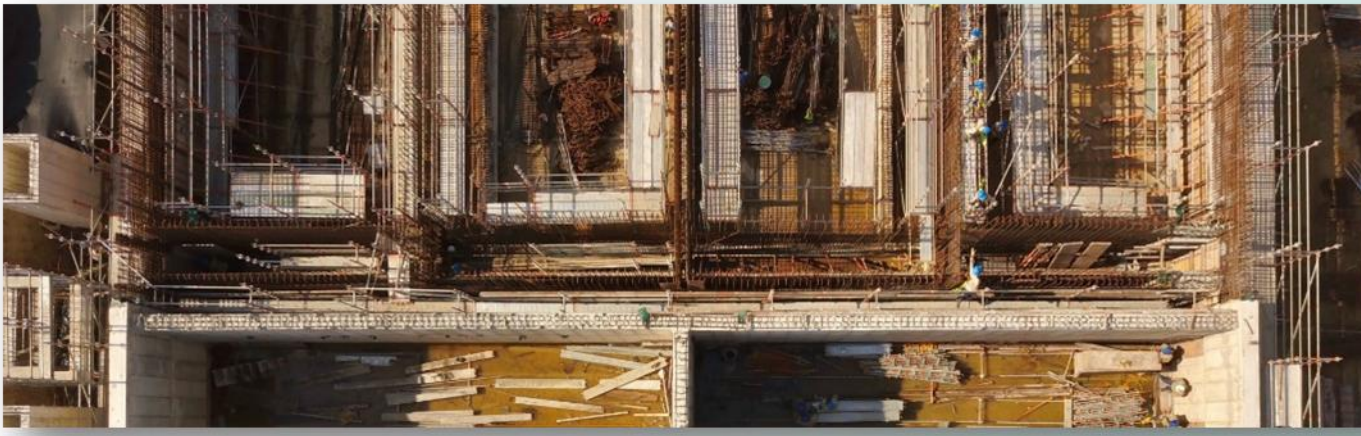
- **Por origen**:

  - **Estructurales**: derivadas del diseño del sistema de financiamiento o gestión.
  - **Coyunturales**: asociadas a eventos puntuales o temporales.
- **Por impacto**:
  - Alta (brecha > 50% de los costes)
  - Media (20–50%)
  - Baja (< 20%)

Paso 5: Priorización para acción

- Establecer un orden de intervención considerando:
  - Magnitud de la brecha.
  - Riesgo para la sostenibilidad del servicio.
  - Sensibilidad social/política para ajustes tarifarios o medidas correctivas.

[3.8] Programa de actuaciones



Definición: El **programa de actuaciones (PA)** es el componente operativo central de un plan hidrológico. Consiste en un conjunto estructurado de acciones concretas, técnicamente justificadas y financieramente evaluadas, que con su implementación permiten alcanzar los objetivos del plan. Actúa como el **vínculo funcional entre el diagnóstico de la cuenca y las metas perseguidas**, articulando intervenciones en las materias que corresponda, en especial de calidad, cantidad, riesgo hídrico, acceso equitativo y gobernanza.

En el marco de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), el programa debe responder a la diversidad institucional, social y climática de los territorios latinoamericanos, contemplando distintos niveles de capacidad técnica, disponibilidad de información y marcos normativos. Debe integrar medidas estructurales y no estructurales, contemplar distintos horizontes temporales y ser adaptable frente a condiciones cambiantes como el clima o las prioridades sociales.

El programa de actuaciones se construye en la **fase de elaboración** del plan, para su **ejecución durante la fase de implementación**. Durante esa fase de implementación y seguimiento del plan, además, se dará seguimiento al grado de materialización y puesta en práctica de las medidas previstas, así como también a los efectos alcanzados como consecuencia de su ejecución, en relación con los esperados.

Objetivo:

El propósito del programa de actuaciones es operacionalizar la planificación hidrológica mediante la definición y ejecución de intervenciones específicas que faciliten el logro de los objetivos específicos del plan hidrológico (Objetivos de la planificación hidrológica con visión GIRH):

- Garantizar la satisfacción de las demandas hídricas (urbana, agrícola, ambiental, industrial u otras) de forma ordenada, equitativa, eficiente y sostenible.
- Restaurar, mantener o alcanzar el buen estado de los cuerpos de agua superficial y subterránea, en términos cuantitativos y de calidad fisicoquímica, hidromorfológica y ecológica.
- Reducir la vulnerabilidad del sistema hídrico frente a eventos extremos (sequías, inundaciones) y anticipar los efectos del cambio climático mediante medidas adaptativas.
- Fortalecer la articulación intersectorial entre políticas del agua y sectores como salud pública, agricultura, energía, ordenamiento territorial o ambiente.
- Asegurar la participación y la coordinación institucional, incorporando la gestión desde múltiples escalas (local, regional, nacional) y fomentando el control social y la transparencia.

Utilidad:

El programa de actuaciones responde a necesidades técnicas, operativas y de gobernanza fundamentales en la planificación hidrológica y la GIRH:

- **Función de operacionalización:**

  - Traduce el **diagnóstico técnico y los objetivos estratégicos** del plan en actuaciones tangibles y verificables, sin las cuales no será posible alcanzar los objetivos.
  - Permite **priorizar acciones** en función de criterios objetivos (urgencia, costo, impacto, eficacia, aceptabilidad social, etc).
- **Función de gestión integrada**
  - Articula intervenciones multinivel y multisectoriales, sirviendo como herramienta de coordinación territorial y sectorial.
  - Integra instrumentos de gestión ambiental, infraestructura hídrica, regulación normativa y fortalecimiento institucional.
- **Función de viabilidad y financiamiento**
  - Proporciona una base técnica y económica para la movilización de recursos financieros (presupuestos públicos, cooperación internacional o inversiones privadas).
  - Facilita la evaluación de coste-eficacia y viabilidad de las actuaciones, orientando decisiones realistas y sostenibles.
- **Función de seguimiento y mejora continua**
  - Define indicadores concretos de ejecución y resultado, habilitando sistemas de monitoreo, evaluación y retroalimentación del plan.
  - Establece un marco claro para la gestión adaptativa, permitiendo reformular medidas ante desviaciones, cambios contextuales o nuevas evidencias.
- **Función de gobernanza**
  - Refuerza la construcción de una gobernanza efectiva y participativa del agua, al identificar responsabilidades, fomentar la transparencia y permitir la participación informada de los actores clave.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Un programa de actuaciones eficaz es el instrumento operativo que traduce los diagnósticos de planificación hidrológica en intervenciones concretas para alcanzar los objetivos perseguidos. Su diseño debe basarse en criterios técnicos, jurídicos, estratégicos y de gobernanza, garantizando que los objetivos del plan sean alcanzables. Un buen programa de actuaciones combina ciencia, viabilidad práctica y gobernanza inclusiva para transformar la planificación en resultados tangibles.

A continuación, se desarrollan los aspectos clave que se entiende necesario tener en cuenta para el diseño de un apropiado programa de actuaciones en planes hidrológicos, proporcionando los fundamentos, criterios y elementos esenciales que deben considerarse bajo las distintas realidades de la región.

- Relación del programa de actuaciones con el diagnóstico de la cuenca
- Vinculación con los objetivos del plan
- Identificación de actores responsables mecanismos de coordinación institucional
- Clasificación y tipificación de medidas
- Ámbito de aplicación
- Caracterización técnica de las medidas/actuaciones
- Estimación de costes
- Evaluación de la eficacia
- Viabilidad de las actuaciones
- Análisis coste-eficacia de las actuaciones
- Priorización y calendario de ejecución
- Participación pública
- Seguimiento y evaluación

Relación del programa de actuaciones con el diagnóstico de la cuenca

Desarrollo del contenido en la Tarea 1: Relación del programa de actuaciones con el diagnóstico de la cuenca

Este apartado pretende vincular el análisis de los problemas que esperan resolverse con el plan hidrológico, y el diagnóstico previamente realizado y validado al respecto, el cual constituye un insumo fun-

damental para la formulación del programa de actuaciones. No se trata aquí de reproducir ese diagnóstico, sino de mostrar de forma sintética cómo sus principales conclusiones se traducen en **líneas de actuación** concretas dentro del PA.

El objetivo de esta actividad es evidenciar la conexión directa entre los problemas identificados, como la escasez hídrica, la contaminación o la degradación de ecosistemas, con las medidas propuestas para abordarlos. El procedimiento sugerido para establecer esta relación es el siguiente:

1. **Agrupación de problemas y riesgos:** en cuatro grandes bloques temáticos:
   - Cantidad y garantía de recurso
   - Calidad de aguas superficiales y subterráneas
   - Riesgos hidrometeorológicos y adaptación al cambio climático
   - Gobernanza e instrumentos de gestión
2. **Derivación de necesidades de actuación**: Convendrá describir, para cada bloque, las necesidades técnicas que deben atenderse (por ejemplo, reducir descargas urbanas sin tratar, mejorar la eficiencia de riego, restaurar zonas de recarga de acuíferos, etc.). Estas necesidades definen el ámbito de las **líneas de actuación**, que se detallarán y vincularán a los objetivos del plan.
3. **Tabla síntesis de trazabilidad:** La tabla, que aquí se integra a modo de ejemplo, actúa como puente operativo, permitiendo visualizar, de un golpe de vista, la correspondencia entre diagnóstico, metas y tipología de intervenciones. Servirá de entrada directa para las etapas posteriores de formulación del programa, con sus planteamientos técnicos, clasificación, estudios de viabilidad y de priorización.

Bloque	Problema diagnosticado	Necesidad de actuación	Tipo de actuación
Cantidad y garantía del recurso	Fallo sistemático en el abastecimiento de determinadas zonas urbanas	Incrementar los niveles de garantía	Incremento de la oferta de recursos mediante obras de regulación.
Calidad de aguas superficiales y subterráneas	Fuentes de abastecimiento contaminadas	Protección de las áreas de captación	Establecimiento de perímetros de protección
	Descargas de aguas residuales urbanas sin tratamiento	Recogida y tratamiento de aguas residuales urbanas	Construcción de colectores y plantas de tratamiento
Riesgos hidrometeorológicos	Avenidas ocasionales con gran arrastre de sedimentos	Fijación del suelo en la cuenca vertiente	Restauración hidrológico-forestal
Gobernanza e instrumentos de gestión	Carencia de datos hidrológicos	Refuerzo de las redes de medida	Construcción y automatización de estaciones de aforo en ríos.
		Refuerzo del capital humano	Capacitación técnica del equipo humano

Vinculación con los objetivos del plan

Desarrollo del contenido en la Tarea 2: Vinculación con los objetivos del plan

Una vez definidas las **líneas de actuación** derivadas del diagnóstico, es recomendable comprobar que cada una de ellas contribuye directamente a uno o más objetivos del plan hidrológico. Esta primera

verificación es estratégica: garantiza la coherencia del programa de actuaciones, delimitando sus contenidos antes de que las autoridades sectoriales formulen sus actuaciones concretas.

Cada actuación debe contribuir, directa o indirectamente, a alcanzar una o más metas establecidas, ya sean de carácter ambiental, social o económico, o a resolver los problemas identificados en el diagnóstico. Por ejemplo:

- Si el objetivo es "alcanzar la buena calidad de los cuerpos de agua", las actuaciones incluirán acciones como el tratamiento de vertidos, el control de emisiones desde fuentes difusas o la restauración de cauces.
- Si el objetivo es "satisfacer la demanda hídrica de manera sostenible", se incorporarán actuaciones como nuevas obras de abastecimiento, reducción de pérdidas en redes o reutilización de aguas residuales, por ejemplo.

En muchos contextos de Iberoamérica, los objetivos estratégicos pueden parecer abstractos (por ejemplo, "mejorar la resiliencia climática" o "proteger cuencas altas"); no obstante, el programa de actuaciones es la oportunidad de interpretar y trasladar esos objetivos en acciones concretas. Cada medida debería poder responder claramente a la pregunta: "¿a qué objetivo del plan contribuye esta acción?".

Vincular las actuaciones del programa con los objetivos del plan también permite asegurar la **alineación del plan con compromisos de mayor nivel**, como los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** u otros de carácter estratégico, que habrán podido ser presentados en la Evaluación Ambiental Estratégica o en el análisis de la Relación del plan con otras planificaciones sectoriales. Muchos planes ya articulan sus metas con el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), así como con otros objetivos relacionados como el ODS 13 (acción por el clima) y el ODS 15 (vida de ecosistemas terrestres). En este sentido, las actuaciones del programa se convierten en el **vehículo operativo** apropiado para avanzar en dichos compromisos.

Importante:
Un programa de actuaciones sólido no es un simple listado de medidas aisladas, sino un **conjunto de intervenciones diseñadas intencionalmente para alcanzar los objetivos del plan**. Esta trazabilidad fortalece la coherencia de la planificación, mejora la rendición de cuentas y asegura que cada recurso invertido contribuya de forma efectiva a la gestión sostenible del agua.

Identificación de actores responsables, mecanismos de coordinación institucional y formulación inicial de actuaciones

Desarrollo de contenido en Tarea: 3:Identificación de actores responsables y mecanismos de coordinación institucional

La planificación hidrológica con enfoque de GIRH debe entenderse como un proceso colaborativo e integrador, que parte del reconocimiento de las competencias propias de las diferentes autoridades sectoriales y territoriales y de sus distintos planes de actuación (relación con las planificaciones sectoriales) formalmente establecidos. El rol del plan hidrológico no es, en este caso, imponer medidas ni coordinar jerárquicamente a otras instituciones, sino favorecer la cooperación efectiva entre todas ellas, integrando ordenadamente las actuaciones ya existentes o planificadas por cada autoridad, a las que se resulta necesario también podrán añadirse otras nuevas.

En este contexto, desde el inicio del proceso, el plan debe:

1. **Identificar a los actores responsables y jurídicamente competentes** en cada ámbito sectorial relacionado con los objetivos y las líneas de actuación del plan hidrológico.
2. **Establecer mecanismos de cooperación institucional** vertical (entre niveles nacional, regional, local) y horizontal (entre sectores) para garantizar la reunión, ordenación y coherencia del listado de actuaciones.

3. **Recoger las actuaciones que los sectores competentes prevén desarrollar**, partiendo de los problemas identificados en el diagnóstico.

La autoridad de cuenca, o el órgano responsable de la preparación del plan hidrológico, **no define las actuaciones**, salvo aquellas que puedan ser de su competencia directa (p.ej., redes de monitoreo, gestión de concesiones, ordenación de extracciones, mejora de la información hidrológica). En el resto de los ámbitos, su rol es únicamente:

- Exponer los problemas identificados y las necesidades técnicas sobre la base del diagnóstico.
- Señalar, cuando sea pertinente, tipos generales de solución (ej.: control de vertidos urbanos, reducción de pérdidas en riego, protección de acuíferos), que surjan como necesarias a la vista de los problemas a resolver.
- Solicitar a las instituciones competentes que presenten sus planes particulares de actuación y, en su caso, valoren su ajuste para estructurar el programa de actuaciones sobre la base de propuestas ya planificadas o propuestas, que puedan contribuir a resolver los problemas detectados.

De este modo, el programa de actuaciones se construye **integrando las propuestas de los sectores y las autoridades competentes**, complementadas con aquellas que sean responsabilidad exclusiva de la autoridad de cuenca.

En caso de que en la normativa nacional no exista una institución específica para esta tarea de cooperación institucional, será oportuno establecer **mesas de trabajo o de coordinación** específicas para favorecer esta integración consensuada.

Identificación de actores

Esta fase tiene como propósito identificar a los actores competentes y establecer una dinámica de trabajo cooperativa para levantar las actuaciones sectoriales que conformarán el programa de actuaciones.

El proceso es el siguiente:

1. **Identificación inicial de actores clave**

Se determinan qué instituciones y organismos deben participar en el proceso de configuración del programa (autoridades del agua, ministerios sectoriales, gobiernos locales, comunidades de usuarios o actores relevantes del sector privado y sociedad civil con capacidad inversora significativa para acometer medidas).

2. **Solicitud y recopilación de programas sectoriales existentes**

Cada institución aporta las actuaciones previstas dentro de su ámbito de competencia, de manera que puedan ser analizadas y contrastadas con los problemas diagnosticados en el plan.

3. **Reconocimiento de la autonomía de las administraciones sectoriales**

Es importante aclarar que, según la naturaleza de cada medida, existirá una administración pública específica que ostente la competencia y, por ende, la obligación de impulsar ciertas actuaciones. Estas administraciones, en virtud de sus competencias, son plenamente autónomas y soberanas para definir las propuestas técnicas que consideren más adecuadas. **El plan no ejerce un papel fiscalizador sobre estas propuestas, sino que busca integrarlas en un marco coherente**. En caso de que la integración resulte inviable o genere conflictos técnicos o institucionales, el rol del planificador será facilitar un diálogo entre las autoridades implicadas para alcanzar una solución viable y oportuna.

Importante:
En este punto es fundamental que el planificador identifique desde el primer momento los catálogos o programas de actuaciones ya existentes promovidos por cada autoridad sectorial o territorial. El trabajo esencial del planificador consiste en analizar cómo estas actuaciones, una vez reunidas, encajan con los objetivos y problemas identificados en el diagnóstico, facilitando que estas instituciones se sumen de manera cooperativa al proceso de planificación.

Integración y validación de las actuaciones propuestas por las autoridades competentes

Identificados los actores clave y establecidos mecanismos de cooperación, se procederá a estructurar, consolidar y documentar las actuaciones aportadas por la autoridades competentes, junto con aquellas que son competencia directa del promotor del plan.

El proceso comprende:

1. **Integración de la información recibida:**

Compilación y revisión de la correspondencia entre actuaciones y problemas.

2. **Estructuración y normalización:**

Organización en un inventario preliminar agrupado por problemática (cantidad, calidad, riesgos, gobernanza).

Documentación clara de institución responsable, estado y relación con problemas/objetivos.

3. **Comunicación y contraste con los actores:**

Validación conjunta del inventario preliminar con las instituciones competentes para evitar duplicidades y asegurar coherencia.

4. **Resultado:**

Un inventario de actuaciones que será insumo para posteriores etapas metodológicas (formulación, clasificación, análisis de viabilidad y priorización).

Importante:
En cualquier caso, todo este proceso se deberá llevar a cabo dentro del marco de los procedimientos de participación institucional definidos por cada país. Es decir, el inventario y las decisiones derivadas deben respetar los mecanismos formales de consulta y cooperación que cada país tenga establecidos para su planificación hidrológica.

Clasificación y tipificación de medidas/actuaciones

A partir del **inventario preliminar de actuaciones recopilado en la fase anterior**, el siguiente paso consiste en **organizar y clasificar dichas actuaciones**, de manera que el programa pueda analizarse y gestionarse de forma coherente.

La **clasificación** permite estructurar el conjunto de actuaciones y facilita su análisis, comparación y priorización posterior. Gracias a esta organización se puede diseñar un programa integral que aborde de manera coordinada los diferentes aspectos de la gestión del agua: cantidad, calidad y ecosistemas, riesgos y gobernanza.

Evidentemente, el listado debe identificar a la **autoridad responsable** de la medida, dato fundamental para el diálogo y la definición de los compromisos financieros. Por otra parte, algunos criterios complementarios de clasificación pueden ser:

1. **Según el carácter y obligatoriedad:**
   - **Actuaciones prioritarias o normativas**, a veces denominadas **Medidas básicas:** Son de carácter obligatorio puesto que vienen derivadas del cumplimiento de la legislación vigente (p.ej., normas de calidad del agua, control de extracciones ilegales, tratamiento de aguas residuales conforme a estándares, etcétera).
   - **Actuaciones estratégicas o de refuerzo**, a veces denominadas **Medidas complementarias:** Se trata de aquellas actuaciones que, aun resultado convenientes, pueden tener un carácter voluntario. Estas medidas podrán ser necesarias cuando las obligatorias no bastan para alcanzar los objetivos, o bien para mejorar la protección y resiliencia. Ejemplos: reforestación de cuencas, construcción de humedales artificiales, campañas para el uso eficiente del agua, transformaciones en regadío…

2. **Según su naturaleza o sector de intervención:**
   - **Estructurales:** Obras e infraestructuras hidráulicas (embalses, modernización de riego, plantas de tratamiento…).
   - **No estructurales:** Instrumentos de gestión (planes de ordenamiento, normas, incentivos económicos, programas educativos…).
3. **Según su tipología:**
   - **De oferta hídrica**: Incremento de disponibilidad (desalación, recarga artificial, trasvases).
   - **De demanda**: Eficiencia en usos, reducción de pérdidas, tarifas.
   - **De protección ambiental**: Caudales ecológicos, restauración de riberas y humedales, control de vertidos.
   - **De gestión de riesgos**: Sistemas de alerta temprana, planes de sequía, ordenación de zonas inundables.
   - **De gobernanza**: Tales como la capacitación del capital humano de las autoridades del agua, la mejora de la redes de control, la vigilancia de los aprovechamientos, etcétera.

Esta clasificación es un paso previo esencial para:

- El análisis de viabilidad técnica, económica y ambiental.
- La evaluación coste-eficacia.
- La selección y priorización de las actuaciones que finalmente compondrán el programa del plan hidrológico.

Recomendación:

Se recomienda dar prioridad, siempre que sean técnicamente viables y respondan al problema que se trata de resolver, a las **soluciones basadas en la naturaleza**, que aprovechan el capital natural de cada región y favorecen la sostenibilidad a largo plazo. Cuando estas no sean suficientes por sí solas. se considerarán **soluciones mixtas** o infraestructuras convencionales.

Ámbito de aplicación

Desarrollo del contenido en Tarea 5. Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación de una medida hace referencia a su **escala o alcance**, tanto en términos **espaciales** como **institucionales**. No todas las actuaciones operan al mismo nivel: algunas son puntuales y localizadas, mientras que otras tienen un carácter más general o incluso abarcan todo el territorio cubierto por el plan. Por ello, es fundamental indicar, para cada medida, si su implementación se limita a un sitio específico o subcuenca determinada, o si se trata de un instrumento aplicable a toda la cuenca hidrográfica o incluso se aplicará a nivel nacional. En la práctica de la planificación hidrológica, se suele distinguir entre:

- **Actuaciones específicas**: Intervenciones concretas en ubicaciones determinadas, como obras de infraestructura o acciones de restauración ambiental, por ejemplo. Su materialización requiere una inversión que debe ser financiada.
- **Instrumentos generales**: actuaciones de carácter normativo, educativo o económico que se aplican de forma transversal en todo el ámbito del plan. En este caso, no siempre se precisa de una inversión que dé soporte a la medida. Por ejemplo, reformular con carácter general los límites máximos autorizados de concentración de determinadas sustancias en los vertidos urbanos o industriales, no requiere un presupuesto de inversión como sí lo exige la construcción de una infraestructura, aunque dicha modificación reglamentaria pueda ser una medida que conlleve efectos económicos sobre los afectados.

Determinar con claridad el ámbito de aplicación es clave para una **planificación multinivel eficaz**. En Iberoamérica, donde coexisten diversas estructuras administrativas, es necesario especificar si la ejecución de una medida afectará a un municipio, una provincia o estado, una determinada cuenca o a todo el país. Estos detalles conviene que queden documentados en la base de datos que gestione el programa de actuaciones.

Además, el ámbito también puede referirse al tipo de cuerpo de agua al que se dirige la medida: ríos, acuíferos, lagos o aguas costeras, o específicamente, a la identificación individualizada del cuerpo de agua de que se trata. Un diseño adecuado del programa de actuaciones debe asegurar que cada actuación tenga bien definido su campo de acción, evitando superposiciones entre competencias o vacíos de gestión.

Recomendación:

En una cuenca transfronteriza, se deberá acordar el ámbito jurisdiccional de las medidas que correspondan a cada país para asegurar la cooperación y la gobernanza.

Caracterización técnica de las actuaciones

Desarrollo del contenido en Tarea 6: Caracterización técnica de actuaciones

Cada medida o actuación incluida en el programa que acompañe al plan hidrológico debe contar con una descripción técnica conforme a su nivel de planificación o concreción, y que en cualquier caso permita entender de forma clara su finalidad, tipo de intervención, efectos esperados y condiciones básicas de ejecución.

Esta caracterización no pretende alcanzar el nivel de un perfil de proyecto o anteproyecto, sino aportar una base informada y suficiente que permita evaluar su viabilidad, su efecto y alineación con los objetivos del plan y su posterior desarrollo en las fases de ejecución.

La caracterización técnica mínima recomendada debería incluir:

- **Finalidad de la medida o actuación** y problema específico que busca resolver.
- **Tipo de intervención**: infraestructura, instrumento normativo, restauración ambiental, gestión operativa, etc.
- **Resultados** esperados estimativos, expresados en términos relevantes y, en la medida de lo posible, cuantitativos (reducción de contaminantes, mejora de cobertura, aumento de eficiencia, superficie tratada, capacidad de embalse, etc.).
- **Condiciones básicas de implementación**: requerimientos generales (no detallados) de tecnología, personal, logística, actores implicados.
- **Horizonte de ejecución aproximado**, si se cuenta con información al respecto, lo que en cualquier caso resultará imprescindible para su programación conforme al calendario que acompañe al plan hidrológico.
- **Observaciones relevantes**: aspectos ambientales o institucionales a considerar, sin requerir estudios específicos.
- **Presupuesto y entidades responsable, financiadora y ejecutora**, puesto que pueden no ser la misma.

Este nivel de caracterización debe permitir estimaciones preliminares de costes, clasificaciones por tipo, análisis de pertinencia y análisis coste-eficacia o multicriterio, sin sustituir los estudios técnicos detallados que se desarrollarán en fases posteriores si la medida se aprueba para ejecución.

Estimación de costes, brecha y financiación del programa de actuaciones

Desarrollo del contenido en Tarea 7: Estimación de costes, brechas y financiamiento del programa de actuaciones

Estimación de costes

La estimación de costes es un insumo básico para evaluar la viabilidad financiera del programa de actuaciones.

Los costes de cada actuación son aportados por las instituciones responsables de su ejecución. La autoridad de promotora del plan no calcula ni fija valores; únicamente los recopila desde los responsables de cada conjunto de actuaciones. Para ello es necesario que cada institución aporte, como mínimo:

- **Coste de inversión inicial (CAPEX):** estimación de inversión en términos actuales.
- Costes de operación y mantenimiento (OPEX) durante la vida útil.
- Costes indirectos o externos relevantes (tales como compensaciones, mitigaciones sociales o ambientales, si fueran de aplicación).
- Vida útil atribuible a cada actuación, al objeto de poder anualizar sus costes.

En contextos con poca información, las instituciones pueden utilizar bases de precios unitarios, proyectos de referencia o guías técnicas para estimar los costes. Estos datos, una vez validados, servirán de base para la síntesis presupuestaria.

Síntesis presupuestaria y gestión de brechas de financiamiento

1. Consolidación del presupuesto del programa de actuaciones

Una vez recibidos los costes estimados de cada actuación (aportados por las instituciones responsables, el plan debe:

- **Consolidar la información recibida, sin modificar los valores entregados.**
- **Integrar esta información en un presupuesto agregado del programa de actuaciones**, que no constituye un presupuesto propio de la autoridad de cuenca, sino una **síntesis de los presupuestos aportados por los responsables de cada actuación.** Este presupuesto consolidado será remitido nuevamente a cada institución responsable para su validación formal antes de su incorporación al documento final del plan, a fin de garantizar que los valores reflejados son correctos y han sido aprobados por las entidades competentes.

2. Análisis de brechas de financiamiento

La consolidación del presupuesto permite identificar una **brecha de financiamiento**, entendida como la diferencia entre:

- El coste total del conjunto de actuaciones.
- Los fondos confirmados o previsibles en el horizonte de planificación.

Esta brecha es un insumo clave para:

- **La priorización:** ejecutar en primer término las actuaciones más asequibles o de mayor impacto.
- **La calendarización:** adaptar los plazos de ejecución al ritmo de financiamiento.
- **La negociación interinstitucional:** movilizar recursos adicionales para cubrir las necesidades no financiadas.

3. Alcance y limitaciones

El plan actúa como un facilitador del diálogo presupuestario entre instituciones, sin atribuirse funciones decisorias en cuanto a la selección, programación o financiación de las actuaciones El plan **no asigna recursos ni decide fechas de ejecución obligatorias**. Su papel consiste en:

- Consolidar la información presupuestaria disponible.
- Facilitar el diálogo presupuestario entre instituciones.
- Contribuir a que las actuaciones se incorporen progresivamente en los instrumentos de programación financiera de cada entidad responsable.

Estrategia de financiamiento del programa de actuaciones

Corresponde a cada organismo responsable concretar y formalizar la obtención de los fondos necesarios para implementar las medidas de que es competente, conforme a sus propios procesos presupuestarios y de negociación. La estrategia aquí mostrada, con dicha finalidad, tendrá obviamente carácter orientativo, puesto que cada país habrá establecidos sus particulares mecanismos y procedimientos de planificación económica.

En primer lugar puede proceder la **revisión de los instrumentos económicos que facilitan** la recuperación de costes de los servicios del agua, que se vienen aplicando en la zona o ámbito territorial del plan. Estudiando la brecha de financiación en relación con el grado de recuperación del coste de los

servicios que se haya calculado (Recuperación de costes de los servicios del agua), se puede desplegar un análisis de idoneidad de los instrumentos económicos que se aplican en el ámbito territorial del plan con carácter finalista y, dado el caso, proponer modificaciones.

- **Identificación de ventanillas adecuadas**. El plan podrá **mapear** oportunidades de financiamiento coherentes con el tipo de actuación (p. ej. fondos climáticos, bancos de desarrollo, cooperación bilateral) que encajan con cada tipo de actuación.
- **Preparación de documentación técnica**.
  - El organismo sectorial responsable de la actuación elabora o encarga los perfiles de proyecto y demás documentos requeridos por los financiadores, usando como insumo la ficha técnica validada en el plan.
  - La autoridad hídrica facilita la información hidrológica y, podría actuar, cuando se le solicite, como instancia de coordinación técnica entre actores. La integración en el plan hidrológico de determinadas actuaciones puede ser un significativo soporte de apoyo a la financiación.
- **Negociación y formalización financiera**.
  - La entidad rectora de finanzas (Ministerio de Hacienda, Secretaría de Planificación o equivalente según la administración pública de que se trate) realizará las gestiones oficiales (términos de préstamo o donación, garantías, registro de deuda) y firma los acuerdos correspondientes, de acuerdo con la normativa vigente en el país.
- **Seguimiento interinstitucional**. Una mesa de trabajo podría revisar el avance de las gestiones para actualizar el estado de cada fuente de financiamiento en el «Capítulo de Financiamiento» del programa de actuaciones.

Evaluación de la eficacia

Desarrollo del contenido en Tarea 8: Evaluación de la eficacia

La **evaluación de la eficacia** parte de estimar el impacto esperado de cada medida en relación con los objetivos del plan. En otras palabras, se trata de anticipar el impacto esperado de las actuaciones. Para ello, se recomienda, comparar la evolución esperada en un escenario tendencial (sin intervención) con aquella proyectada tras la implementación del programa, lo que facilita estimar el grado de contribución de cada actuación. Este tipo de evaluaciones, también guardan relación con la justificación de la alternativa seleccionada para resolver los problemas que el plan debe afrontar, según se explica en Etapas del proceso de Planificación Hidrológica, y con la equivalente evaluación de alternativas que se despliegue, en su caso, en el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica.

Cada medida deberá estar asociada a uno o varios **indicadores de resultado**, tales como por ejemplo:

- Reducción de contaminantes (nitratos, fósforo, etc.).
- Incremento de hectáreas bajo riego tecnificado.
- Número de usuarios con acceso mejorado al agua.
- Caudal ecológico asegurado en temporada seca.
- Volumen de embalse.

Además de la eficacia individual, se debe considerar la **eficacia sinérgica**: el efecto combinado de varias actuaciones puede ser necesario para alcanzar ciertos objetivos (por ejemplo, la recuperación de un río puede requerir acciones simultáneas en saneamiento, control de vertidos y restauración ecológica).

También es recomendable evaluar otras dimensiones:

- **Eficacia social**: ¿las mejoras llegan a las poblaciones previstas?, ¿se reducen conflictos?
- **Eficacia institucional**: ¿se fortalecen las capacidades locales de gestión?

La evaluación cuantitativa de la eficacia puede requerir modelización numérica, la misma que se realiza para otros contenidos del plan, tales como la estimación del efecto de las presiones o los balances entre recursos y demandas. Finalmente, la eficacia puede expresarse en términos relacionados con el logro de los objetivos; por ejemplo, número de cuerpos de agua que pasar a cumplir objetivos bajo un determinado paquete de medidas, o número de unidades de demanda que dejar de tener problemas de suministro si se llevan a afecto determinado grupo de actuaciones.

Viabilidad de las medidas o actuaciones

Desarrollo del contenido en Tarea 9: Análisis de la viabilidad

La evaluación de viabilidad tiene por objeto garantizar que las actuaciones propuestas en el plan hidrológico sean razonablemente ejecutables, sin perjuicio de que, en fases posteriores, puedan llegar a requerir estudios técnicos detallados.

Esta evaluación **debe adaptarse a las capacidades del país o región**, y limitarse a una revisión estratégica de aspectos clave como la viabilidad técnica básica, financiera estimada, institucional, social y ambiental. A tal efecto, este análisis debe ser coherente con el de **Evaluación Ambiental Estratégica**, si es que se ha realizado. Hay que tener en cuenta a este respecto, que la EAE no exime de las obligaciones de la Evaluación de Impacto de los proyectos, pero sí crea un marco de apoyo muy favorable para ese segundo nivel de evaluación.

El nivel de detalle debe ser proporcional al carácter planificador del instrumento, sin exigir desarrollos propios de proyectos ejecutivos. Esta evaluación orientará la priorización y facilitará el diseño posterior, pero no sustituye los estudios específicos requeridos en fases de preinversión o ejecución.

Las actuaciones clasificadas como **viables** pasan al análisis de Coste-Eficacia. Las que resultan inviable, pueden serlo simplemente por la situación coyuntural en que se prepara el plan hidrológico, por lo que se mantienen en cartera, pero fuera del programa a implementar en este ciclo de planificación, hasta que se subsanen sus limitaciones o las circunstancias que la desaconsejan puedan darse por superadas.

Recomendación:

El programa de actuaciones debe aplicar un criterio de realismo que permita filtrar o ajustar aquellas medidas cuyo contexto institucional, técnico o financiero no garantice una ejecución viable. Resulta más eficaz priorizar intervenciones compatibles con la escala de recursos y capacidades disponibles, que formular soluciones ideales pero inejecutables. Esta orientación incrementa de forma sustantiva la tasa de implementación efectiva del plan.
En entornos **con recursos limitados**, es aconsejable focalizarse inicialmente en un conjunto reducido de problemas críticos y objetivos prioritarios, definidos en concertación con los actores locales. A partir de esa priorización, se selecciona un número manejable de actuaciones técnicamente factibles y financieramente viables, privilegiando aquellas de alto impacto y bajo costo —las denominadas medidas "*no regret*"— como la protección de fuentes, mejoras básicas en redes de distribución o campañas de sensibilización, por ejemplo.
Este enfoque promueve la viabilidad operativa y evita formular programas sobredimensionados que tienden al incumplimiento. La priorización puede realizarse incluso mediante clasificaciones cualitativas simples, agrupando las medidas según su urgencia e impacto previsto (por ejemplo: inmediatas, de mediano o largo plazo), sin necesidad de recurrir a metodologías cuantitativas complejas.

Análisis de costes-eficacia (ACE)

Desarrollo del contenido en Tarea 10: Análisis costes-eficacia

Usando los costos y los indicadores de eficacia, este apartado estima la eficiencia relativa. Solo se analizan las actuaciones calificadas como viables en el análisis de viabilidad; el resultado se suministra a la etapa de priorización.

El análisis coste-eficacia es una herramienta útil para seleccionar y optimizar el conjunto de medidas o actuaciones que conforman el plan hidrológico. Su propósito es identificar, entre las soluciones alternativas posibles, aquellas que permiten alcanzar los distintos objetivos del plan (cantidad, calidad, adaptación al cambio climático, gestión de riesgos, equidad territorial, etc.) con el **menor coste total posible**, promoviendo así la eficiencia, tanto en la asignación de recursos como en relación a los demás objetivos perseguidos por el plan.

Este tipo de análisis no exige la monetización de los beneficios (como en el análisis coste-beneficio), sino que compara alternativas en función de:

- Su coste estimado (inversión, operación, mantenimiento).
- Su eficacia respecto a un objetivo específico (por ejemplo, incremento del volumen regulado, porcentaje de cobertura de saneamiento, reducción del riesgo por inundaciones, etc.).

Dado que la eficacia no se expresa en términos monetarios, sino en virtud de conceptos técnicos como los previamente indicados, que suelen estar asociados a cada tipo de actuación, es difícil comparar la eficacia de medidas con finalidades claramente distintas; como puede ser una modernización de regadíos con una estación de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo.

Durante el diseño del programa de actuaciones, no basta con preguntarse "¿esta medida contribuye al objetivo?", sino también "¿es la alternativa más económica para lograrlo?" Este enfoque permite:

- Descartar actuaciones con baja eficiencia económica.
- Priorizar intervenciones con alto impacto y bajo costo relativo.
- Optimizar combinaciones de actuaciones para objetivos múltiples.

Aunque en muchos países de la Región la aplicación formal de este tipo de análisis aún es incipiente, sus principios son plenamente aplicables y útiles para mejorar la calidad de la planificación. En cualquier caso, hay que ser conscientes de que existen fuertes limitaciones para comparar medidas que no sean del mismo tipo o no se trate de soluciones alternativas para resolver el mismo problema.

Recomendación:

- Si el objetivo es **aumentar la garantía de abastecimiento en zonas rurales**, se comparan distintas actuaciones (nuevas fuentes, rehabilitación de infraestructuras, mejoras de eficiencia) para estimar el coste por unidad de caudal garantizado.
- Para **reducir la vulnerabilidad al cambio climático**, se evalúan medidas como protección de humedales, gestión de acuíferos o seguros paramétricos, valorando su relación coste-impacto.

En países donde no es posible aplicar un análisis cuantitativo riguroso, puede utilizarse una aproximación cualitativa o multicriterio (por ejemplo, semáforos de eficacia y coste relativo), siempre documentando el criterio adoptado. Este análisis permite:

- Priorizar actuaciones con alta eficacia relativa y bajo coste.
- Eliminar medidas de bajo impacto o coste excesivo.
- Optimizar la combinación de medidas frente a múltiples objetivos.

Este análisis debe estar alineado con los **objetivos definidos en la fase de diagnóstico** y nutrirse del proceso de evaluación de viabilidad y disponibilidad financiera tratado en los apartados anteriores.

- Priorizar actuaciones con alta eficacia relativa y bajo coste.
- Eliminar medidas de bajo impacto o coste excesivo.
- Optimizar la combinación de medidas frente a múltiples objetivos.

Este análisis debe estar alineado con los **objetivos definidos en la fase de diagnóstico** y nutrirse del proceso de evaluación de viabilidad y disponibilidad financiera tratado en los apartados anteriores.

Priorización y calendario de ejecución

Desarrollo del contenido en Tarea 11: Priorización orientativa de ejecución

La programación de actuaciones debe responder a criterios de viabilidad institucional y financiera. Por ello, los calendarios incluidos en el plan hidrológico deben ser realistas, es decir, ajustados a la disponibilidad efectiva de recursos y a las capacidades de ejecución de las entidades responsables. En ningún caso el plan debe fijar compromisos financieros o plazos que excedan lo que el sistema de planificación y financiamiento que el plan lleva asociado puede sostener.

Dado que puede no ser posible implementar todas las medidas simultáneamente, convendrá establecer un marco de priorización técnica que oriente la toma de decisiones. Este marco no es vinculante ni altera las competencias de las instituciones ejecutoras; su función es facilitar la coordinación interinstitucional, identificar sinergias y promover una secuencia lógica de acciones.

Al definir prioridades, es importante asegurar la coherencia interna del plan. Algunas actuaciones, aunque no urgentes en sí mismas, pueden ser condiciones necesarias para otras –como una reforma legal previa a la aplicación de un instrumento económico– y por tanto deben programarse anticipadamente.

Criterios generales (orientativos) que pueden considerarse a la hora de la priorización:

- **Relación coste-eficacia.**
- **Indicadores económicos** (VAN, TIR, coste/beneficio): excluir o reprogramar actuaciones que resulten económicamente inviables.
- **Urgencia del problema**: necesidades críticas (p.ej., agua potable en comunidades vulnerables).
- **Circunstancias coyunturales**: desastres, crisis o cambios regulatorios que exijan adelantar determinadas actuaciones.
- **Magnitud del beneficio**: alto impacto ambiental o social.
- **Plazos legales**: cumplimiento de normativas obligatorias.
- **Madurez técnica/administrativa**: proyectos listos para ejecutar.
- **Coste y "quick wins"**: acciones de bajo coste y resultados tempranos.
- **Factores sociales/políticos**: consenso que facilite la implementación.
- **Oportunidades de financiación**: Existencia de ciertos programas financieros que estén acotados en el tiempo, lo que por ejemplo puede ser importante cuando se recurre a fuentes financieras de organismos de cooperación.

En cuanto al calendario es importante resaltar que el plan hidrológico se limita a reflejar las fechas oficiales proporcionadas por las autoridades competentes y a encuadrarlas dentro del horizonte u horizontes y los escenarios del propio plan. No redefine ni impone calendarios ejecutivos; su función es meramente integradora y de transparencia.

Un posible mecanismo de priorización podría llevarse a cabo de la siguiente forma:

- Cada actuación se asigna a una **ventana temporal indicativa** (corto, medio, largo plazo) de acuerdo con los horizontes temporales del plan hidrológico.
- La fecha de inicio/fin **definitivo** solo se confirmará cuando el organismo responsable incluya la actuación en su ciclo presupuestario o programa sectorial.
- En cada revisión intermedia del Plan (o antes, si existen cambios relevantes), las ventanas se **actualizarán** para reflejar avances, retrasos o nuevas fuentes de financiación.

Asimismo, el calendario debe ser **flexible**, permitiendo ajustes ante eventos imprevistos como desastres naturales, cambios de orientación política o retrasos administrativos. Esto refuerza el enfoque de **gestión adaptativa**, donde el plan se ajusta según las condiciones cambiantes.

La priorización de medidas permite construir un calendario indicativo de ejecución, especialmente alineado con el primer horizonte temporal del plan (habitualmente de entre 6 y 10 años). Para facilitar su seguimiento, este calendario se estructura en fases progresivas. Este calendario puede organizarse por fases:

- **Corto plazo**: medidas inmediatas (en el ciclo de planificación)
- **Mediano plazo**: medidas en preparación (en el siguiente ciclo)
- **Largo plazo**: medidas complejas o dependientes de otras (posteriores)

El calendario debe ser **realista**, considerando los tiempos necesarios para diseño y proyecto ejecutivo de las actuaciones, la obtención de permisos, la evaluación de impacto ambiental, licitaciones, construcción y puesta en marcha. También es útil establecer **metas intermedias** (por ejemplo, % de avance por año) para facilitar el seguimiento.

Aporta transparencia someter el borrador de esta priorización y del calendario indicativo a la audiencia pública del Plan junto con las fichas de actuaciones. Los comentarios recibidos con este proceso pueden debatirse en la Mesa de Coordinación y, cuando proceda, introducir ajustes y cambios que se deberán realizar y reflejar en la versión final.

Importante:
El plan hidrológico solo ofrece un **marco orientativo de priorización y calendario de actuaciones** para facilitar la coherencia y el diálogo entre instituciones; **no impone plazos ni prioridades vinculantes** a las actuaciones que ejecutan otras administraciones distintas de la promotora del plan hidrológico, las cuales conservan plena autonomía para programarlas según su capacidad técnica, su marco presupuestario y sus prioridades sectoriales. En entornos donde las capacidades de ejecución son heterogéneas, el cronograma debe ser **flexible y realista**, de modo que planes demasiado ambiciosos en plazos reducidos no comprometan la viabilidad del programa. Un calendario transparente y bien justificado, adaptado a la realidad financiera e institucional de cada actor, refuerza la rendición de cuentas, facilita la asignación progresiva de recursos y minimiza conflictos interinstitucionales.
En planes hidrológicos nacionales como los de **México (CONAGUA)** y **Perú (ANA)**, la calendarización de medidas también se presenta como **indicativa**, sujeta a revisión intermedia y ejecución por fases, de acuerdo con la programación presupuestaria de las entidades responsables.
En el **PNRH de Colombia**, se emplea el criterio de "madurez técnica" y "viabilidad institucional" como filtros básicos de priorización.

Participación pública

El programa de actuaciones incorporado al plan forma parte del contenido documental que debe someterse al proceso de participación pública del plan hidrológico en su conjunto, lo que se deberá realizar conforme al marco legal vigente en cada país. Las actuaciones individuales propuestas por otras autoridades, distintas a la promotora del plan, no se someten a consulta pública directa a través del plan, ya que cuentan con sus propios procesos de validación y aprobación. El plan incorpora estas medidas con fines de coordinación y coherencia interinstitucional, sin sustituir competencias ni asumir responsabilidades ejecutivas. Su presentación aquí evidencia su necesidad de materialización para alcanzar los objetivos del plan, cuyo logro no será posible sin la implementación del correspondiente programa de actuaciones.

La participación pública vinculada al Programa de Actuaciones tiene, por tanto, carácter **informativo, consultivo e integrador de conocimiento**, y se deberá ajustar a la normativa nacional vigente. Sus objetivos principales son:

- **Fortalecer la legitimidad** del plan y la confianza en el proceso de planificación.
- **Aportar información local y contextual** que permita a las instituciones competentes ajustar o mejorar medidas que son de su responsabilidad.
- **Favorecer el compromiso institucional** de las entidades responsables de ejecutar y mantener las medidas.

Este proceso **no constituye un mecanismo fiscalizador** ni implica la delegación de competencias, pero puede ser de ayuda a la hora de atender la evaluación de impacto de las actuaciones que lo requieran.

Esta participación se apoyará en los mecanismos ya previstos en cada país, tales como talleres participativos, mesas técnicas y procesos formales de consulta pública (Participación pública).

En ausencia de mecanismos participativos reglados, se sugiere establecer tres hitos participativos:

1. **Divulgación temprana de las líneas de actuación.** Presentación inicial y abierta de las grandes líneas derivadas del diagnóstico, antes de definir fichas detalladas. Explicando también como esas líneas de actuación son las que conducen al logro de los objetivos. Finalidad: recoger impresiones generales, información local y enriquecer el debate inicial.

2. **Revisión técnica intermedia de fichas.** Compartición de fichas preliminares con actores relevantes (usuarios, autoridades sectoriales, sociedad civil organizada). Finalidad: verificar pertinencia y adecuación al contexto, detectar ajustes antes de consolidarlas.
3. **Consulta pública formal del borrador del plan:** El Programa de Actuaciones se somete a **información y consulta pública** como parte del plan completo. Todas las observaciones se analizan y responden de manera documentada, dejando constancia pública.

Estos tres momentos aseguran transparencia, inclusión y legitimidad, sin invadir las competencias técnicas y legales de las autoridades responsables de ejecutar las medidas.

El **documento final del plan** debe incluir:

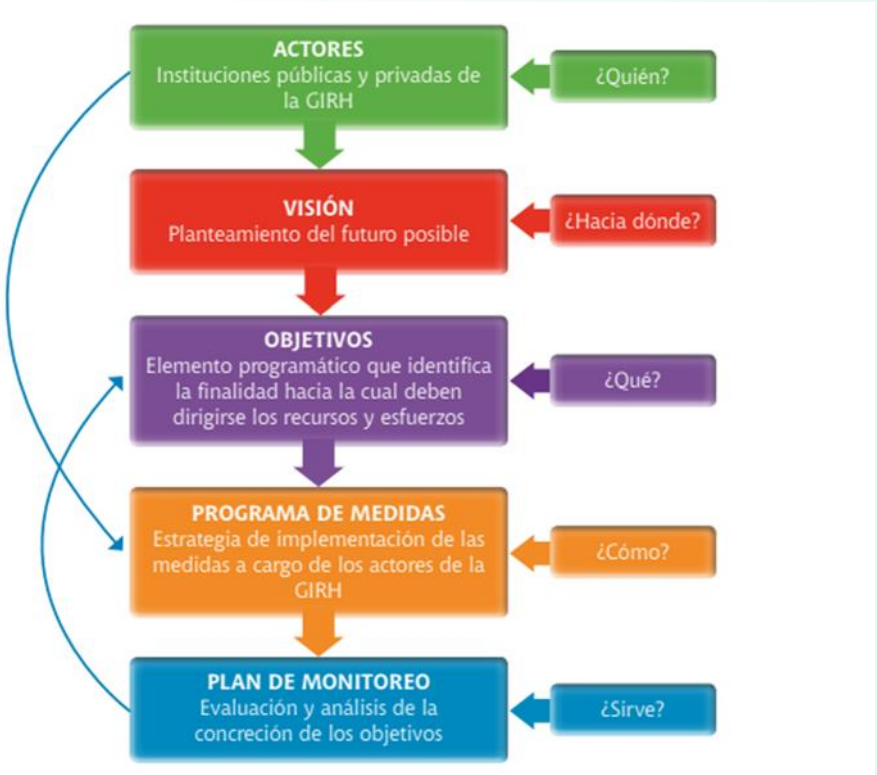
- Los mecanismos de participación aplicados.
- Las observaciones recibidas y la forma en que fueron atendidas o descartadas.
- La confirmación de que estos procesos se realizaron respetando la normativa nacional vigente.

La adecuada trazabilidad del proceso participativo contribuye a la rendición de cuentas y refuerza la gobernanza democrática del agua en el marco de la GIRH. Es importante mantener, a lo largo de todo este proceso, la lógica entre ejecución de actuaciones y logro de objetivos, debiendo entenderse coherentemente que sin una cosa no será posible alcanzar la otra.

Seguimiento y evaluación

Desarrollo del contenido en Tarea 12: Seguimiento y evaluación

El **seguimiento y evaluación** del plan hidrológico se enmarca en la fase de implementación del plan hidrológico (**Tarea implementación, seguimiento y revisión del plan**). El seguimiento del programa de actuaciones, especialmente, es esencial para garantizar que las acciones se implementen correctamente y que generen los resultados esperados. Este proceso permite cerrar el ciclo de la planificación, pasando de la teoría a la práctica y retroalimentando futuras decisiones con evidencia concreta.



Esquema de ciclo. ANA Perú.

En síntesis, el mecanismo consta, al menos, de dos procedimientos complementarios: monitoreo y evaluación, que se explican seguidamente.

Monitoreo

Desde el inicio del proceso de implementación del plan, es decir, inmediatamente después de su aprobación, deberían establecerse mecanismos para monitorear dos aspectos clave:

1. **Ejecución de las actuaciones**: verificando si las acciones se están implementando conforme al cronograma, con el calendario y presupuesto asignado y con la calidad técnica prevista.
2. **Resultados sobre los recursos hídricos**: Evaluando si los efectos de las actuaciones sobre indicadores como calidad del agua, disponibilidad, reducción de conflictos, entre otros, por ejemplo, responden con la eficacia esperada a los objetivos previstos.

De acuerdo con las mejores prácticas, el programa de seguimiento del plan hidrológico debería estar institucionalizado (idealmente respaldado por normativa mediante procedimientos reglamentados), incluyendo la elaboración de informes periódicos —por ejemplo, anuales— y la actualización del plan hidrológico cada cierto número de años (p. ej., cada 10 años), o antes si los indicadores muestran desviaciones significativas. Un sistema de seguimiento adecuado vigila la implementación efectiva del programa y fortalece la rendición de cuentas; en ausencia de este, las medidas corren el riesgo de no trascender del papel a la práctica.

Estos informes periódicos de seguimiento documentan el avance del plan y deben presentarse ante instancias de coordinación (como consejos de cuenca o ministerios sectoriales), permitiendo una evaluación continua, transparente y participativa.

El seguimiento deberá apoyarse en un **sistema de indicadores bien definido**, que incluya, como mínimo:

- **Indicadores de realización**: % de obra ejecutada, número de capacitaciones realizadas, presupuesto ejecutado frente al planificado, etc.
- **Indicadores de resultado**: mejora en la calidad del agua, aumento de la oferta hídrica, número de beneficiarios atendidos, etc.

La recopilación de estos datos requiere disponer de un sistema de registro de información hidrometeorológica y de calidad de las aguas robusto (**Redes de monitoreo**) y un sistema para la organización, gestión y difusión de dicha información (**Sistema de Información**). En la región iberoamericana, aunque existen avances como observatorios del agua y plataformas de datos abiertos, aún persisten brechas de capacidad de monitoreo que deben ser abordadas institucionalmente.

Evaluación

La evaluación consiste en analizar la información generada por en la fase de monitoreo para valorar el desempeño del programa de actuaciones. Se pueden diferenciar dos tipos principales de evaluación:

- **Evaluación de proceso**: analiza si la implementación se está realizando según lo planificado (cumplimiento de plazos, eficiencia en el uso de recursos, gestión administrativa, etc.).
- **Evaluación de impacto**: determina si se están logrando los objetivos del plan. Por ejemplo: ¿Aumentó el número de cuerpos de agua en buen estado ecológico? ¿Se redujo la brecha de acceso al agua potable en comunidades rurales?

Cuando las evaluaciones revelan desviaciones significativas, deberá considerarse el ajuste del plan. Este enfoque de **gestión adaptativa** es un principio central de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), y se refleja en la revisión periódica de los planes, incorporando las lecciones aprendidas.

En el contexto latinoamericano, fomentar una **cultura de seguimiento y evaluación** también contribuye a la continuidad de las políticas hídricas, incluso frente a cambios de gobierno, al basarse en datos objetivos y verificables.

Importante:
Sin seguimiento ni evaluación, un programa de medidas corre el riesgo de quedar en papel mojado. Con ellos, se garantiza su implementación efectiva, se mejora la rendición de cuentas y se fortalece la planificación futura con información basada en la experiencia real.

Recomendación:

En contextos de bajos recursos, el sistema de seguimiento debe ser **ligero pero funcional**. Se recomienda:

- Definir pocos **indicadores clave**: % de avance físico, % de presupuesto ejecutado, y algún indicador de resultado (por ejemplo, calidad del agua o número de beneficiarios).
- Usar medios accesibles para reportar: informes breves (pocas páginas), tablas de avance, gráficos simples.
- Aplicar un sistema básico tipo **semáforo** en una hoja de cálculo.

Además, se establece un **protocolo adaptativo mínimo**: si se detectan alertas (por ejemplo, más de 6 meses de retraso o sobrecostos significativos), el grupo de trabajo se reúne para decidir ajustes. Las decisiones se documentan en un acta, manteniendo el plan como un **documento vivo**, útil para la toma de decisiones y capaz de adaptarse.

Tareas

Tarea 1: Relación del programa de actuaciones con el diagnóstico de la cuenca

El objetivo de esta tarea es **traducir el diagnóstico ya aprobado de la cuenca en un conjunto de líneas de actuación técnicamente justificadas**, que servirán como esqueleto inicial del programa de actuaciones. No se trata de definir medidas concretas (eso llegará más adelante), sino de:

Agrupar los problemas diagnosticados en bloques temáticos (cantidad, calidad, riesgos/clima, gobernanza).

Identificar la **necesidad técnica** que cada problema plantea.

Asignar un **tipo de línea de actuación** o instrumento genérico capaz de atender esa necesidad.

El resultado es una **tabla síntesis "Problema → Necesidad → Tipo de actuación"** que constituirá el insumo directo de la Tarea 2, donde se vincularán estas líneas de actuación con los objetivos estratégicos del plan.

El siguiente cuadro recoge las principales acciones que se deberían llevar a cabo en esta tarea inicial.

Descripción	Producto
Recopilar el **diagnóstico final aprobado** y sus anexos de datos.	Carpeta única "Diagnóstico validado".
Clasificar los problemas y riesgos en los **cuatro bloques**: cantidad, calidad, riesgos/CC, gobernanza.	Inventario de problemas agrupados (hoja de cálculo).
Para cada problema, describir la **necesidad técnica** (p.ej., reducir pérdidas al ≤ 25 %, cumplir DBO ≤ 30 mg/L).	Columna "Necesidad".
Asignar un **tipo de línea de actuación / instrumento** (familia de solución: depuración, modernización de redes, regulación de extracciones, etc.).	Columna "Tipo de actuación".
Elaborar la **tabla síntesis** con cuatro columnas:• Bloque• Problema diagnosticado• Necesidad de actuación• Tipo de línea de actuación	Tabla "Problema → Necesidad → Tipo" validada internamente.

Tarea 2: Vinculación con los objetivos del plan

La finalidad de esta tarea será asegurar que cada **línea de actuación** identificada en la Tarea 1 se relacione, al menos, con un **objetivo estratégico** del plan hidrológico, generando una trazabilidad preliminar que servirá de base para la fase posterior de validación considerando las actuaciones concretas.

Descripción Metodológica:

Se sugiere a continuación un posible mecanismo de sistematización de este trabajo que, en cualquier caso, podrá afrontarse por cualquier otro procedimiento que permita asegurar la vinculación de las actuaciones del programa con los objetivos del plan hidrológico. Ello también define un marco que permitirá identificar actuaciones que, a priori, no procedería incorporar en el programa por no responder a los objetivos del plan hidrológico.

Paso 1: Codificación y asignación de objetivos

1. **Codificar los objetivos del plan**
   - Asignar un código breve a cada objetivo estratégico:
     - **O1** Calidad del agua
     - **O2** Cantidad y disponibilidad
     - **O3** Reducción de riesgos
     - **O4** Acceso equitativo
     - **O5** Gobernanza e institucionalidad
     - **O6** Adaptación al cambio climático
2. **Codificar las líneas de actuación**
   - Numerar correlativamente las líneas de actuaciones derivadas de la Tarea 1: **LA-01, LA-02, …**
   - Mantener una descripción resumida (máx. 20 palabras) para cada línea.
3. **Asignar la correspondencia inicial "LA → O"**
   - Reunir al equipo técnico en un breve taller de mapeo.
   - Leer cada línea **LA-xx** y decidir, por consenso experto, a qué objetivo(s) contribuye
   - Registrar la decisión en una hoja de codificación con tres columnas mínimas: *Código LA*, *Descripción*, *Objetivo(s) asociado(s)*.

Paso 2: Análisis de coherencia y ajustes

1. **Verificar cobertura de objetivos**
   - Contar cuántas líneas respaldan cada objetivo (O1…O6).
   - Identificar **vacíos** (objetivo sin línea de actuación directa) y **excesos** (sobrecarga de líneas sobre un mismo objetivo).
2. **Aplicar ajustes técnicos**

Situación detectada	Acción correctiva
Objetivo sin respaldo	Proponer una **nueva línea de actuación genérica**.
Líneas duplicadas	Fusionar descripciones y conservar un solo código LA.
Línea multisectorial	Añadir nota explicativa indicando los **objetivos cruzados** y la entidad líder encargada de su concreción futura.

3. **Actualizar la hoja de codificación**
   - Incorporar los ajustes (nuevas líneas, fusiones, notas).
   - Asegurar que se cumplen los criterios:
     - Cada **línea** contribuye ≥ 1 objetivo.
     - Cada **objetivo** cuenta con ≥ 1 línea ✓.
     - No existen líneas sin justificación técnica.
4. **Redactar breve informe de coherencia**
   - Resumir los vacíos detectados y cómo se resolvieron.
   - Incluir tabla sintetizada (objetivo vs. nº de líneas ✓ y ●).
   - Señalar las decisiones pendientes (por ejemplo, si algún objetivo seguirá cubierto más adelante con instrumentos externos).

Producto esperado:

1. **Listado codificado "Línea de actuación ↔ Objetivo".**

2. **Informe de coherencia y ajustes**.

Cuando los actores sectoriales aporten **actuaciones concretas,** esta misma tabla se podrá amplificar con columnas adicionales (código de actuación, institución responsable, etc.) para darles el necesario acomodo, sin perder de vista que en la fase de evaluación final se podrá revisar de nuevo la conectividad entre actuaciones y objetivos.

Tarea 3: Identificación de actores responsables y mecanismos de coordinación institucional

Esta tarea tiene como objetivo identificar y asumir claramente las responsabilidades institucionales que corresponden a cada autoridad para la definición e implementación del programa de actuaciones, asegurando mecanismos concretos de cooperación y coordinación. Para ello se puede seguir, por ejemplo, la siguiente metodología:

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación y registro de actores

1. **Mapeo normativo y sectorial**
   - Revisar leyes, reglamentos y planes vigentes para ubicar las entidades con mandato y competencias jurisdiccionales formales en: suministro de agua, saneamiento, agricultura, energía, ambiente, gestión de riesgos, ordenamiento territorial.
   - Dicha relación de entidades deberá incluir gobiernos subnacionales (regionales o locales) cuando posean atribuciones directas sobre obras o servicios hidráulicos.
2. **Criterios de selección**
   - **Competencia legal directa** en recursos hídricos o en prestación de servicios asociados o dependientes de los recursos hídricos.
   - **Responsabilidad y capacidad presupuestaria** sobre obras o programas relacionados.
   - **Capacidad técnica y trayectoria** en ejecución de proyectos hídricos, o de cualquier otra clase relacionados con los objetivos de la planificación hidrológica.

Paso 2: Diseño del mecanismo de coordinación

El mecanismo de coordinación es la “sala de máquinas” que facilitará el diálogo y mantendrá alineados a todos los actores durante la preparación y ejecución del programa de actuaciones. Debe ser proporcional a la complejidad de la cuenca, compatible con la legislación vigente y viable políticamente.

- **Opciones habituales**: Para lograr este propósito son viables distintos mecanismos. Entre ellos puede considerarse la jerarquización del dialogo cooperativo en distintos niveles, por ejemplo:
  - Comité intersectorial de alto nivel con representación política y capacidad decisoria.
  - **Mesa de coordinación técnica permanent**e. Equipo técnico con capacidades analíticas.
  - Sub-mesas temáticas por bloque (calidad, riego, riesgos). Para estudios y análisis técnicos detallados a bajo nivel.

Paso 3: Sesión de lanzamiento con los actores identificados

La organización de las reuniones debe partir de una autoridad administrativa con capacidad suficiente para organizar este tipo de encuentros, de la que directamente dependa la unidad administrativa promotora del plan. Un posible plan de trabajo para ello incluiría:

1. **Convocatoria formal** (oficio o e-mail con firma institucional).
2. **Reunión con actores**
   - Resumen del diagnóstico y de las líneas de actuación derivadas de las Tareas 1-2.
   - Explicación del proceso: formato de ficha de actuación, plazos y roles..
3. **Solicitud oficial**
   - Se entrega un *Formato de Ficha de* Actuación elaborado previamente por el planificador con las líneas de actuación que cada actor deberá remitir a la autoridad promotora del plan en un plazo acordado.

Paso 4: Recepción y organización de las fichas de actuación

La autoridad promotora del plan reunirá la información recibida, la analizará y evaluará. Siguiendo, por ejemplo, el siguiente protocolo de trabajo:

- **Revisión rápida de calidad**
  - Cada ficha de actuación se comprueba contra un "check-list" mínimo: problema que atiende, ubicación, objetivo técnico, estado de la actuación (ejecución / financiada / propuesta), costo o presupuesto orientativo, horizonte temporal en que se prevé su ejecución, fuente de recursos financieros y, por supuesto, institución o autoridad responsable tanto de la financiación como de la ejecución de la actuación.
  - Si falta algún dato esencial, la ficha se devuelve al punto focal de la institución para que la complete.
- **Registro en un repositorio único**
  - Las fichas completas se vuelcan o compilan en una base de datos creada al efecto que permita su organización, manejo, producción de listados, etc.

Productos esperados

- **Listado maestro de actores** con competencias verificadas.
- **Inventario preliminar de actuaciones** asociadas a cada actor.
- **Documento formal** (o acta simplificada) que establece el mecanismo de coordinación y su reglamento básico y el cronograma inicial de reuniones y próximos hitos (entrega de fichas faltantes, validación del inventario, etc).

Tarea 4: Clasificación y tipificación de actuaciones

Esta tarea tiene como objetivo tomar el **inventario de actuaciones** remitido por las autoridades competentes para completarlo y organizarlo en categorías legales y técnicas homogéneas. Esta estructuración:

- Facilita los análisis de viabilidad, coste-eficacia y priorización.
- Ayuda a que cada actor identifique rápidamente el bloque donde encajan sus actuaciones.
- Garantiza que el programa cubra, de forma equilibrada, cantidad, calidad, riesgos, ecosistemas y gobernanza.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Definición y aplicación de criterios de clasificación a cada actuación

Se adoptan tres criterios fundamentales para organizar las actuaciones recibidas:

a) Según el carácter y el marco de referencia de la actuación

- **Actuaciones prioritarias o normativas:** aquellas cuyo cumplimiento es exigido directamente por la normativa nacional vigente (p. ej. tratamiento de aguas residuales, control de extracciones ilegales…), son por tanto actuaciones obligatorias identificadas como tales por normas prevalentes y, como tales, deberán ser actuaciones priorizadas.
- **Actuaciones estratégicas o de refuerzo**: aquellas no exigidas legalmente, pero necesarias para cumplir plenamente los objetivos ambientales, sociales y económicos del plan, así como para aumentar la resiliencia y protección frente a situaciones adversas (ej.: reforestación en cuencas, creación de humedales artificiales, programas de concienciación y ahorro, mejoras de regadíos, nuevas transformaciones, instalaciones energéticas…).

b) Según su naturaleza técnica o sector de intervención

- **Estructurales**: obras e infraestructuras hidráulicas (presas, embalses, plantas de tratamiento, redes de abastecimiento, modernización de regadíos).
- **No estructurales**: instrumentos administrativos, normativos y de gestión (planes estratégicos, modificaciones tarifarias, incentivos económicos, programas educativos y campañas).

c) Según su tipología

- **De oferta hídrica**: intervenciones dirigidas a incrementar directamente la disponibilidad de recursos hídricos (trasvases, recarga artificial de acuíferos, plantas de desalación).
- **De demanda**: medidas destinadas a la reducción del consumo y mejora de la eficiencia (tarifas progresivas, campañas educativas, modernización de sistemas de riego, reparación de redes).
- **De protección ambiental**: actuaciones enfocadas a restaurar o preservar ecosistemas acuáticos y terrestres vinculados al agua (caudales ecológicos, restauración de riberas, control y vigilancia ambiental de vertidos).
- **De gestión de riesgos**: intervenciones destinadas a mitigar o prevenir riesgos hidrológicos (planes de sequía e inundaciones, sistemas de alerta temprana, ordenamiento territorial de zonas inundables).
- **De gobernanza:** Tales como la capacitación del capital humano de las autoridades del agua, la mejora de la redes de control, la vigilancia de los aprovechamientos, etcétera.

El equipo técnico responsable de la preparación del plan aplicará, actuación por actuación, los criterios de clasificación que se entiendan convenientes, como pueden ser los indicados anteriormente:

- Para cada actuación del inventario consolidado (obtenido en la tarea anterior), se asignan dos etiquetas claras:
  - **Etiqueta 1 (carácter legal)**: prioritarias o de refuerzo.
  - **Etiqueta 2 (naturaleza técnica principal)**: Estructural, No estructural, Oferta, Demanda, Protección ambiental, Gestión de riesgos o Gobernanza.
- Cuando una actuación encaja claramente en más de una categoría técnica, puede seleccionarse la categoría predominante o bien posibilitar un sistema de multiselección útil para posteriores análisis.
- Se registra la clasificación en una matriz clara y homogénea (base de datos), asegurando que no se modifique el contenido original remitido por los actores.

Una vez finalizado el etiquetado, **se remite el listado a los actores responsables** para confirmación de que la clasificación asignada no altera su intención ni sus responsabilidades.

- Se establece un breve periodo de revisión para que los actores puedan plantear ajustes justificados.
- Se incorporan solo aquellos cambios estrictamente necesarios por razones competenciales o interpretativas claras.

Paso 2: Análisis del conjunto clasificado

Se elabora un breve análisis estadístico descriptivo que permita detectar desequilibrios significativos:

- Número y porcentaje de actuaciones por categoría (obligatorias/complementarias, estructurales/no estructurales, oferta/demanda, etc.).
- Detección rápida de vacíos o excesos (p.ej. falta de medidas no estructurales, ausencia de intervenciones en gestión del riesgo, predominancia excesiva de infraestructuras físicas, etc.).

Se identifican y registran recomendaciones preliminares que servirán como guía en las tareas posteriores (viabilidad técnica y económica, coste-eficacia, priorización).

Productos esperados

- **Matriz clasificada de actuaciones** en formato sencillo con campos claramente definidos, tales como por ejemplo: **| Código actuación | Descripción breve | Actor líder | Normativa/Refuerzo | Naturaleza técnica | Bloque-problema | Observaciones |**

- **Informe breve** con gráficos sintéticos y comentarios interpretativos que expongan los principales resultados del análisis, las fortalezas y debilidades detectadas, y recomendaciones preliminares para orientar las tareas siguientes.

Tarea 5: Ámbito de aplicación

Esta tarea tiene como objetivo definir el ámbito espacial específico de cada actuación. Para ello se propone la siguiente metodología:

Descripción Metodológica:

- **Localización espacial**
  - Determinar el área de aplicación: puntual (instalación), tramo de río o acuífero, subcuenca, cuenca completa o ámbito nacional.
  - En contextos con SIG, georreferenciar la actuación. En contextos sin SIG, registrar la localización en tabla con descripciones claras.
  - Incluir, cuando corresponda, el tipo de cuerpo de agua afectado: ríos, lagos, acuíferos o aguas costeras, y su identificación individual.

La información sobre la institución responsable **ya definida en la** Tarea 3 se incorpora directamente en este paso para generar un único producto consolidado.

Productos esperados

- Listado consolidado de medidas con los campos: localización (o coordenada), tipo de cuerpo de agua, institución responsable, etc. Así como otras referencias geográficas explicativas: municipio, región, subcuenca, etcétera.
- Cartografía temática (si se dispone de SIG) que muestre la localización y distribución espacial de las actuaciones.

Tarea 6: Caracterización técnica de las actuaciones

El objetivo de esta tarea es obtener una caracterización técnica rigurosa, suficiente y operativa de cada actuación, proporcionando información esencial adicional que complemente lo ya recopilado en tareas anteriores. Esta caracterización permitirá entender claramente la finalidad técnica específica de cada actuación, tipo exacto de intervención, resultados estimativos y condiciones básicas necesarias para su ejecución, facilitando posteriores análisis de viabilidad, pertinencia y coste-eficacia.

Esta tarea utiliza como insumo el inventario consolidado de actuaciones proporcionado por las autoridades competentes y la clasificación de las mismas (Tarea 4). A partir de estos productos, se desarrolla una **ficha técnica por actuación**, sin duplicar los datos ya definidos en esas fases.

Descripción Metodológica:

Paso 1. Elaboración de fichas técnicas estándar

Cada ficha debe contener los siguientes apartados:

- **Identificación** (proveniente de Tareas 3 y 4):
  - Código único de la actuación.
  - Título descriptivo.
  - Actor responsable y localización general.
- **información técnica:**
  - Descripción técnica detallada:
    - Tipo específico de intervención (infraestructura, restauración, normativa, instrumento de gestión).
    - Tecnología o método previsto (p.ej., tratamiento terciario, riego tecnificado, sensorización, recarga artificial, etc.).

- Resultados esperados:
  - Indicadores técnicos previstos (porcentaje de reducción de contaminantes, hectáreas restauradas, incremento de eficiencia, etc.).
- Condiciones generales de implementación:
  - Requisitos básicos (materiales, capacidades técnicas locales, logística, equipos mínimos).
- Horizonte temporal y mantenimiento:
  - Tiempo necesario para implementar de la actuación y requerimientos básicos de operación/mantenimiento.
- Observaciones técnicas relevantes:
  - Riesgos técnicos, condicionantes ambientales o legales que puedan afectar su desarrollo.

Es importante destacar que en este paso no se redefinen ni validan técnicamente las actuaciones: esta información proviene de las entidades responsables y su inclusión en el plan tiene carácter descriptivo.

Productos esperados

- Fichas técnicas completas para todas las actuaciones, con el nivel de detalle adecuado para la planificación.
- Listado consolidado de actuaciones con su caracterización técnica básica.

Tarea 7: Estimación de costes, brechas y financiamiento del programa de actuaciones

Esta tarea tiene como objetivo determinar con precisión suficiente los costes totales, directos e indirectos, asociados a cada actuación del programa, garantizando claridad presupuestaria y la viabilidad económica del plan. Para ello se propone la siguiente metodología:

Descripción Metodológica:

Paso 1: Solicitud y recepción de costos

- **Convocatoria oficial:**
  La autoridad de cuenca, o promotora del plan, envía a cada organismo responsable una solicitud formal para el envío de la información del coste de las actuaciones bajo su competencia.
- **Formato normalizado:**
  Es conveniente utilizar un formulario estandarizado (Anexo-COST-01) para garantizar la uniformidad de los resultados, ya que habrá que considerarlos en su conjunto y resultará imprescindible cierto grado de armonización. Este formulario está vinculado a las fichas técnicas generadas en la Tarea 6.
- **Datos mínimos que cada organismo competente de la actuación debe remitir:**
  1. **Coste de inversión inicial (CAPEX)**: estimación de inversión en términos actuales.
  2. **Costes de operación y mantenimiento (OPEX)**: al menos para los primeros años de operación.
  3. **Costes indirectos relevantes:** compensaciones sociales, medidas ambientales asociadas, u otros costes complementarios.
  4. **Fuente de la estimación:** referencia a proyectos anteriores, bases de precios, presupuestos internos, etc.
  5. **Vida útil de la actuación, como referencia para la anualización de sus costes.**

Este paso es crítico para asegurar que toda la información financiera reunida tiene el mismo nivel de detalle y es comparable, aunque en origen proceda de distintas instituciones. En cualquier caso, una vez reciba la información, el equipo técnico redactor del plan deberá revisar la completitud y consistencia de cada ficha utilizando un check-list:

- Datos completos.

- Montos en moneda constante.
- Indicación del año base.

Si se detectan omisiones o incoherencias, las fichas deberán ser corregidas o completadas.

Paso 2: Consolidación presupuestaria

- **Integración de la información financiera:** Una vez validados los costes remitidos por los organismos responsables, se suman los importes de **CAPEX** (inversión inicial) y **OPEX** (costes de operación y mantenimiento) de todas las actuaciones a incluir en el programa de actuaciones.
- **Clasificación sistemática:** La información financiera consolidada se organizará de manera homogénea según, entre otras posibilidades:
  - **Organismo responsable**.
  - **Bloque temático** (calidad, cantidad, riesgos/adaptación y gobernanza).
  - **Carácter de la actuación** (prioritaria o estratégica) definido en la Tarea 4.
- **Validación interinstitucional**: El presupuesto agregado preliminar se valorará con cada organismo responsable para su validación formal (a ser posible mediante oficio o acta de "visto bueno"), garantizando que los montos reflejados son correctos y cuentan con la validación oportuna antes de ser integrarlos en el documento final del plan.

Paso 3: Cálculo de la brecha de financiamiento

El objetivo de este paso es **identificar y cuantificar de manera clara la diferencia existente entre el costo total del programa de actuaciones y los fondos confirmados o comprometidos** disponibles para su implementación, de manera que se disponga de una base objetiva para priorizar, calendarizar y, en su caso, buscar recursos adicionales o descartar determinadas actuaciones que claramente no puedan acometerse.

Actividades principales:

- **Recolección de información financiera confirmada:**
  - Recopilar, a través de la mesa de coordinación definida en la Tarea 3, la información oficial actualizada de cada organismo sobre:
    - **Fondos asignados o comprometidos** en Programas de Inversión Pública (PIP) vigentes, y en ejercicios anteriores hasta disponer de una senda representativa de los fondos realmente disponibles.
    - **Préstamos, créditos o donaciones internacionales ya aprobados o firmados** que tengan relación directa con las actuaciones incluidas en el inventario.
    - **Mecanismos en curso** como Asociaciones Público-Privadas (APP) con contrato formal vigente o fideicomisos específicos, que faciliten la implementación de determinadas actuaciones.
  - Esta información debe contar, en la medida en que sea posible, con respaldo documental: oficios de asignación, resoluciones presupuestarias, actas de préstamo, o convenios formales.
- **Cálculo de la brecha de financiamiento:** Aplicar la fórmula: **Brecha= Costo total consolidado−Financiamiento confirmado.**
  - Si el valor es negativo o cero, la medida tiene financiamiento completo.
  - Si el valor es positivo, representa el monto que falta por gestionar.

Habitualmente esta evaluación de la brecha no será posible por actuación, solo podrá hacerse por paquete o tipo de actuaciones en su conjunto y entidad responsable respecto a ese determinado tipo; por ejemplo, la entidad encargada de la recogida y el tratamiento de las aguas residuales podrá estudiar su brecha con respecto al coste total del listado de obras de su competencia (redes, colectores, plantas de tratamiento, etc). En esas circunstancias, habrá que trabajar con cada una de esas entidades o autoridades responsables para explorar las posibilidades reales de financiación.

Paso 4: Estrategia indicativa de financiamiento

El objetivo de este paso es **proporcionar un marco de orientación para movilizar recursos que permitan cerrar las brechas financieras** identificadas en el Paso 3, sin que ello implique decisiones presupuestarias vinculantes por parte de la autoridad promotora del plan.

Este paso constituye un **puente entre el análisis técnico-financiero (costes y brechas) y las decisiones de programación de inversiones** que tomarán las instituciones responsables en el marco de su correspondiente ámbito competencial.

Actividades principales:

- **Análisis de la matriz de brechas:**
  - Tomar la matriz generada en el Paso 3.
  - Clasificar las actuaciones según su situación:
    - **Financiadas:** sin brecha.
    - **Parcialmente financiadas:** brecha parcial.
    - **Sin financiamiento confirmado:** brecha total.
  - Identificar cuáles de estas actuaciones son **críticas o estratégicas** por su impacto y urgencia y la entidad responsable en cada caso.
- **Mapeo de fuentes potenciales de financiamiento:**
  - A partir del listado de brechas, se elabora un cuadro donde se relacionan posibles fuentes con las características de cada actuación:
    - **Presupuestos públicos nacionales y locales:** partidas multianuales en planes de inversión pública.
    - **Cooperación internacional y fondos climáticos:** CAF, BID, Banco Mundial, Fondo Verde del Clima, fondos de adaptación, etc.
    - **Instrumentos innovadores:** APP, bonos verdes, pagos por servicios ambientales.
  - Este mapeo no asigna recursos, sino que **indica a qué ventanillas de financiamiento podría dirigirse cada organismo responsable**. Conviene recabar información sobre liquidaciones reales efectuadas a lo largo de una serie de ejercicios o anualidades, para estudiar las tendencias o fluctuaciones que se registran en los distintos agentes inversores y, con ello, poder estimar cual sería el escenario tendencial de inversiones.
- **Asignación preliminar "fuente–medida":**
  - Para cada actuación con brecha, se asocia **al menos una fuente de financiamiento potencial** y se indica:
    - **Acción recomendada:** (p. ej., "gestionar inclusión en el PIP nacional 2026–2028", "preparar perfil de proyecto para Fondo Verde del Clima").
    - **Responsable de la gestión:** entidad que liderará la búsqueda de fondos (organismo sectorial responsable).
    - **Plazo indicativo:** período tentativo para iniciar las gestiones (corto, medio o largo plazo).
- **Plan de acción indicativo:**
  - Se estructura un **documento breve por bloques temáticos** (calidad, cantidad, riesgos, gobernanza) y entidad responsable, que incluye:
    - Listado de medidas con brecha y acciones sugeridas.
    - Propuestas de coordinación con la entidad rectora de finanzas para integrar estas necesidades en los ciclos presupuestarios.
    - Identificación de oportunidades para cooperación internacional y mecanismos innovadores.
    - Propuesta, si fuera pertinente, de ajuste o nueva formulación de instrumentos económicos finalistas.

Este tipo de documentos debieran ser vistos y adoptados en la mesa de coordinación interinstitucional (Tarea 3) antes de incorporar sus conclusiones en el plan hidrológico.

Paso 5: Documento final y validación interinstitucional

Este paso tiene como finalidad **cerrar el ciclo de la** Tarea 6 consolidando los resultados en un documento técnico-financiero único, que sirva como base para la toma de decisiones y la programación presupuestaria por parte de las instituciones competentes.

Actividades principales:

- **Integración de toda la información recopilada:**
    - Incorporar en un documento único, el listado completo de actuaciones indicando:
        - Costes validados por actuación.
        - Presupuesto agregado del programa de actuaciones.
        - Brechas financieras calculadas (totales y parciales).
        - Estrategia indicativa de financiamiento (Paso 4).
    - Mantener trazabilidad clara entre:
        - Datos originales aportados por los organismos responsables.
        - Ajustes técnicos realizados (p. ej., corrección de unidades, normalización del año base, etc.).

Estructura recomendada del documento:

- **Resumen ejecutivo.**
    - Metodología aplicada: fuentes, criterios de validación y límites del análisis.
    - Resultados:
        - Costes directos, indirectos y sociales.
        - Brechas financieras (por bloque temático y por organismo).
        - Fuentes de financiamiento confirmadas y potenciales.
    - Estrategia indicativa de financiamiento:
        - Tabla Medida ↔ Fuente ↔ Acción recomendada.
    - Anexos técnicos:
        - Listado detallado de costes y documentos validados.
- **Presentación a la mesa de coordinación interinstitucional:**
    - Convocar la mesa establecida en la Tarea 3.
    - Presentar el documento técnico-financiero en sesión oficial, destacando:
        - Las principales brechas.
        - Los riesgos de no financiar ciertas actuaciones críticas.
        - Las acciones sugeridas para mejorar la movilización de recursos.
- **Proceso de validación:**
    - Recoger observaciones de las instituciones participantes.
    - Incorporar únicamente ajustes justificados (errores materiales o aclaraciones de información presupuestaria).
    - Dejar constancia del proceso mediante:
        - Acta de validación firmada.
        - Lista de asistentes y acuerdos alcanzados.
- **Envío a la entidad o entidades rectoras de finanzas, responsables de la formulación de los presupuestos públicos (Ministerio de Hacienda, departamentos regionales o locales, o servicios equivalentes):**
    - Remitir el documento validado para que sirva de referencia en la integración del programa de actuaciones en los planes y presupuestos nacionales o regionales.

Productos esperados

- **Documento técnico-financiero validado**, que incluye:
    - Presupuesto consolidado del programa.
    - Análisis de brechas y fuentes potenciales.
    - Estrategia indicativa de financiamiento.
- **Acta de validación interinstitucional**, con acuerdos y compromisos adoptados.

Tarea 8: Estimación de la eficacia

Esta tarea tiene como objetivo determinar con precisión técnica el impacto previsto de cada medida del programa de actuaciones. Dicha estimación se realizará mediante indicadores específicos, cuantitativos siempre que sea posible, que permitan evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos propuestos. Para ello se propone la siguiente metodología.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Definición precisa y específica de indicadores técnicos

Se deberán tratar de identificar indicadores medibles específicos para cada categoría de impacto esperado (ambiental, social e institucional) y tipología de actuación. Estos indicadores deberían permitir simular numéricamente el efecto de las diversas actuaciones, en concreto de cada una de ellas, con respecto a la consecución de los objetivos perseguidos por el plan, a través de esa tipología concreta de actuación. Por ejemplo, puede recurrirse, entre otros, a los siguientes indicadores:

1. **Indicadores ambientales específicos:**
   - **Calidad del agua**:
     - Reducción específica del porcentaje de contaminantes (DBO, nitratos, fósforo, etc.).
     - Disminución específica de la concentración de sustancias tóxicas o metales pesados (mg/L).
   - **Disponibilidad hídrica**:
     - Incremento concreto del volumen adicional disponible (m³/día o hm³/año), servido por los modelos de balance.
     - Número de días/año adicionales con caudales ecológicos mínimos garantizados.
   - **Restauración ecosistémica**:
     - Número específico de hectáreas restauradas o recuperadas.
     - Incremento porcentual específico de cobertura vegetal en ribera.
2. **Indicadores sociales específicos:**
   - **Cobertura y acceso**:
     - Número concreto adicional de usuarios con acceso garantizado al agua potable.
     - Porcentaje específico de aumento en la cobertura de saneamiento.
   - **Aceptación social y conflicto**:
     - Disminución específica del número de conflictos anuales relacionados con el agua reportados.
     - Nivel medido de aceptación pública (% de satisfacción en encuestas específicas aplicadas).
3. **Indicadores institucionales específicos:**
   - **Fortalecimiento institucional**:
     - Número específico de técnicos locales capacitados.
     - Incremento específico en número de reuniones interinstitucionales efectivas realizadas.
   - **Mejora en la gobernanza del agua**:
     - Número específico de normativas técnicas nuevas implementadas.
     - Reducción específica (%) de casos de incumplimiento normativo detectados.

Recomendación:

Tabla detallada por medida, con columna específica por tipo de indicador (ambiental, social, institucional), unidad exacta de medida y metas concretas numéricas o porcentuales.

Paso 2: Estimación del impacto previsto mediante métodos técnicos

Es recomendable la aplicación de métodos técnicos específicos (numéricos) para evaluar el impacto esperado. Entre dichos métodos, puede considerarse:

- **Uso de modelos básicos concretos (hidrológicos o hidráulicos)**:
  - Modelos hidrológicos básicos específicos (por ejemplo, método del balance hídrico, con la misma herramienta que se haya utilizado en los trabajos de balance (**Balances de recursos y demandas**).
  - Modelos básicos de calidad del agua (cálculo de carga contaminante removida por procesos físicos-químicos simples, aprovechando las mismas herramientas utilizadas para la realización del diagnóstico y el efecto de la presiones).
- **Consultas técnicas expertas específicas**:
  - Panel reducido (expertos técnicos locales) que validen técnicamente parámetros específicos estimados.
  - Consultas técnicas virtuales breves con expertos internacionales sobre casos específicos similares en la región.
- **Referencias regionales específicas documentadas**:
  - Recopilación técnica específica de experiencias previas similares locales o regionales, con impactos específicos ya cuantificados y documentados (informes técnicos previos).

Paso 3: Validación cualitativa participativa

Para reforzar la calidad técnica de la evaluación, se realiza una validación técnica participativa con actores locales clave, que cuenten con acreditado conocimiento de la realidad in situ. Para ello, puede recurrirse a:

- Realización de talleres técnicos participativos con metodología estructurada específica:
  - Presentación técnica breve y clara del impacto previsto de la medida.
  - Discusión técnica específica guiada por preguntas directas concretas sobre credibilidad local del impacto previsto.
  - Registro estructurado específico (formulario estandarizado breve) de opiniones técnicas recogidas (viable, parcialmente viable, no viable).

Producto esperado:

- Informe técnico específico completo y detallado que incluya claramente:
  - Indicadores técnicos específicos detallados definidos claramente por categoría (ambiental, social, institucional).
  - Impacto específico estimado claramente cuantificado mediante modelos simplificados y consultas técnicas expertas.
  - Validación técnica participativa documentada con consenso claro específico alcanzado.

Tarea 9: Análisis de viabilidad de cada actuación

Esta tarea tiene como objetivo verificar, con el **mínimo nivel de detalle razonable para un plan**, que cada actuación es **realista y ejecutable** dentro de las capacidades técnicas, financieras, institucionales, sociales y ambientales del país o región. El análisis NO sustituye los estudios de pre-inversión; filtra precozmente propuestas inviables y orienta ajustes antes de pasar a priorización para añadir la actuación al programa de actuaciones. La evaluación se apoya en los insumos ya generados en las tareas anteriores.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Hoja de elegibilidad rápida

Para cada actuación se contestan solo cinco preguntas binario/semáforo:

Criterio	Pregunta clave	Evidencia mínima

Alineación	¿La actuación ataca al bloque-problema identificado y contribuye a ≥ 1 objetivo del plan?	Tabla "Problema–Objetivo" (Tareas 1-2)
Responsable	¿Hay institución con mandato legal y capacidad básica para llevarla a cabo?	Inventario validado (Tarea 3) + marco legal
Financiamiento señalado	¿Existe, al menos, **una** fuente o mecanismo identificado (propio, préstamo, fondo externo) aunque no esté firmado?	Matriz de costes y fuentes (Tarea 7)
Coste acorde	¿El CAPEX/OPEX declarado es coherente con rangos de referencia nacionales o regionales?	Bases de precios unitarios (Tarea 7)
Riesgo socio-ambiental manejable	¿No requiere EIA de categoría alta que harían improbable su ejecución en el horizonte del plan?	Juicio experto + registros de conflictos

Asignación rápida:

- ✓ = Cumple —> elegible.
- ⚠ = elegibilidad condicionada —> se admite si el responsable documenta cómo solventará el riesgo.
- ✕ = No cumple —> queda fuera o pasa a "lista de medidas a seguimiento" hasta que mejore la condición.

Paso 2: Revisión con las entidades proponentes

Este paso tiene como finalidad **aclarar, ajustar y documentar** las actuaciones que durante el Paso 1 obtuvieron calificación ⚠ (elegibilidad condicionada) o ✕ (no elegibles por ahora). No se trata de reabrir un debate sobre actuaciones ya elegibles (✓), ni de diseñar los proyectos, sino de confirmar **si las condiciones mínimas de viabilidad para incorporarlas al programa pueden cumplirse antes del cierre del plan**.

Dinámica propuesta: Discusión por actuación (orden alfabético o por bloque):

- Para cada celda ⚠ o ✕, el equipo técnico indica **la razón concreta de la observación** (p. ej. "conflictos sociales graves en el área de actuación").
- El organismo responsable:
  - Puede **aportar documentación adicional** en el acto (carta de compromiso, evidencia de inclusión presupuestaria, estudios preliminares, etc.).
  - O **aceptar la condición** para que la medida quede incorporada con nota condicionada.
  - O **retirar la propuesta** si no está en condiciones de responder.

Producto esperado:

De este paso se espera obtener una **lista final depurada** de actuaciones a incorporar en el Programa de actuaciones.

- Actuaciones ✓ (incorporadas al programa).
- Actuaciones ✕ (no incluidas en esta edición, con explicación de causa).

Importante:

- **El plan no "impera" sobre las autoridades**: solo comprueba las condiciones mínimas para incorporar su propuesta.
- **No retrabaja ingenierías**: descarta lo inviable a simple vista y documenta por qué.
- **Genera trazabilidad**: cualquier auditor externo puede ver la lógica de inclusión/exclusión.

Tarea 10: Análisis de costes-eficacia (ACE)

Este análisis se aplica únicamente a las actuaciones previamente calificadas como viables. La finalidad de esta tarea es proporcionar un método objetivo para comparar las actuaciones propuestas en el programa, valorando su **relación entre coste y eficacia esperada**. Esto permite mejorar la asignación de

los recursos técnicos y económicos disponibles Es importante aclarar que este análisis **no decide inversiones**: únicamente identifica, desde el plan hidrológico, qué actuaciones son más eficientes para cumplir los objetivos, considerando la información disponible.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Selección de indicadores de eficacia

El análisis se apoya en los resultados técnicos declarados en las fichas de caracterización (Tarea 6) y en los costes validados (Tarea 7). Para cada actuación se elige un único indicador principal de eficacia, que refleje de forma directa el resultado esperado y que sea cuantificable y comparable, conforme ya se ha explicado previamente (Tarea 8).

Ejemplos de indicadores:

- **Calidad:** reducción de carga contaminante (kg DBO/día o t N/año).
- **Cantidad:** incremento de volumen disponible (hm³/año).
- **Gestión del riesgo:** población beneficiada por protección frente a avenidas (habitantes).
- **Medidas ambientales:** hectáreas restauradas, km de riberas rehabilitadas.
- **Medidas no estructurales:** número de normas emitidas o personas capacitadas.

Cuando existan resultados múltiples, se toma el principal y se documentan los secundarios para análisis complementarios.

Paso 2: Cálculo del coste unitario de eficacia

1. Se parte del **coste total** (CAPEX + OPEX) expresado en moneda constante, siguiendo el procedimiento explicado en la Tarea 7.
2. Se divide este coste entre el **valor del indicador principal** de la actuación.

Este cociente expresa cuánto cuesta obtener **una unidad de resultado**. Ejemplos:

- Monto de dinero por kg/día de DBO eliminado.
- Monto de dinero por m³ de agua ahorrada.

Este cálculo se realiza para todas las actuaciones del inventario consolidado. Como resulta evidente, es complejo comparar los resultados ofrecidos por medidas de distinta naturaleza, en las que no haya sido posible utilizar el mismo parámetro para evaluar la eficacia. Este hecho supone una fuerte limitación para aplicar el ACE y comparar actuaciones de diversa naturaleza. En según qué circunstancias pueden aplicarse soluciones imaginativa que permiten aproximar estos indicadores utilizando como indicadores de eficacia el número de éxitos alcanzados, es decir, el número de cuerpos de agua o unidades de demanda en que se daría solución al problema con las medidas adicionales a implementar, aunque sean de muy distinta naturaleza.

Paso 3: Clasificación de las actuaciones

Para facilitar la comparación, si es que ello resulta posible:

1. **Se agrupan las actuaciones por bloque temático** (calidad, cantidad, riesgo, gobernanza).
2. Se ordenan por el valor ACE de menor a mayor.
3. Se aplican rangos **verdes-ámbar-rojo** usando percentiles internos, por ejemplo:
    - **Verde** (≤ P33): actuaciones con **alta eficiencia**.
    - **Ámbar** (P34–P66): eficiencia intermedia.
    - **Rojo** (> P66): actuaciones menos eficientes.

El percentil 33 (P33) es el valor por debajo del cual se sitúa el tercio más eficiente; el 66 (P66) delimita el tercio menos eficiente.

Este enfoque permite identificar actuaciones que son mucho más costosas para lograr el mismo objetivo.

Paso 4: Análisis y discusión con las instituciones responsables

Para evaluar el trabajo realizado y buscar las mejores opciones de actuación, puede hacerse una presentación de resultados y plantearse una reflexión conjunta. Por ejemplo:

- La **matriz de resultados ACE** se devuelve a cada organismo junto con el rango alcanzado.
- Se revisan las actuaciones clasificadas en rojo para:
  - Confirmar si los datos de coste o eficacia estaban completos o eran correctos.
  - Permitir una **justificación técnica** (por ejemplo, obligación normativa que hace ineludible la actuación, aunque sea costosa).
- Las modificaciones justificadas se incorporan en la matriz. Las discrepancias se trasladan a la **Mesa de Coordinación** (Tarea 3) para su decisión final.

Producto esperado:

1. **Matriz ACE consolidada** con: código, nombre, coste total, indicador, valor, coste unitario y rango.
2. **Informe interpretativo** (breve) con:
   - Actuaciones más eficientes dentro de cada bloque.
   - Actuaciones costosas que requieren justificación o rediseño.
   - Gráficos comparativos (barras o diagramas coste vs eficacia).
3. **Insumos para la priorización y programación** que se utilizarán en etapas posteriores.

Importante:

- El ACE **no implica estudios de prefactibilidad** ni reemplaza los análisis detallados de proyectos; se limita a la información disponible a nivel de planificación.
- Este método ofrece una **visión estratégica** de eficiencia y permite ajustar el programa antes de su aprobación definitiva.
- Los resultados no son decisiones vinculantes, sino **una herramienta de diálogo interinstitucional** para mejorar el uso de los recursos.

Tarea 11: Priorización orientativa de ejecución

Esta tarea tiene como objetivo **transformar los resultados del análisis previo** (coste-eficacia, viabilidad, financiación y otros criterios cualitativos) en una **ordenación clara y consensuada** de las actuaciones, de forma que el Programa de Medidas del plan hidrológico pueda estructurarse en bloques con distinta prioridad (Por ejemplo: alta, media o condicional).

Descripción Metodológica:

A continuación, se explica una posible metodología para la priorización de actuaciones, que se fundamenta en el cálculo de lo que informalmente denominamos *índices de prioridad*.

Paso 1: Cálculo del índice prioridad (IP)

Este paso consiste en **asignar una puntuación compuesta** a cada actuación. La puntuación se establecería con base en criterios objetivos. El propósito es **obtener un valor numérico único (IP)** que refleje la importancia y factibilidad de cada medida dentro del programa, y pueda compararse con el IP del resto de actuaciones.

Criterios y fuentes. Se recuerdan los previamente mencionados, entre los que pueden tomarse en consideración, por ejemplo:

- **Coste-eficacia:** resultado del análisis coste-eficacia (Tarea 10).
- **Urgencia / riesgo:** diagnóstico de la cuenca y fichas técnicas.
- **Financiamiento asegurado:** información consolidada en la Tarea 7.
- **Viabilidad:** resultado de la Tarea 9 (semáforo).
- **Madurez técnica:** grado de avance del diseño (fichas técnicas de la Tarea 6).
- **Beneficio social:** cobertura de población vulnerable, equidad, reducción de conflictos, etc.

Método:

1. En la Mesa de Coordinación se acuerdan **pesos porcentuales** para cada criterio (por ejemplo, C/E 25 %, urgencia 20 %, financiación 15 %, viabilidad 15 %, madurez 15 %, beneficio social 10 %).
2. Se asignan valores normalizados (escala 1–5 o equivalente) a cada criterio para todas las actuaciones.
3. Se obtiene el **Índice de Prioridad (IP)** como suma ponderada.

El resultado de este paso es una **tabla con cada actuación y su IP calculado**, sin clasificar todavía.

Paso 2: Clasificación y validación de prioridades

Con los IP ya calculados, se **ordena la lista** y se **clasifica en bloques de prioridad**:

1. **Ordenación descendente por IP.**
2. **Definición de bloques usando percentiles internos:**
   - **Alta prioridad (Bloque A):** IP ≥ P75 (y aquellas con obligaciones legales inaplazables).
   - **Prioridad media (Bloque B):** IP entre P40 y P74.
   - **Condicional (Bloque C):** IP < P40, o con buen IP pero limitaciones graves (financiación sin confirmar, viabilidad roja, conflictos sociales).
3. **Validación breve con los organismos responsables:**
   - Se distribuye la lista preliminar A/B/C para comentarios sobre errores o datos nuevos.
   - Solo se aceptan cambios si se presentan evidencias documentadas (por ejemplo, carta de compromiso financiero).
4. Incorporación de los ajustes validados y **aprobación definitiva** en la Mesa de Coordinación.

Producto esperado:

- Tabla final de priorización (bloques A, B, C).
- Nota metodológica documentando criterios, pesos, percentiles y ajustes acordados.
- Ficha final por actuación. Ejemplo:

Campo	Descripción
Código	LA-03-C01
Título	Ampliación PTAR “Río Claro”
Problema que resuelve	Descargas urbanas sin tratamiento (DBO > 150 mg/L)
Objetivo del Plan asociado	O1 – Mejorar calidad de aguas superficiales
Tipo de intervención	Infraestructura / Tratamiento terciario
Localización	Distrito de Santa María – km 12 margen derecha
Inversión estimada	18 millones USD
O&M anual	0,7 millones USD
Indicador de eficacia	Reducción de 2 700 kg DBO/día
Responsable	Ministerio de Vivienda y Agua Potable
Fuente de financiamiento	Préstamo BID 5560/OC-PE (aprobado)
Horizonte	Diseño 2025 • Obra 2026-2028 • Operación 2029
Estado de viabilidad	✓ Técnica • ✓ Social • ⚠ Licencia ambiental en trámite
Observaciones	Coordinar con municipalidad para servidumbre de paso

Tarea 12: Seguimiento y evaluación

El seguimiento del programa de actuaciones forma parte del proceso de implantación y seguimiento general del plan hidrológico. A tal efecto, se recomienda implementar una metodología de seguimiento anual que permita verificar el cumplimiento técnico, financiero y temporal del Programa de Medidas, así como facilitar ajustes basados en evidencias. Para ello, se sugiere:

- Que la Autoridad de Cuenca, o promotora del plan, envíe y recabe una vez al año de cada organismo involucrado un formulario breve solicitando información sobre los avances físico-financieros y la confirmación de las fechas previstas, con respecto a las medidas que le competen.
- Que cualquier variación igual o superior a 12 meses se documente en un “Anexo de Ajustes de Cronograma”, el cual deberá publicarse junto con el informe anual de seguimiento del Plan.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Diseño del sistema de indicadores

Los indicadores de seguimiento del programa de actuaciones deberán ser explicativos del grado de avance de cada una de las medidas o actuaciones previstas. Para su selección se pueden tomar en consideración distintos tipos de criterios, como, por ejemplo:

a) Criterios técnicos para la selección de indicadores:

- Claramente atribuibles a una medida.
- Medibles con los medios disponibles o fácilmente generables.
- Sus datos sean comparables con metas esperadas (línea base).

b) Tipos y ejemplos operativos:

Tipo	Indicador	Unidad	Fuente	Frecuencia
Ejecución	% ejecución física acumulada	%	Informes técnicos de obra	Trimestral
Ejecución	% ejecución presupuestaria acumulada	%	Informe financiero	Trimestral
Ejecución	Nº actividades realizadas (ej. talleres)	Número	Registro institucional	Semestral
Resultado	Volumen tratado adicional	m³/mes	Monitoreo ETAP / PTAR	Semestral
Resultado	Longitud restaurada	km	Informe técnico y SIG	Anual
Resultado	Población adicional abastecida	personas	Registro operador local	Anual

Recomendación:

Ficha técnica de seguimiento por medida. Componentes mínimos recomendados: código medida, nombre, entidad responsable, varios indicadores explicativos, valores meta, fuente, periodicidad, fecha de la evaluación.

Paso 2: Definición de instancias responsables y periodicidad

Como se ha venido viendo, cada medida debe ir asociada a la autoridad competente para ponerla en práctica. Esta autoridad, que puede entenderse como responsable de alto nivel de la actuación, no siempre tiene que ser, en todos los casos, la misma entidad administrativa que la financie o que la ejecute. Es esos casos en que concurren distintas organizaciones es importante distinguir cada una de ellas con sus correspondientes atribuciones. A modo de ejemplo ilustrativo, se plantean las siguientes posibilidades de documentación:

a) Distribución de responsabilidades:

Tipo de seguimiento	Responsable propuesto	Función
Técnico-operativo	Dirección de obra / Unidad ejecutora	Control de avance físico
Financiero	Unidad de presupuesto del ministerio / operador	Control del gasto
Estratégico-institucional	Autoridad de cuenca o multisectorial	Evaluación anual del cumplimiento del programa
Ciudadano (opcional)	Consejos de cuenca, ONG, ciudadanía	Vigilancia y control social

b) Periodicidad recomendada:

Nivel	Informe	Periodicidad
Técnico	Avance físico y financiero	Trimestral o semestral
Institucional	Evaluación general por medidas y ejes	Anual
Público	Resumen accesible y visual	Bienal o al final del ciclo

Recomendación:

Se sugiere establecer estas responsabilidades por resolución técnica o convenio interinstitucional.

Paso 3: Organización de informes breves

Convendrá que los resultados de todo este trabajo queden claramente documentados. Con tal propósito se sugiere seguir, por ejemplo, el siguiente esquema:

a) Estructura mínima recomendada del informe:

1. Resumen ejecutivo.
2. Estado de avance físico-financiero por medida.
3. Matriz de desviaciones respecto a lo programado.
4. Análisis de causas (climáticas, administrativas, presupuestarias).
5. Propuesta de ajustes.
6. Anexos: gráficos, tablas comparativas, mapa de actuaciones ejecutadas.

Paso 4: Proceso adaptativo

Siempre es conveniente que el plan hidrológico sea un documento estable, que sea la referencia común para actuar en el territorio durante su ciclo de vigencia y que, por consiguiente, no esté sometido a cambios demasiado frecuentes. Es por ello que los planes hidrológicos suelen aprobarse mediante un procedimiento de alto nivel fruto de una tramitación compleja. En principio, hasta que no corresponda revisar el plan porque haya concluido su ciclo, no deberán introducirse cambios significativos. No obstante, si claramente se pone en evidencia que el camino trazado por el plan diverge apreciablemente de las situaciones que se van observando con el paso del tiempo, y que, en consecuencia, el plan y especialmente el programa de actuaciones pierde sentido de aplicación, deberá activarse una revisión anticipada. Para ello se sugiere identificar razones objetivas, tales como:

a) Umbrales de activación de revisión:

- Retraso ≥ 25 % en ejecución física en 2 periodos consecutivos.
- Costes excedidos ≥ 30 % sin financiamiento adicional.
- Evidencia de impactos negativos no previstos.
- Cambios de contexto externo (nueva normativa, reducción de caudales, emergencia climática).

b) Procedimiento técnico-administrativo:

1. **Diagnóstico expreso**:
   - Justificación técnica del desvío.
   - Validación interinstitucional.
2. **Taller de revisión del programa:**
   - Actores clave: ejecutores, financiadores, usuarios.
   - Decisión: mantener, ajustar o reemplazar medida.
3. **Reformulación parcial del programa**:
   - Aprobación formal por el comité responsable.
   - Publicación del ajuste.

Este paso es crítico para implementar la **gestión adaptativa** propia de la GIRH.

Guías

Guía 1: Garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos: implementación de políticas públicas en América Latina y el Caribe. UNESCO

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000370289

Casos prácticas

Brasil: Plan Integrado de Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del rio Paraíba do Sul

Uruguay: Implementación y seguimiento del Plan Nacional de Aguas - Uruguay 2017-2021

[3.9] Participación pública

Definición: La participación pública en la planificación hidrológica se entiende como el **proceso activo de involucrar a la ciudadanía, organizaciones sociales, instituciones y actores locales** en la elaboración, revisión y seguimiento de los planes hidrológicos. Este proceso busca que las decisiones sobre la gestión del agua sean **transparentes, inclusivas y corresponsables**, incorporando la diversidad de intereses, conocimientos y necesidades del territorio.

Incluye tanto mecanismos formales, como **consultas públicas, audiencias, comités de cuenca y observatorios sociales**, como dinámicas más abiertas de participación activa, talleres territoriales y colaboración digital. La participación pública es un **pilar de la gobernanza del agua**, reconocida en instrumentos internacionales y en agendas regionales de desarrollo sostenible.

Objetivo: El objetivo principal de la participación pública en la planificación hidrológica es **fortalecer la legitimidad, la transparencia y la eficacia de las decisiones** sobre la gestión de los recursos hídricos, promoviendo la **corresponsabilidad y la inclusión social**. Específicamente, se busca:

1. **Incorporar la diversidad de perspectivas y conocimientos** en el diseño y la revisión de los planes hidrológicos.
2. **Garantizar transparencia y trazabilidad** en las decisiones, facilitando la comprensión de los criterios técnicos y ambientales utilizados.
3. **Fomentar la corresponsabilidad social** en la protección y uso sostenible del agua, involucrando a actores locales en la definición de prioridades y medidas.
4. **Promover la educación y sensibilización** sobre los desafíos hídricos y climáticos, mejorando la resiliencia de las comunidades

Utilidad: La inclusión de la participación pública en la planificación hidrológica es útil porque:

- **Mejora la calidad de los planes** al integrar conocimientos locales y técnicos, así como percepciones sociales sobre riesgos y necesidades.
- **Fortalece la legitimidad y la aceptación social** de las decisiones, reduciendo conflictos y resistencias en la implementación de medidas.
- **Favorece la equidad y la inclusión**, garantizando que grupos vulnerables o tradicionalmente excluidos tengan voz en los procesos.
- **Aumenta la eficacia de la gestión del agua**, al generar compromiso ciudadano y promover comportamientos responsables en el uso de los recursos.
- **Contribuye al seguimiento y adaptación de los planes**, mediante mecanismos de evaluación participativa y observatorios sociales del agua.

La importancia de la participación pública en la planificación hidrológica ha sido reconocida internacionalmente desde hace décadas. El Principio 10 de la Declaración de Río (1992) estableció que “el

mejor modo de tratar las cuestiones ambientales es con la participación de todos los ciudadanos interesados", reconociendo el derecho de acceso a la información y a la toma de decisiones ambientales por parte del público. En el ámbito regional, instrumentos jurídicamente vinculantes como el **Acuerdo de Escazú (2018)** reafirman estos derechos y obligan a los Estados a asegurar procesos participativos abiertos, inclusivos y con perspectiva de género, dando prioridad a la inclusión de personas en situación de vulnerabilidad. Este marco de derechos humanos, junto con los enfoques de género e interculturalidad, refuerza la participación pública como pilar fundamental de la gobernanza hídrica y de la gestión integrada del recurso hídrico en Iberoamérica.

El trabajo, debates e intercambio de conocimientos llevados a cabo en el **Grupo de Trabajo sobre Participación Pública** ha permitido enriquecer y elaborar el contenido desarrollado en el presente capítulo.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Marco conceptual y normativo

La participación pública en la planificación hidrológica se fundamenta en la idea de que **las decisiones sobre la gestión del agua deben ser inclusivas, transparentes y corresponsables**, incorporando la diversidad de actores sociales y territoriales. Este enfoque permite fortalecer la **gobernanza hídrica**, aumentar la legitimidad de los planes y promover el uso sostenible del recurso en el largo plazo.

Cabe destacar que la participación pública no es solo una buena práctica, sino un derecho consagrado en los compromisos internacionales y regionales sobre desarrollo sostenible. Además de promover la legitimidad y la inclusión, **debe enmarcarse en un enfoque de derechos humanos**, integrando de manera transversal la perspectiva de género, la interculturalidad y la no discriminación. Esto implica que los procesos participativos han de diseñarse conforme a estándares que aseguren igualdad de oportunidades para todos los actores, respetando las diferencias culturales y las obligaciones estatales de transparencia y acceso a la información

Para que la **participación pública en la planificación hidrológica** sea **realmente efectiva y justa**, la normativa debe establecer criterios claros que **eviten desigualdades estructurales**, aseguren la **inclusión social** y fortalezcan la **gobernanza hídrica**. La sola existencia de mecanismos formales de consulta no es suficiente: se requiere un **marco normativo robusto**, con disposiciones que garanticen acceso, equidad y trazabilidad en la toma de decisiones.

Varios países de la región ya cuentan con **leyes de aguas, ambientales y de acceso a la información** que incorporan disposiciones para la participación pública (por ejemplo, México, Brasil, Chile o Perú). Estas experiencias muestran que el éxito de la participación depende de que las normas incluyan elementos específicos que fortalezcan su aplicación práctica.

Para estructurar adecuadamente un proceso participativo es necesario un marco conceptual común que unifique criterios y lenguaje entre las instituciones y la sociedad civil:

- **Participación activa:** Involucramiento real de la ciudadanía, organizaciones sociales, usuarios del agua y comunidades en la construcción del plan hidrológico, con capacidad de aportar, debatir y recibir retroalimentación sobre la incorporación de sus aportes.
- **Consulta pública:** Proceso formal y abierto mediante el cual la autoridad del agua expone borradores o documentos clave del plan para recibir comentarios, observaciones o recomendaciones de la sociedad, cumpliendo con estándares de transparencia y acceso a la información.
- **Gobernanza hídrica:** Conjunto de normas, instituciones, procesos y relaciones que determinan cómo se toman las decisiones sobre el agua, promoviendo la cooperación entre los diferentes niveles de gobierno, los usuarios y la sociedad civil.
- **Comités de cuenca:** Espacios de gestión territorial participativa que reúnen a autoridades, usuarios, comunidades locales y organizaciones para debatir, coordinar y priorizar acciones en

la cuenca hidrográfica, sirviendo como instrumento central para la participación descentralizada.

A continuación, se enumeran los **elementos clave que sería recomendable que se contemplara en la normativa sobre participación pública en la planificación hidrológica**, con el fin de garantizar procesos **inclusivos, equitativos y efectivos.**

1. **Garantía de acceso universal y equitativo**
   - La normativa debe asegurar que **todas las personas y comunidades** con interés en la gestión del agua puedan participar, con especial atención a sectores tradicionalmente excluidos:
     - Comunidades rurales y pueblos indígenas.
     - Mujeres, jóvenes y pequeños usuarios agrícolas.
     - Organizaciones sociales y ambientales de base.
   - Incluir obligaciones para ofrecer **información clara, gratuita y en formatos accesibles**, considerando lenguas locales y herramientas digitales o presenciales según las condiciones del territorio.
2. **Mecanismos efectivos de participación**
   - La ley debe definir **canales formales y verificables** de participación, tales como:
     - Consultas públicas y audiencias con plazos adecuados para recibir y procesar aportes.
     - Comités o Consejos de Cuenca con representación plural y rotativa.
     - Talleres comunitarios y foros multiactor con adaptaciones socioculturales.
   - Establecer la **obligatoriedad de documentar y publicar los resultados** de la participación y su influencia en las decisiones finales.
3. **Prevención de desigualdades estructurales**
   - Incorporar medidas para **evitar la captura de los procesos participativos** por actores con mayor poder económico, político o técnico.
   - Establecer **criterios de representatividad y balance territorial**, para garantizar que todas las subcuencas y sectores sociales tengan voz en proporción justa.
   - Incluir disposiciones para facilitar la **participación con apoyo logístico**, como transporte o viáticos para comunidades alejadas.
4. **Trazabilidad y rendición de cuentas**
   - La normativa debe exigir que todas las contribuciones recibidas en consultas o foros tengan **trazabilidad documentada**, indicando si fueron incorporadas al plan y las razones en caso contrario.
   - Se recomienda la creación de **observatorios sociales del agua** o plataformas digitales donde se publiquen los aportes, avances y resultados de la participación.
5. **Evaluación y seguimiento participativo**
   - La ley debe contemplar mecanismos de **monitoreo y evaluación periódica** del proceso participativo, incluyendo indicadores de:
     - Inclusión y diversidad de actores.
     - Calidad de los aportes y su incorporación en decisiones.
     - Percepción de legitimidad y confianza social.
   - Promover la **corresponsabilidad**, involucrando a la sociedad en el seguimiento de los compromisos del plan hidrológico.

Importante:

La normativa debiera explicitar que la participación pública se desarrollará bajo principios de derechos humanos, igualdad de género e interculturalidad. Esto supone garantizar que **ningún grupo poblacional quede excluido** y que se apliquen acciones afirmativas en favor de aquellos sectores vulnerables o históricamente marginados (por ejemplo, personas con discapacidad, comunidades indígenas aisladas, mujeres rurales con cargas de cuidado). Estas disposiciones están alineadas con los compromisos adoptados en la región para asegurar una participación informada, incluyente y con rendición de cuentas en asuntos ambientales.

Diseño del proceso participativo

El **diseño del proceso participativo** en la planificación hidrológica debe concebirse como un **mecanismo estructurado, inclusivo y transparente** que permita a la sociedad **involucrarse activamente en todas las etapas del ciclo de planificación**. No se trata únicamente de cumplir con un requisito formal, sino de establecer un proceso que **fortalezca la gobernanza hídrica**, mejore la calidad de las decisiones y promueva la **corresponsabilidad social** en la gestión del agua.

El diseño de la estrategia participativa debe acompañar todas las etapas del ciclo de planificación hidrológica, desde el diagnóstico inicial hasta la validación del plan, incluida su fase de seguimiento, garantizando una implicación continua de la sociedad. Para lograrlo, es aconsejable **formalizar la estrategia de participación** como parte integral del plan hidrológico (por ejemplo, mediante un Plan de Participación anexo con objetivos, actores, fases, cronograma y recursos asignados). De esta manera se evita que la participación sea tratada solo como un componente transversal informal, asegurando en cambio que cuente con estructura, recursos y reconocimiento institucional dentro del plan de acción.

Un diseño sólido debe lograr varios propósitos simultáneos:

- **Integrar conocimiento técnico y local**, reconociendo que la experiencia de comunidades rurales, indígenas y usuarios tradicionales aporta información valiosa sobre el funcionamiento real de la cuenca.
- **Generar confianza y legitimidad social**, mostrando que los aportes ciudadanos son escuchados, valorados y, cuando es viable, incorporados al plan hidrológico.
- **Prevenir y gestionar conflictos**, al ofrecer canales formales de diálogo donde puedan expresarse necesidades, preocupaciones y propuestas antes de que las decisiones sean definitivas.
- **Promover educación y sensibilización hídrica**, de manera que la participación no solo sea un espacio de consulta, sino también un proceso de aprendizaje colectivo que incremente la resiliencia social.

Para que el proceso sea efectivo, se recomienda:

1. **Organizarlo en fases claras** que permitan avanzar ordenadamente desde la planificación inicial hasta la retroalimentación final.
2. **Definir mecanismos de participación variados y complementarios**, combinando espacios presenciales, virtuales y comunitarios para llegar a todos los actores relevantes.
3. **Asegurar la adaptación a las realidades territoriales y socioculturales** de cada cuenca, reconociendo la diversidad lingüística, los distintos niveles de acceso a la información y las diferencias en capacidades institucionales y comunitarias.

Fases del proceso participativo

El proceso participativo debe estructurarse en **fases sucesivas**, que garanticen claridad, transparencia y trazabilidad desde la planificación inicial hasta la retroalimentación final. Este enfoque permite que la sociedad y las instituciones interactúen de manera ordenada, que los aportes sean sistematizados y valorados, y que se fortalezca la legitimidad de las decisiones.

Asimismo, la planificación de cada fase debe adaptarse a los ritmos socio-territoriales e institucionales de la cuenca. Esto significa considerar, al programar actividades, realidades locales como ciclos agrícolas de cosecha, periodos electorales, festividades comunitarias u otras dinámicas que pueden influir en la disponibilidad real de los actores para participar. Incorporar esta flexibilidad temporal y cultural aumentará la eficacia de la participación, evitando convocatorias en momentos poco oportunos y facilitando una asistencia más representativa. Del mismo modo, se debe garantizar que los lenguajes y formatos utilizados en documentos y talleres **sean accesibles para públicos no especializados**: se recomienda preparar resúmenes ejecutivos, infografías, materiales audiovisuales e incluso traducciones a lenguas indígenas cuando corresponda. Asegurar formatos accesibles (p. ej. lectura fácil, audioguías o interpretación en lengua de señas) para personas con discapacidad o bajo nivel de alfabetización también es esencial, a fin de promover una accesibilidad integral en el proceso participativo.

1. Fase de planificación

Es el **punto de partida** y determina gran parte del éxito del proceso. Su objetivo es **diseñar el marco operativo de la participación**, definiendo quiénes participan, cómo, cuándo y con qué recursos.

Aspectos clave:

- **Mapeo de actores y análisis de relaciones de poder**: Identificar instituciones, usuarios del agua, comunidades rurales e indígenas, mujeres, jóvenes, organizaciones productivas y ambientales, personas con discapacidad y otros grupos relevantes, analizando su nivel de influencia, intereses y posibles barreras de acceso. Este mapeo debe realizarse con una mirada interseccional, reconociendo que factores como género, edad, etnia, situación socioeconómica o territorial, y discapacidad pueden combinarse generando barreras múltiples para ciertos actores. Además, el mapeo debe actualizarse iterativamente a lo largo del proceso, de modo de ajustar la estrategia de involucramiento si emergen nuevos actores o cambian las condiciones en el territorio.
- **Estrategia de involucramiento diferenciado**: Asegurar que cada grupo tenga canales y formatos adaptados a sus características, promoviendo la participación equitativa según género, edad, etnia, condición socioeconómica y situación de discapacidad. Por ejemplo, combinar reuniones presenciales con foros virtuales, materiales escritos con presentaciones orales en lenguas locales, o dinámicas separadas por grupos de interés, de manera que mujeres, jóvenes, pueblos indígenas, pequeños agricultores y otros sectores puedan expresarse en condiciones adecuadas. Esta estrategia debe anticipar y reducir brechas de poder entre participantes, evitando que solo los actores con mayor capacidad técnica o económica dominen las discusiones.
- **Plan de comunicación inclusivo**: Diseñar materiales informativos en lenguaje claro y visual y, cuando sea necesario, en lenguas locales, empleando también formatos accesibles para distintos públicos. Se deberían generar, por ejemplo, resúmenes ejecutivos ilustrados, infografías, videos subtitulados y documentos en formatos adecuados para personas con discapacidad (como braille o audio) y para participantes con baja alfabetización. Incluir herramientas de difusión híbridas (presenciales y digitales) para superar brechas territoriales y de conectividad, utilizando radio comunitaria, redes sociales, cartelería local y otros medios que garanticen que la información sobre el plan llegue a todos los actores relevantes, por remotos que sean.
- **Elaboración del Plan de Participación** con cronograma, roles institucionales, recursos y mecanismos de seguimiento.
- **Convocatoria temprana y transparente**, comunicada por múltiples medios, que permita preparar a los actores para una participación efectiva.

En esta fase se definen también **estrategias de mitigación de barreras** como la distancia, la conectividad digital limitada o los tiempos de disponibilidad comunitaria, mediante talleres itinerantes, apoyo logístico o modalidades híbridas.

2. Fase de consulta y diálogo

Es la etapa en la que la sociedad **recibe información clara sobre el plan hidrológico** y tiene la oportunidad de **opinar, aportar y plantear observaciones**.

Para que la consulta pública realmente cumpla su objetivo, debe ir más allá de la mera recolección de opiniones y convertirse en un ejercicio de co-creación. Esto implica que la institución responsable establezca mecanismos de devolución y respuesta claros frente a los aportes recibidos: por ejemplo, proveer retroalimentación pública sobre cómo se incorporarán las sugerencias o cómo serán atendidas las observaciones principales. Una consulta efectiva no busca solo validar socialmente el plan, sino ajustarlo con la ciudadanía, identificando necesidades y soluciones locales, mejorando la transparencia del proceso y fortaleciendo la confianza de la comunidad en las decisiones finales. En este sentido, cada taller, audiencia o foro debe culminar con compromisos de la autoridad para considerar los insumos recibidos y comunicar posteriormente qué cambios derivan de ellos, cimentando así la trazabilidad y la corresponsabilidad entre sociedad y gobierno

Mecanismos habituales:

- **Talleres presenciales** en comunidades locales, donde se explican los objetivos del plan y se recogen aportes específicos.
- **Mesas de diálogo multiactor** entre autoridades, usuarios, organizaciones sociales y productivas para discutir retos y prioridades.
- **Consultas virtuales y plataformas digitales**, que amplían el alcance de la participación para quienes no pueden asistir físicamente.
- **Foros y asambleas comunitarias**, esenciales en zonas rurales o con fuerte identidad territorial, adaptadas a lenguas locales y contextos socioculturales.

En esta fase es clave garantizar que **la información técnica se presente de manera sencilla, visual y comprensible**, evitando el exceso de tecnicismo que podría excluir a ciertos sectores.

3. Fase de integración de aportes

El valor de la participación radica en que los **aportes ciudadanos se analicen, sistematicen y, cuando sea posible, se integren** en la versión final del plan. Esta fase requiere **transparencia y trazabilidad**, para evitar que los procesos se perciban como meramente consultivos. Esta fase se desarrolla en más profundidad en **trazabilidad y sistematización de aportes**.

Pasos recomendados:

- **Revisión técnica y social de los aportes recibidos**, identificando los que son viables, complementarios o necesitan ajustes.
- **Incorporación de los aportes al plan** de forma justificada, o explicación clara en caso de no poder integrarlos.
- **Elaboración de un informe de trazabilidad**, que muestre cómo cada aporte fue considerado y en qué parte del plan se refleja.

Esta fase fortalece la **legitimidad social** y la percepción de corresponsabilidad, al demostrar que la participación tiene impacto real.

4. Fase de retroalimentación y cierre

Es la etapa final, en la que la institución **informa a la sociedad sobre los resultados** del proceso participativo y los cambios introducidos en el plan.

Acciones recomendadas:

- **Presentación pública de resultados** mediante talleres finales, informes digitales y reuniones con los actores clave.
- **Entrega de un resumen accesible** de los aportes recibidos, indicando cuáles se integraron y por qué.
- **Lecciones aprendidas** para mejorar los futuros procesos de participación y reforzar la gobernanza hídrica.
- **Vinculación con el seguimiento del plan**, invitando a los participantes a integrarse en comités, observatorios o espacios de monitoreo social.
- **Informe de devolución accesible**: Además del resumen accesible de aportes integrados, generar un informe de devolución más detallado (dirigido a los participantes y público interesado) donde se explique propuesta por propuesta qué decisión se tomó –integrarla, modificarla o no incluirla– y la justificación técnica o normativa correspondiente. Este informe debe difundirse abiertamente (por ejemplo, en el portal web del organismo hídrico y en copias impresas locales) para asegurar trazabilidad y rendición de cuentas, de modo que cada participante pueda rastrear el destino de su contribución en el plan. Esta práctica refuerza la confianza en el proceso al demostrar que todas las voces fueron escuchadas y consideradas de manera objetiva.

Momentos clave del proceso participativo

La experiencia regional muestra que, además de estructurar el proceso en cuatro fases, es esencial definir **hitos temporales** precisos que aseguren la implicación sostenida de los actores. A continuación

se describen los ocho momentos recomendados, alineados con el ciclo general de la planificación hidrológica:

Momento (hito)	Objetivo de la participación	Producto/resultados esperados
1. Alcance y mapeo de actores (pre-diagnóstico)	Validar el alcance del plan y construir el mapa de actores, identificando relaciones de poder y brechas de inclusión.	Lista consensuada de actores; plan preliminar de participación.
2. Diagnóstico técnico inicial	Recoger conocimiento local sobre problemas de agua, usos y conflictos; contrastar datos técnicos.	Ajustes al diagnóstico; actas y fichas de problemática social-ambiental.
3. Escenarios y objetivos	Discutir escenarios futuros y prioridades; acordar objetivos estratégicos de la cuenca.	Objetivos revisados con aportes ciudadanos; matriz de prioridades.
4. Consulta pública del borrador de plan	Presentar el plan completo; recibir observaciones formales y sugerencias finales.	Matriz de trazabilidad de aportes; versión ajustada del plan.
5. Aprobación y compromiso corresponsable	Formalizar acuerdos, roles y responsabilidades; firmar actas de compromiso.	Resolución o acuerdo de aprobación; plan definitivo publicado.
6. Seguimiento y reportes anuales	Revisar avances, indicadores y cumplimiento de compromisos; resolver ajustes operativos.	Informes de seguimiento participativo; actas de retroalimentación.
7. Evaluación intermedia / revisión del plan	Evaluar resultados a mitad del horizonte; decidir re-enfoques o actualizaciones.	Informe de evaluación participativa; recomendaciones para la siguiente revisión.

Importante:

- Estos momentos se integran en el cronograma general del plan y **se difunden desde la fase de planificación** para que los actores conozcan de antemano las fechas y expectativas.
- Cada hito debe ir acompañado de la **herramienta** más adecuada (taller, audiencia pública, foro virtual, encuesta, etc.) según el grupo meta y el objetivo concreto.
- Los productos listados sirven de **evidencia documental** para la matriz de trazabilidad y para la posterior evaluación participativa descrita en la sección.

Trazabilidad y sistematización de aportes

Los procesos de participación pública solo alcanzan su pleno potencial cuando los aportes ciudadanos pueden **seguirse** y **aprovecharse** de forma verificable. Para ello se requieren dos componentes complementarios:

- **Trazabilidad de aportes** garantiza que cada comentario quede registrado y se conozca su destino.
- **Sistematización de aportes** convierte ese caudal de información en insumos estructurados para la toma de decisiones.

Trazabilidad de aportes

Aspectos esenciales

a) **Registro ordenado de los aportes**
   - Fecha y canal de recepción (taller, foro comunitario, consulta virtual, etc.).
   - Identificación del remitente (individual o institucional), respetando confidencialidad cuando aplique.
   - Localización geográfica/territorial vinculada a la subcuenca o sector.
   - Etiqueta temática inicial (recursos hídricos, demandas, gobernanza, etc.).

b) **Seguimiento sistemático**
   - **Aceptado e incorporado** (total o parcial).

- **Aceptado con ajustes** (modificado por requisitos técnicos, normativos o de coherencia).
- **No incorporado** (con justificación explícita y trazable).

c) **Comunicación de resultados**
- Informe de trazabilidad con el ciclo completo de cada aporte.
- Resúmenes públicos en boletines, portales web y redes sociales.
- Eventos de retroalimentación (talleres de cierre, audiencias, webinars).

Sistematización de aportes

La **sistematización** organiza, clasifica, analiza y prioriza las contribuciones recibidas para transformarlas en información técnica y socialmente accionable. De este modo, el conocimiento local y el experto se integran en un plan hidrológico más inclusivo, sostenible y respaldado por la comunidad.

Pasos prácticos para la sistematización

a) **Organización inicial**
- Consolidar todos los aportes en una base de datos o matriz única.
- Clasificar por origen (talleres, plataformas digitales, mesas de diálogo) y por tipo de actor.
- Asignar etiquetas temáticas (balances hídricos, ecosistemas, infraestructura, gobernanza, etc.).

b) **Evaluación técnica y social**
- **Viabilidad técnica y normativa**: coherencia con leyes de agua, disponibilidad hídrica, infraestructura existente.
- **Relevancia social y ambiental**: impacto en equidad, sostenibilidad y resiliencia de la cuenca.

c) **Priorización**
- Aplicar matrices multicriterio que ponderen:
  - Contribución a los objetivos del plan.
  - Impacto en sostenibilidad ambiental y resiliencia social.
  - Viabilidad técnica, económica y legal.

d) **Integración en el plan**
- Reflejar los aportes priorizados en capítulos de diagnóstico, medidas y programas.
- Elaborar un **Informe de sistematización** público que muestre clasificación, análisis y grado de integración de cada aporte.

- **Beneficios de la sistematización**
- Optimiza la calidad y la coherencia del plan hidrológico.
- Aumenta la transparencia y la rendición de cuentas.
- Deja capacidades instaladas y memoria institucional para futuros ciclos de planificación.

Para asegurar una trazabilidad y sistematización **efectivas, claras y confiables**, se recomienda el uso de herramientas que combinen **gestión documental, análisis de datos y comunicación pública**, favoreciendo la transparencia y la integración de los aportes en el plan hidrológico. Entre las más destacadas se encuentran:

1. **Matriz de trazabilidad**
   a. Documento estructurado en hojas de cálculo o software de gestión que permite **registrar, clasificar y dar seguimiento** a cada aporte.
   b. Incluye campos como: fecha de recepción, canal, actor participante, tema, análisis técnico y social, decisión de integración, y justificación.
   c. Facilita generar reportes de manera rápida y reproducible.
2. **Plataformas digitales de participación**
   a. Herramientas web que permiten recibir aportes en línea, sistematizarlos automáticamente y mantener un registro histórico.
   b. Algunas incluyen **visualizaciones interactivas** que facilitan la comunicación de resultados a la ciudadanía.
   c. Ejemplo: sistemas de consulta pública nacionales, portales de transparencia ambiental o aplicaciones específicas para gestión del agua.
3. **Software de análisis cualitativo y temático**

   a. Permite **agrupar y evaluar comentarios por categorías temáticas**, facilitando la identificación de tendencias y prioridades.
   b. Ayuda a procesar grandes volúmenes de información, combinando datos técnicos y percepciones sociales.
4. **Informes públicos y resúmenes ejecutivos**
   a. Documentos y presentaciones diseñados para **comunicar de forma sencilla los resultados** del proceso participativo.
   b. Se pueden complementar con infografías, boletines y tableros visuales para fortalecer la transparencia y la confianza.
5. **Observatorios sociales del agua**
   a. Espacios de monitoreo permanente que reúnen instituciones, comunidades y organizaciones sociales.
   b. Permiten **dar continuidad al seguimiento** de los aportes y de los compromisos asumidos en el plan hidrológico.

Recomendación:

Como resultado del proceso de trazabilidad y sistematización de aportes, se recomienda que el plan hidrológico cuente con:

- **Matriz de trazabilidad pública**, que registre y documente cada aporte y su decisión de integración.
- **Informe de sistematización**, que organice y priorice los aportes para su incorporación en el plan.
- **Resumen ejecutivo accesible**, que muestre de forma clara a la ciudadanía cómo sus contribuciones fueron consideradas.
- **Mecanismo de seguimiento participativo**, que permita mantener la corresponsabilidad y la transparencia en la implementación del plan.

Equidad, representatividad y fortalecimiento social

Los procesos participativos de un plan hidrológico deben asentarse sobre **tres pilares complementarios**:

Pilar	Propósito
Equidad	Asegurar igualdad real de oportunidades para participar, superando barreras sociales, económicas, culturales, geográficas o de discapacidad.
Representatividad	Garantizar que los actores involucrados reflejen la diversidad territorial, sectorial y sociocultural de la cuenca, evitando la captura por grupos de poder.
Fortalecimiento social	Convertir la participación en un proceso de aprendizaje y empoderamiento comunitario que instale capacidades de gobernanza hídrica más allá del ciclo de planificación.

Cuando estos tres componentes se articulan de forma coherente, la participación deja de ser un trámite de consulta para convertirse en un **mecanismo de construcción colectiva** que legitima socialmente el plan, lo enriquece con conocimiento local y lo hace más resiliente frente a los desafíos hídricos y climáticos.

1. Equidad en los procesos participativos

Para materializar la equidad se recomiendan las siguientes acciones:

- **Diseño accesible y justo:**
  - Incluir sectores históricamente sub-representados (comunidades rurales, pueblos indígenas, mujeres, jóvenes, pequeños usuarios agrícolas, personas con discapacidad).
  - Difundir convocatorias por múltiples canales (radio comunitaria, carteles locales, redes sociales, mensajería instantánea).
- **Información adaptada:**
  - Elaborar materiales en lenguaje claro y formatos visuales.

  - Traducir a lenguas indígenas cuando corresponda y ofrecer versiones en lectura fácil, braille, audio o video subtitulado.
  - Contar con intérpretes de lengua de señas durante actividades clave.
- **Eliminación de barreras logísticas y digitales:**
  - Talleres itinerantes en zonas alejadas y apoyo en transporte/viáticos para actores con menos recursos.
  - Plataformas digitales de bajo consumo de datos y espacios híbridos (presenciales-virtuales) para salvar la brecha de conectividad.

2. Representatividad en la toma de decisiones

Medidas operativas para asegurar una representación equilibrada:

- **Criterios formales de representación** territorial y sectorial (al menos una voz por subcuenca y por actor clave).
- **Diversidad en órganos de gobernanza** (comités de cuenca, mesas de diálogo) exigida por reglamento interno.
- **Rotación y relevo generacional** periódico de vocerías para evitar la perpetuación de élites.
- **Espacios complementarios inclusivos** (grupos focales, talleres segmentados, facilitación neutral de universidades/ONG) para captar voces que no acuden a foros oficiales.

Estas acciones impiden que las decisiones se concentren en actores con mayor influencia política, económica o técnica y aseguran una deliberación plural.

3. Fortalecimiento social y corresponsabilidad

La participación debe dejar capacidad instalada para la gestión del agua:

- **Capacitación y sensibilización:**
  - Formación básica en gestión hídrica, cambio climático y derechos vinculados al agua.
  - Talleres de liderazgo y herramientas participativas para actores comunitarios.
- **Corresponsabilidad en la implementación:**
  - Asignación de roles concretos a organizaciones locales en la ejecución y el seguimiento del plan.
  - Pactos comunitarios de cuidado de ecosistemas y monitoreo social de la calidad del agua.
- **Redes y observatorios sociales:**
  - Creación o refuerzo de plataformas permanentes que integren instituciones, sociedad civil y academia para sostener el diálogo más allá de la fase de planificación.

La experiencia demuestra que, cuando se garantiza la **equidad**, la **representatividad** y el **fortalecimiento social**, la planificación hidrológica se convierte en una **escuela de ciudadanía y cogestión**: cada actor comprende sus derechos y responsabilidades, se apropia de las soluciones y colabora activamente en su puesta en marcha y seguimiento, consolidando así la gobernanza hídrica a largo plazo.

Evaluación y seguimiento participativo

La evaluación y el seguimiento participativo transforman la participación pública en un **proceso continuo de corresponsabilidad**. Estos mecanismos revisan avances, adaptan el plan ante cambios socioambientales y consolidan la confianza entre instituciones y sociedad, aportando transparencia y aprendizaje colectivo a la gestión del agua.

1. Evaluación participativa

La evaluación participativa valora **impacto, calidad y efectividad** de la participación durante la elaboración e implementación del plan hidrológico. Combina:

Tipo de medida	Ejemplos
Cuantitativa	Nº de actores involucrados; frecuencia de reuniones; % de aportes incorporados.
Cualitativa	Percepción de inclusión y legitimidad; grado de confianza; valoración de influencia real.

Un balance integral permite medir tanto la **eficiencia** (cobertura, hitos) como la **eficacia social** (cambios en actitudes y satisfacción comunitaria).

Pasos recomendados

1. **Medir la calidad del proceso**: inclusión, representatividad, grado de integración de aportes.
2. **Evaluar la percepción social**: legitimidad, corresponsabilidad, aceptación del plan.
3. **Extraer oportunidades de mejora**: buenas prácticas y retos para el siguiente ciclo.

Herramientas

- Talleres de evaluación comunitaria.
- Encuestas y entrevistas participativas.
- Informes de resultados accesibles.
- Matriz de indicadores participativos.
- Índice de resiliencia participativa (opcional, para comparación inter-cuencas).

La evidencia (actas, listas, matrices de trazabilidad) se integra al **sistema de monitoreo** del plan con la misma periodicidad que las metas técnicas.

2. Seguimiento participativo

El seguimiento participativo comparte con la sociedad la responsabilidad de **monitorear y ajustar** la ejecución del plan.

Componentes clave:

a) **Indicadores participativos**
   - Implementación: avance de medidas e inversiones.
   - Impacto: mejoras en calidad/ disponibilidad de agua; protección de ecosistemas.
   - Gobernanza: diversidad de actores, frecuencia de reuniones, aportes ciudadanos considerados.

b) **Mecanismos de seguimiento social**
   - Observatorios del agua.
   - Comités o Consejos de Cuenca con funciones explícitas de monitoreo.
   - Plataformas digitales abiertas con datos y reportes en tiempo real.

c) **Retroalimentación y mejora continua**
   - Reportes periódicos accesibles y talleres de devolución.
   - Ajustes del plan basados en evidencia y aportes ciudadanos.
   - Ciclos de aprendizaje colectivo para próximos planes.

Publicar boletines de avance, realizar reuniones abiertas y mantener actualizadas las plataformas digitales fortalece la confianza y la corresponsabilidad. El seguimiento participativo convierte el plan hidrológico en un **instrumento dinámico y adaptativo**, legitimado por el diálogo permanente entre autoridades y ciudadanía.

Guías y referencias

GUÍA 1: UNECE (2013). *Guide to Public Participation under the Water Convention.* United Nations Economic Commission for Europe.

https://unece.org/environmental-policy/events/third-session-meeting-parties-protocol-water-and-health/guide-public-participation-under-protocol-water-and-health-0

GUÍA 2: OECD (2015), *Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance*, OECD Studies on Water, OECD Publishing, Paris.

https://www.oecd.org/en/publications/stakeholder-engagement-for-inclusive-water-governance_9789264231122-en.html

GUÍA 3: FAO (2022). *Guidelines for engaging stakeholders in managing protected areas.* Food and Agriculture Organization of the United Nations.

https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/2684c9fd-3baa-4c56-81da-17302c6d2a9d/content

[4] La cuestión transfronteriza

Definición: Se considera **cuenca hidrográfica transfronteriza** a aquella cuyo territorio y recursos hídricos **son compartidos por dos o más países**, incluyendo tanto aguas superficiales (ríos, lagos) como subterráneas (acuíferos transfronterizos). La **gestión transfronteriza de los recursos hídricos** consiste en la **coordinación entre los Estados ribereños** para planificar, conservar, usar y proteger el agua de manera conjunta, equilibrando las necesidades ambientales, sociales y económicas de cada país.

Esta gestión debería sustentarse en principios de **cooperación, transparencia, equidad y sostenibilidad**, y suele apoyarse en **mecanismos bilaterales o multilaterales**, como comisiones de cuenca, comités binacionales y acuerdos de intercambio de información, alineados con los objetivos de la **Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH)**.

Objetivo: El objetivo principal de integrar la gestión de cuencas transfronterizas en la planificación hidrológica es **garantizar el uso sostenible y coordinado de los recursos compartidos**, reduciendo riesgos de conflicto y promoviendo la cooperación entre países. De forma específica, se busca:

1. **Promover la cooperación binacional o multinacional** para la gestión de cuencas compartidas, armonizando criterios técnicos y legales.
2. **Asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos** mediante el monitoreo conjunto, la planificación coordinada y la prevención de impactos negativos transfronterizos.
3. **Fortalecer la gobernanza hídrica** a través de instituciones compartidas, mecanismos de diálogo y participación de actores locales.
4. **Facilitar la adaptación al cambio climático y la gestión de riesgos hídricos** mediante planes integrados que consideren toda la cuenca, sin importar fronteras administrativas.

Utilidad: La inclusión de la gestión de cuencas transfronterizas en los planes hidrológicos es útil porque:

- **Favorece la planificación integral y coordinada** de los recursos hídricos, evitando duplicidades o conflictos por uso del agua.
- **Mejora la toma de decisiones** al fomentar el intercambio de información hidrológica, ambiental y socioeconómica entre países.
- **Impulsa la cooperación regional y el cumplimiento de compromisos internacionales**, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6.5) y el Acuerdo de Escazú.

- **Contribuye a la resiliencia climática y a la gestión de riesgos**, permitiendo acciones conjuntas frente a sequías, inundaciones y contaminación transfronteriza.
- **Fortalece la gobernanza multinivel**, integrando a autoridades locales, comunidades y usuarios del agua en procesos de decisión compartidos.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

La **planificación hidrológica en cuencas transfronterizas** debe ser concebida como un **proceso integral y coordinado entre los países que comparten los recursos hídricos**, que permita alcanzar un equilibrio entre el **uso sostenible del agua, la conservación de los ecosistemas y el desarrollo socioeconómico**. A diferencia de las cuencas nacionales, en las cuencas compartidas las decisiones locales tienen repercusiones directas en el país vecino, por lo que es indispensable que el plan integre **mecanismos formales de cooperación, intercambio de información y gobernanza conjunta**.

El trabajo, debates e intercambio de conocimientos llevados a cabo en el Grupo de trabajo sobre cuencas transfronterizas ha permitido enriquecer y elaborar el contenido desarrollado en el presente capítulo.

Un plan hidrológico transfronterizo no solo debe presentar los **aspectos técnicos** del diagnóstico hidrológico, las demandas y los riesgos, sino también los **mecanismos institucionales, normativos y sociales** que facilitan la gestión coordinada. Esto implica:

- Establecer **criterios y metodologías comunes** para la evaluación de recursos hídricos y la identificación de riesgos.
- Garantizar la **armonización normativa y técnica**, permitiendo que cada país pueda aplicar el plan de manera coherente con su marco interno y a la vez compatible con los acuerdos binacionales o multilaterales existentes.
- Promover **espacios de participación comunitaria y social**, para involucrar a las comunidades de ambos lados de la frontera y fortalecer la legitimidad del proceso.
- Incorporar **herramientas de cooperación activa**, como sistemas de monitoreo conjunto, intercambio regular de datos y plataformas de soporte a la decisión que integren información de toda la cuenca.

Se recomienda que el **plan hidrológico para una cuenca transfronteriza** incluya, al menos, los siguientes contenidos estructurados:

1. **Diagnóstico de la cuenca compartida**, incluyendo aspectos físicos, ambientales, sociales e institucionales.
2. **Estrategias y mecanismos de cooperación**, que definan roles, responsabilidades y lineamientos para la gobernanza.
3. **Lineamientos de intercambio de información y monitoreo coordinado**, con protocolos y plataformas conjuntas.
4. **Sistema de evaluación y seguimiento transfronterizo**, que garantice la continuidad del plan y la adaptabilidad ante nuevos desafíos.

Este enfoque asegura que el plan hidrológico se convierta en una **herramienta de cooperación y sostenibilidad**, capaz de alinear intereses nacionales con compromisos regionales, promover la corresponsabilidad y contribuir al cumplimiento de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**, especialmente el **ODS 6.5 sobre gestión integrada de los recursos hídricos transfronterizos**.

Diagnóstico de la cuenca compartida

El diagnóstico de una cuenca transfronteriza constituye el **punto de partida esencial** para su gestión integrada, ya que permite comprender las condiciones físicas, sociales, ambientales e institucionales que afectan la disponibilidad y uso del recurso hídrico. Su objetivo es **proporcionar una visión compartida y técnicamente fundamentada** sobre la situación de la cuenca, facilitando acuerdos binacionales o multinacionales para su manejo sostenible.

Si bien **cada país puede elaborar su propia descripción y diagnóstico de la cuenca** en el marco de su planificación nacional, resulta **fundamental la puesta en común de esta información y el**

acuerdo sobre los aspectos técnicos básicos que caracterizan la cuenca transfronteriza. Este consenso es clave para garantizar que la planificación conjunta parta de una **base objetiva y aceptada por todas las partes**, y que las medidas adoptadas sean coherentes y efectivas a nivel de toda la cuenca.

A continuación, se enumeran los aspectos más relevantes que deben ser caracterizados en el diagnóstico de la cuenca (**Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión**), incluyendo tanto las características físicas e hidrológicas como los elementos ambientales, socioeconómicos, institucionales y normativos que definen su gestión compartida.

1. Caracterización física e hidrológica (Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión).

- **Delimitación geográfica de la cuenca**, identificando subcuencas y unidades hidrológicas relevantes.
- **Inventario de recursos hídricos superficiales y subterráneos**, incluyendo ríos, lagos, humedales y acuíferos transfronterizos **(Guía Metodológica 3)**.
- **Análisis del régimen hidrológico**: caudales, estacionalidad, recarga de acuíferos y balance hídrico.
- **Condiciones climáticas y su variabilidad histórica**, considerando la influencia de fenómenos extremos (ver capítulo de fenómenos extremos).

2. Estado ambiental y de los ecosistemas (Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas).

- Identificación de **ecosistemas estratégicos**: humedales, áreas protegidas, corredores ribereños y zonas de recarga.
- Evaluación de **calidad del agua** y principales presiones ambientales (contaminación, sedimentación, eutrofización).
- Revisión de la **conectividad ecológica** entre los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados.

3. Usos del agua y demandas (Descripción general de usos y demandas).

- Inventario de **usos actuales y proyectados**: abastecimiento urbano, riego, industria, energía hidroeléctrica, pesca y recreación.
- Análisis de la **distribución espacial y temporal** de las demandas de agua y sus conflictos potenciales.
- Identificación de **impactos sobre la disponibilidad y calidad** del recurso derivados de estos usos.

4. Aspectos socioeconómicos y territoriales (Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión).

- Población y dinámica demográfica de la cuenca, con énfasis en comunidades ribereñas y pueblos indígenas.
- Actividades económicas predominantes y su relación con el agua (agricultura, minería, turismo, hidroenergía).
- Riesgos sociales asociados a la escasez o degradación del recurso.

5. Marco institucional y de gobernanza (Marco de gobernanza).

- **Inventario de autoridades competentes** en cada país: agencias de agua, medio ambiente y desarrollo.
- **Revisión de normativa nacional e internacional** aplicable, incluyendo tratados o convenios bilaterales o regionales.
- Identificación de **mecanismos de coordinación existentes**, como comisiones conjuntas, comités de cuenca o acuerdos de monitoreo compartido.

Una vez **definidas y consensuadas las características generales de la cuenca transfronteriza** se recomienda proceder a la **elaboración del diagnóstico integral (Guía Metodológica 1)**. Este diagnóstico es útil para **identificar y priorizar los problemas, debilidades y áreas de presión** que afectan a los recursos hídricos compartidos, así como para reconocer los ecosistemas estratégicos y los sectores socioeconómicos más vinculados al uso del agua. La evaluación conjunta permite considerar la **cantidad y calidad del recurso**, el estado ambiental, los usos del suelo y las dinámicas productivas que generan impactos directos o indirectos. Contar con una **base técnica consensuada** facilita la **formulación de acuerdos bilaterales o multilaterales más eficaces**, ya que proporciona criterios objetivos para definir prioridades, establecer compromisos y orientar inversiones conjuntas hacia la gestión sostenible de la cuenca.

Además, un diagnóstico transfronterizo sólido **refuerza la cooperación y previene conflictos**, al generar un entendimiento común de los desafíos actuales y futuros que enfrenta la cuenca. Este proceso permite a los países identificar **riesgos compartidos**, establecer **alertas tempranas** sobre posibles crisis hídricas y diseñar **estrategias coordinadas de mitigación y adaptación**. Asimismo, la transparencia y la trazabilidad del diagnóstico **fortalecen la confianza entre las partes**, lo que se traduce en acuerdos más duraderos, gobernanza multinivel más robusta y una planificación hidrológica capaz de evolucionar frente a los retos ambientales y sociales de largo plazo.

Estrategias y mecanismos de cooperación

La gestión de cuencas transfronterizas requiere **estrategias claras y mecanismos de cooperación sólidos** que permitan a los países compartir información, coordinar acciones y garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos. La cooperación no solo es clave para prevenir conflictos, sino que **fortalece la gobernanza hídrica, promueve la resiliencia climática y facilita el cumplimiento de compromisos internacionales**, como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6.5.2).

Las estrategias de cooperación deben ser **flexibles y adaptadas al contexto de cada cuenca**, combinando herramientas técnicas, institucionales y sociales que permitan tanto la **planificación conjunta** como la **ejecución coordinada de medidas (Guía Metodológica 2)**.

Gobernanza y coordinación institucional

La **gobernanza en cuencas transfronterizas** es el eje que permite que la cooperación pase de ser una intención política a convertirse en **acciones concretas de gestión del agua compartida**. Un sistema de gobernanza sólido debe establecer **estructuras formales de coordinación** que promuevan la confianza mutua, la transparencia y la corresponsabilidad entre los países y actores locales.

Establecimiento de mecanismos formales de cooperación

- La creación o fortalecimiento de **Comisiones o Comités de Cuenca Transfronterizos** es un paso esencial para institucionalizar la cooperación.
- Estas entidades deben contar con **representación de todos los países ribereños** y, cuando sea posible, incluir a representantes de actores clave como usuarios agrícolas, comunidades locales, organizaciones ambientales, academia y sector productivo.
- Sus funciones deben estar **claramente definidas** e incluir:
    - Elaboración de diagnósticos y planes de gestión compartidos.
    - Coordinación de medidas de conservación, infraestructura y adaptación al cambio climático.
    - Monitoreo conjunto y evaluación del cumplimiento de acuerdos.
    - Facilitación del **intercambio regular de información** entre las autoridades nacionales y locales.
- La formalización mediante acuerdos, memorandos de entendimiento o tratados bilaterales/multilaterales **otorga estabilidad y continuidad**, incluso frente a cambios políticos internos.

Integración multinivel

- La gobernanza debe funcionar como un **sistema multinivel**, articulando la escala **internacional, nacional, subnacional y comunitaria**.

- Los **gobiernos locales y comunidades ribereñas** tienen un papel clave, ya que son los primeros en experimentar los impactos de sequías, inundaciones o contaminación, y su involucramiento asegura que los acuerdos no queden como compromisos lejanos.
- Las **instituciones sectoriales**, como las de ambiente, agricultura, energía, transporte y desarrollo, deben integrarse para ofrecer una **visión holística** de la cuenca, evitando conflictos de uso entre sectores.
- Es recomendable establecer **grupos de trabajo temáticos** dentro de los comités de cuenca, abordando temas como calidad de agua, ecosistemas, infraestructura, riesgos climáticos y participación social, para facilitar la implementación técnica de los acuerdos.

Armonización normativa y técnica

La **armonización normativa y técnica** es un pilar fundamental para que la cooperación en cuencas transfronterizas sea **efectiva, operativa y sostenible**. La existencia de marcos legales, estándares técnicos y metodologías muy diferentes entre países puede dificultar la planificación conjunta y la implementación de medidas coordinadas. Por ello, es necesario avanzar hacia **criterios comunes** que permitan a todos los países actuar con **coherencia y equidad** en la gestión de los recursos compartidos.

Compatibilidad de marcos legales

- Cada país cuenta con **leyes de aguas, normas ambientales y regulaciones sectoriales** que definen la gestión del recurso hídrico.
- La armonización implica **identificar sinergias y posibles brechas**, para que los acuerdos transfronterizos puedan aplicarse sin contradicciones legales.
- Es recomendable que los planes hidrológicos transfronterizos incluyan:
    - Una **revisión comparativa** de la normativa hídrica y ambiental de los países.
    - La identificación de **áreas críticas**, como la asignación de caudales, la protección de acuíferos y el control de descargas contaminantes.
    - Propuestas de **ajustes o compromisos normativos**, sin afectar la soberanía de cada Estado, para facilitar la implementación de medidas conjuntas.
- Cuando existan tratados o convenios internacionales (p. ej., **Convenio de Nueva York de 1997** o el **Convenio de la CEPE sobre Aguas Transfronterizas**), estos pueden servir como **marco de referencia para la armonización legal**.

Estandarización de metodologías técnicas

- Las diferencias en **medición, monitoreo y modelación hidrológica** pueden generar resultados difíciles de comparar entre países.
- La armonización técnica busca establecer **protocolos y métodos compartidos** para garantizar que la información sea **compatible, verificable y útil para la toma de decisiones conjunta**.
- Acciones recomendadas:
    - **Definir un conjunto mínimo de variables** hidrológicas, de calidad de agua y ambientales que todos los países monitoreen con metodologías compatibles.
    - Establecer **protocolos conjuntos de monitoreo** en puntos clave de la cuenca y en acuíferos transfronterizos.
    - Desarrollar **modelos hidrológicos y de balance hídrico coordinados**, que puedan integrarse en escenarios conjuntos de gestión.
    - Aplicar estándares comunes para **caudales ecológicos**, **alertas de contaminación** y **gestión de riesgos climáticos**.

Participación social y construcción de confianza

La **participación social** es un componente clave en la gestión de cuencas transfronterizas, ya que fortalece la **legitimidad de las decisiones** y promueve la **corresponsabilidad** de las comunidades que dependen del agua compartida. Involucrar a actores locales en ambos lados de la frontera no solo aporta **conocimiento territorial** y mejora la calidad de la planificación, sino que también **construye**

confianza entre los países al demostrar que la cooperación no se limita al nivel institucional, sino que permea a las comunidades.

La **construcción de confianza** es un proceso gradual que combina **transparencia, comunicación activa y resultados tangibles**. Cuando la población percibe que los acuerdos bilaterales generan beneficios reales en su vida cotidiana, se fortalece la sostenibilidad de la cooperación a largo plazo.

1. Involucramiento de comunidades y actores locales

- **Identificación y mapeo de actores sociales** en ambos países:
  - Comunidades ribereñas, pueblos indígenas, agricultores, pescadores, organizaciones productivas, ambientalistas y sector académico.
- **Diseño de estrategias de participación diferenciada**, que aseguren la inclusión de:
  - Mujeres, jóvenes, minorías étnicas y grupos tradicionalmente marginados.
- **Creación de foros transfronterizos**:
  - Talleres binacionales, encuentros comunitarios, asambleas y mesas de diálogo multiactor donde se discutan los principales retos y oportunidades de la cuenca.
- **Vinculación con la planificación oficial**:
  - Los aportes de la ciudadanía deben ser sistematizados y reflejados en el plan hidrológico y en las actas de los comités de cuenca transfronterizos.

2. Transparencia y comunicación activa

- **Acceso público a la información** sobre el estado de los recursos hídricos, acuerdos bilaterales y medidas implementadas.
- **Uso de herramientas multiformato** para difundir la información:
  - Boletines impresos, radios comunitarias, redes sociales, portales web y material audiovisual multilingüe.
- **Reportes periódicos de avances y resultados**, que muestren cómo los aportes sociales influyen en las decisiones y cómo las acciones conjuntas generan impactos positivos.
- **Programas de educación y sensibilización**, que fortalezcan la conciencia ambiental y la corresponsabilidad social en ambos lados de la frontera.

3. Confianza como base de la cooperación sostenible

La confianza mutua entre países y comunidades se construye a partir de **experiencias de colaboración concretas** y de la **percepción de beneficios compartidos**. Para ello se recomienda:

- **Proyectos piloto binacionales**, como restauración de humedales, control de contaminación o monitoreo conjunto de calidad de agua.
- **Sistemas de alerta temprana coordinados**, que protejan a las poblaciones ante riesgos de inundaciones o sequías.
- **Participación comunitaria en el seguimiento** de compromisos y acuerdos, mediante observatorios sociales del agua o comités locales vinculados a los órganos binacionales.
- **Celebración de logros conjuntos**, mediante informes públicos, eventos culturales o campañas educativas transfronterizas, para reforzar la identidad compartida de la cuenca.

Lineamientos de intercambio de información y monitoreo coordinado

El **intercambio de información y el monitoreo coordinado** constituyen la **columna vertebral técnica de la cooperación transfronteriza**, ya que aseguran que todos los países que comparten la cuenca **dispongan de datos confiables, comparables y actualizados** sobre el estado de los recursos hídricos, su calidad, disponibilidad y los factores que los afectan. Estos mecanismos permiten que las decisiones conjuntas no se basen únicamente en percepciones o reportes unilaterales, sino en **evidencia técnica consensuada**, generando así confianza y legitimidad en la planificación.

Sin un **flujo de información claro, oportuno y mutuamente validado**, resulta difícil **prevenir conflictos, diseñar planes de acción conjuntos o evaluar el impacto real de las medidas implementadas**. La ausencia de un sistema de datos compartidos puede derivar en duplicidades, vacíos de información y decisiones fragmentadas que comprometen la sostenibilidad de la cuenca.

Por el contrario, cuando la información se comparte de manera estructurada y transparente, los países logran:

- **Anticipar riesgos** como sequías, inundaciones o episodios de contaminación transfronteriza.
- **Optimizar la gestión de los recursos**, evitando sobreexplotación o desequilibrios en el uso del agua.
- **Apoyar la planificación hidrológica nacional y binacional**, facilitando la formulación de acuerdos claros y viables.
- **Fortalecer la cooperación política y social**, al generar evidencia común que sustenta los compromisos adoptados.

La integración de un **sistema de intercambio y monitoreo coordinado** no solo respalda la planificación hidrológica, sino que también se convierte en un **instrumento estratégico para la gobernanza hídrica** y para la **construcción de confianza mutua** a largo plazo, pues los datos compartidos son el lenguaje común sobre el que se construyen los acuerdos.

Recomendación:

L**a estructura de intercambio de información y monitoreo** debe quedar explícitamente integrada en los **acuerdos de gobernanza transfronteriza**, de manera que su operación, responsabilidades y protocolos de trabajo estén garantizados por los marcos institucionales y legales de cada país, asegurando continuidad más allá de los ciclos políticos nacionales.

Intercambio de información entre países

El **intercambio de información** es la **base técnica y de confianza** para la gestión de cuencas transfronterizas. Cuando los países que comparten un mismo sistema hídrico acceden a **datos confiables, actualizados y comparables**, se facilita la **planificación conjunta, la prevención de conflictos y la toma de decisiones basada en evidencia**.

Un sistema de intercambio bien estructurado debe ser **regular, transparente y formalizado**, de manera que la información fluya sin depender exclusivamente de iniciativas puntuales o personales. Además, el proceso de intercambio contribuye a **armonizar las capacidades técnicas** de los países y permite que la cooperación se traduzca en **beneficios tangibles** para ambos lados de la frontera.

Definición de protocolos de intercambio

- Es necesario establecer **protocolos oficiales** que definan cómo y cuándo se compartirán los datos, para evitar vacíos de información o retrasos que puedan comprometer la gestión de la cuenca.
- **Recomendaciones clave**:
  - Definir **frecuencias de actualización claras**: mensual para variables críticas (caudales, precipitaciones), trimestral para reportes de calidad de agua y anual para balances integrales.
  - Identificar **canales oficiales de comunicación**, como unidades técnicas binacionales, plataformas digitales conjuntas o comisiones de cuenca.
  - Acordar **formatos estándar de intercambio** para reportes hidrológicos, climáticos y ambientales, facilitando la comparación y la integración de la información.

Variables mínimas de información compartida

Para garantizar una **visión integral y útil** de la cuenca, los países deben acordar un conjunto de **variables prioritarias**, al menos:

- **Hidrológicas**: caudales diarios y mensuales, niveles de ríos, lagos y embalses.
- **Subterráneas**: niveles freáticos, volúmenes de extracción y recarga estimada en acuíferos transfronterizos.

- **Calidad de agua**: parámetros físicos (turbidez, temperatura), químicos (nutrientes, metales, oxígeno disuelto) y biológicos (coliformes, indicadores ecológicos).
- **Meteorológicas**: precipitaciones, temperaturas máximas y mínimas, evapotranspiración y humedad del suelo.
- **Socioeconómicas**: consumos de agua por sector, usos productivos principales y puntos de extracción relevantes.

Compatibilidad e interoperabilidad

- La información debe ser **compatible entre los países**, evitando que diferencias en métodos de medición, unidades o escalas espaciales impidan la integración de los datos.
- Se recomienda acordar:
  - **Unidades de medida comunes** y sistemas de referencia geográfica compatibles.
  - Procesos de **validación y armonización** de series históricas para análisis conjuntos.
  - La creación de **bases de datos interoperables**, que permitan que los datos nacionales alimenten automáticamente las plataformas conjuntas.

Transparencia y acceso público

- Publicar parte de la información intercambiada es **clave para fortalecer la gobernanza hídrica** y generar confianza social.
- La transparencia promueve la **participación ciudadana y el control social**, además de permitir la colaboración de la academia y organizaciones de la sociedad civil en el análisis de los datos.
- Es recomendable:
  - Contar con **portales web públicos** de información hidrológica transfronteriza.
  - Publicar **boletines periódicos** que resuman los principales indicadores de la cuenca.
  - Desarrollar **material visual** (mapas, infografías, tableros interactivos) para hacer la información comprensible y accesible.

Un **intercambio de información bien estructurado** genera una **base técnica sólida** sobre la cual se pueden construir **acuerdos bilaterales eficaces, estrategias de gestión coordinada y mecanismos de prevención de conflictos**. Además, fortalece la resiliencia de la cuenca frente a fenómenos extremos y facilita la integración de programas de cooperación regional.

Monitoreo coordinado de recursos hídricos

El **monitoreo coordinado** es el complemento esencial del intercambio de información, ya que garantiza que los datos generados en la cuenca transfronteriza sean **confiables, comparables y útiles para la toma de decisiones conjunta**. No basta con que cada país mida por separado (Redes de monitoreo): la cooperación efectiva requiere que los procesos de observación se realicen con **criterios y estándares armonizados**, de manera que los resultados tengan **validez técnica binacional o multinacional**.

Un sistema de monitoreo coordinado bien diseñado permite a los países:

- **Detectar tendencias y riesgos tempranos** en la cantidad y calidad del agua.
- **Validar la información intercambiada** y aumentar la confianza mutua.
- **Evaluar impactos de medidas conjuntas** de gestión, conservación o infraestructura.
- **Responder con rapidez ante fenómenos extremos** como sequías, inundaciones o contaminación accidental.

Redes hidrometeorológicas integradas

- **Diseño conjunto de la red de monitoreo**: los países deben definir de manera consensuada la ubicación de estaciones de aforo, pluviómetros, estaciones de calidad de agua y piezómetros para monitoreo de acuíferos.

- **Cobertura equilibrada**: se debe asegurar que la red capture la **variabilidad espacial y climática** de toda la cuenca, evitando vacíos de información en sectores sensibles o en la frontera misma.
- **Equipos y tecnología compatibles**: el uso de sensores y sistemas de registro comparables facilita el intercambio y análisis conjunto de datos.

Puntos de monitoreo conjunto

- La cooperación requiere establecer **estaciones binacionales o multinacionales** que funcionen como **puntos de referencia confiables**.
- Estos puntos deben:
  - Ubicarse en **zonas estratégicas**, como tramos fronterizos, zonas de confluencia de ríos o descargas industriales relevantes.
  - **Medir caudales, calidad de agua y parámetros ambientales** que sean representativos de la dinámica de la cuenca.
- La operación de estas estaciones debe estar respaldada por **protocolos conjuntos de muestreo, mantenimiento y validación de datos**, evitando que cada país genere resultados divergentes.

Estándares técnicos comunes

- El monitoreo coordinado requiere **homogeneizar procedimientos** para que los resultados sean equivalentes y comparables.
- Aspectos clave para la armonización:
  - **Métodos de aforo y muestreo** uniformes.
  - **Frecuencia de medición y análisis** acordada según la variable monitoreada.
  - **Calibración conjunta** de equipos e instrumentos para asegurar consistencia.
  - **Manual de operación binacional o regional**, donde se detallen pasos, responsabilidades y procedimientos para el monitoreo coordinado.

Monitoreo ambiental y de ecosistemas

El monitoreo no debe limitarse al agua, sino incluir los **ecosistemas asociados**, ya que su estado es un indicador clave de la salud de la cuenca y de los servicios ambientales que provee.

Se recomienda incluir:

- **Humedales y zonas de recarga**: monitoreo de niveles de agua, biodiversidad y cobertura vegetal.
- **Corredores ribereños**: evaluación de erosión, conectividad ecológica y calidad de hábitat.
- **Indicadores biológicos**: especies bioindicadores de calidad de agua y biodiversidad acuática.

Beneficios del monitoreo coordinado

- **Generación de datos confiables y comparables**, base para la toma de decisiones y la planificación hidrológica conjunta.
- **Prevención de conflictos**, al eliminar discrepancias sobre la validez de la información.
- **Mejor anticipación a fenómenos extremos**, gracias a alertas tempranas integradas en toda la cuenca.
- **Mayor eficacia en la ejecución de acuerdos bilaterales**, al contar con evidencia clara sobre avances y resultados.

Plataformas conjuntas de información

Las **plataformas conjuntas de información** son la **herramienta operativa central** para integrar los datos generados por el monitoreo coordinado y el intercambio de información entre países. Funcionan

como **sistemas de almacenamiento, análisis y visualización**, facilitando que todos los países involucrados cuenten con **acceso simultáneo a datos confiables, actualizados y comparables** para la toma de decisiones conjunta.

Estas plataformas no solo son un soporte técnico, sino también un **instrumento de gobernanza**, ya que promueven la transparencia, la trazabilidad y la participación social en la gestión de cuencas transfronterizas.

Características clave de una plataforma conjunta

1. **Interoperabilidad y compatibilidad**
    a. Debe integrarse con los sistemas nacionales de los países participantes, permitiendo que la información fluya automáticamente sin duplicar esfuerzos.
    b. Compatibilidad de formatos, unidades de medida y sistemas de coordenadas geográficas para facilitar análisis conjuntos.
2. **Visualización geoespacial y analítica**
    a. Presentación de la información en **mapas interactivos y capas temáticas**, que incluyan hidrografía, estaciones de monitoreo, ecosistemas y usos del agua.
    b. Incorporación de **series históricas y herramientas de análisis gráfico** para evaluar tendencias y realizar simulaciones hidrológicas.
3. **Alertas y soporte a la toma de decisiones**
    a. Generación de **alertas tempranas automáticas** ante crecidas, sequías o episodios de contaminación.
    b. Capacidad para **proponer escenarios y recomendaciones de manejo**, vinculando datos hidrológicos con medidas operativas como manejo de embalses o restricción temporal de usos.
4. **Acceso diferenciado y transparencia**
    a. Un **módulo de acceso público** que permita a comunidades, organizaciones y academia consultar datos clave y reportes consolidados.
    b. Un **módulo interno para autoridades** con funcionalidades avanzadas para análisis, modelación y seguimiento de compromisos bilaterales.

Ejemplos regionales de plataformas conjuntas

- **Sistema de Información de la Cuenca del Plata (SICPlata):** Integra datos hidrológicos, climáticos y ambientales de cinco países (Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay) con herramientas de visualización geoespacial.
- **Observatorio Regional Amazónico (ORA):** Plataforma que combina monitoreo de calidad de agua, cobertura forestal y biodiversidad en los países de la cuenca amazónica, con acceso público y módulos técnicos especializados.
- **Red Binacional del Lago Titicaca (ALT).** Sistema que permite compartir en tiempo real datos de niveles lacustres, caudales y calidad de agua entre Bolivia y Perú, facilitando alertas y coordinación operativa.

Beneficios estratégicos de una plataforma conjunta

- **Facilita la cooperación técnica** al ofrecer un único punto de referencia validado por todos los países.
- **Fortalece la transparencia y la confianza** entre gobiernos y comunidades, al mostrar datos claros y verificables.
- **Optimiza la planificación hidrológica** al permitir simulaciones, escenarios de riesgo y evaluación de impactos de medidas conjuntas.
- **Impulsa la educación y participación social**, al ofrecer información pública y visual sobre la situación de la cuenca.

Una plataforma conjunta bien diseñada se convierte en el **núcleo operativo de la cooperación transfronteriza**, ya que integra el monitoreo coordinado, el intercambio de información y el soporte a la toma de decisiones. Su implementación debe ser progresiva, priorizando variables críticas y asegurando que la capacidad técnica de todos los países permita su uso efectivo.

Sistema de evaluación y seguimiento transfronterizo

Un **sistema de evaluación y seguimiento transfronterizo** es esencial para garantizar que los acuerdos, medidas y programas implementados en la cuenca compartida **cumplan sus objetivos, se mantengan vigentes y se ajusten cuando sea necesario**. Este sistema permite **medir los avances, verificar resultados y fortalecer la cooperación**, asegurando que la planificación hidrológica se mantenga como un proceso **vivo, transparente y adaptativo**.

La implementación de este sistema transforma la planificación transfronteriza en un **ciclo continuo de mejora**, donde los datos obtenidos mediante monitoreo coordinado y las percepciones sociales alimentan la toma de decisiones, la actualización de las medidas y la construcción de confianza entre países y comunidades.

Componentes clave del sistema

1. Indicadores de desempeño
Para evaluar correctamente los avances, el sistema debe apoyarse en un conjunto de **indicadores claros, medibles y consensuados**, que permitan comparar resultados a lo largo del tiempo y entre países. Entre ellos:

- **Indicadores de implementación**: porcentaje de medidas ejecutadas, proyectos finalizados, programas en marcha o avances en infraestructura y restauración ambiental.
- **Indicadores ambientales**: evolución de caudales y niveles de acuíferos, calidad del agua, estado de los humedales y otros ecosistemas estratégicos.
- **Indicadores sociales y de gobernanza**: nivel de participación ciudadana, percepción de beneficios, representatividad de los actores involucrados y grado de cooperación institucional.
- **Indicadores de cooperación transfronteriza**: cumplimiento de acuerdos, frecuencia del intercambio de información, reuniones binacionales realizadas y operatividad de comisiones o comités conjuntos.

2. Mecanismos de monitoreo y reporte
El seguimiento efectivo requiere que los datos se recojan, procesen y comuniquen de manera periódica y coordinada:

- **Informes periódicos conjuntos**, preparados por las instituciones técnicas de cada país y validados por los comités de cuenca transfronterizos.
- **Plataformas digitales compartidas**, donde se integren los datos de monitoreo hidrológico, calidad de agua, ejecución de medidas e indicadores de gobernanza.
- **Revisiones técnicas anuales**, para ajustar cronogramas, evaluar resultados y proponer medidas correctivas en función de la evidencia disponible.

3. Participación social en el seguimiento
La integración de la sociedad en el proceso de seguimiento fortalece la **legitimidad y la transparencia** del plan hidrológico:

- **Observatorios sociales del agua** o comités comunitarios que colaboren en la recopilación de información y en la evaluación ciudadana de los avances.
- **Boletines y reportes públicos**, elaborados en lenguaje claro y visual, que acerquen la información a comunidades locales, usuarios y organizaciones.
- **Talleres transfronterizos periódicos**, que permitan retroalimentar los procesos, socializar resultados y recoger recomendaciones para la mejora continua.

4. Mecanismo de retroalimentación y adaptación
El sistema debe cerrar el ciclo de la planificación mediante la incorporación de la evaluación al proceso de decisión:

- **Actualización periódica del plan hidrológico** con base en los resultados de la evaluación conjunta.
- **Ajuste de medidas o prioridades** ante nuevas circunstancias, como variabilidad climática, eventos extremos o cambios en la demanda de agua.

- **Documentación de lecciones aprendidas**, para fortalecer la cooperación, mejorar la capacidad de respuesta y generar memoria institucional que trascienda los cambios políticos o administrativos.

Guías y referencias

GUÍA 1: INBO-GWP (2012). *Manual para la gestión integrada de los recursos hídricos de las cuencas transfronterizas de ríos, lagos y acuíferos.*

https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/the-handbook-for-integrated-water-resources-management-in-transboundary-basins-of-rivers-lakes-and-aquifers-inbo-gwp-2012-spanish.pdf

GUÍA 2: UNECE (2024). *Good Practices and Lessons Learned in Data-sharing in Transboundary Basins.*

https://unece.org/environment-policy/publications/good-practices-and-lessons-learned-data-sharing-transboundary

GUÍA 3: UNESCO-IAH-FAO(2001). *Internationally Shared (Transboundary) Aquifer Resources Management: their significance and sustainable management; a framework document.*

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000124386

Casos Prácticos

Brasil: Gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca amazónica

Uruguay: Sistema Acuífero Guaraní

Argentina: Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG)

[5] Evaluación ambiental del plan

Definición: La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) constituye un instrumento fundamental para garantizar que los planes hidrológicos incorporen, desde su fase de diseño, los principios de sostenibilidad, la integración de criterios ambientales y sociales, y la prevención de impactos acumulativos y sinérgicos derivados de las políticas de gestión del agua. Su finalidad es asegurar que las decisiones estratégicas adoptadas en el marco del plan hidrológico estén orientadas a la protección del recurso hídrico y de los ecosistemas vinculados, a la adaptación frente a escenarios de cambio climático y a la mejora de la gobernanza, todo ello debidamente alineado con las distintas estrategias ambientales adoptadas por el país. Es decir, el mecanismo de EAE ayuda a que durante la redacción del plan hidrológico se tome en consideración el logro, además de sus objetivos específicos, de otros aspectos estratégicos ambientales conexos adoptados por el país, por ejemplo una política de protección de determinados espacios o comunidades, objetivos de emisiones de GEI, determinadas políticas energéticas o de adaptación, etc, para que el plan hidrológico actúe sinérgicamente con dichas líneas estratégicas, dentro de lo posible.

En el contexto latinoamericano, donde los marcos normativos y capacidades institucionales son heterogéneos, la EAE se concibe como un proceso transversal al propio plan hidrológico, adaptado a la escala de cuenca y que permite integrar consideraciones ambientales y sociales aun en contextos de información limitada. Así como la técnica de la evaluación ambiental de proyectos (evaluación de impacto) está extendida en Latinoamérica, la evaluación ambiental estratégica de planes o programas solo está prevista, regulada y formalmente establecida en algunos países (Argentina, Chile, Honduras… por ejemplo). No obstante, la mayor parte de los países latinoamericanos cuentan con mecanismos, aunque sean incipientes, para afrontar el proceso, disponiendo de diversas **guías** preparadas para ello.

En el proceso de EAE es preciso diferenciar, al menos, tres actores con funciones claramente diferenciadas:

- El que prepara el plan hidrológico (órgano responsable o promotor).
- El que, dado el caso, aprobará el plan hidrológico disponiendo el despliegue de sus efectos (órgano sustantivo).
- El que lo evalúa ambientalmente (órgano ambiental).

Las regulaciones particulares de cada país pueden haber utilizado otras denominaciones, pero en cualquier caso es imprescindible la existencia de una autoridad u órgano competente para realizar la evaluación. Sin dicho órgano o autoridad ambiental la práctica de la EAE no pasa de ser un ejercicio voluntarista del responsable o promotor del plan, que contribuirá a su reforzamiento técnico, pero que difícilmente podrá resultar prescriptivo.

Objetivo: El objetivo principal de la EAE en un plan hidrológico es asegurar que la planificación del uso, gestión y conservación del recurso hídrico se realice de manera ambientalmente sostenible y alineada con las políticas ambientales estratégicas asumidas por el país, y que dicha planificación es socialmente equitativa y técnicamente viable, anticipando impactos, evaluando alternativas y promoviendo la participación de los actores involucrados.

Utilidad: La EAE aporta múltiples beneficios en el contexto de un plan hidrológico:

1. **Prevención de impactos negativos** antes de que ocurran.
2. **Mejora de la calidad del plan**, al integrar criterios ambientales desde el inicio.
3. **Evaluación de alternativas estratégicas** (infraestructura, conservación, gestión).
4. **Fortalecimiento de la gobernanza del agua**, al fomentar la participación pública.
5. **Reducción de conflictos socioambientales**, al considerar intereses diversos.
6. **Cumplimiento normativo e internacional**, alineando el plan con marcos legales y acuerdos globales asumidos por el país.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Seguidamente se describe el trabajo a realizar para llevar una EAE genérica de un plan hidrológico. Sin embargo, es importante reconocer que este mecanismo deberá lógicamente acomodarse en cada país según sus circunstancias y, muy especialmente, cuando se disponga de un proceso formalmente reglado de EAE para planes o programas.

Téngase en cuenta que la EAE, cuando está formalmente regulada y protocolizada, sirve de referencia institucional y administrativa para desarrollar una pluralidad de procesos planificadores, muchos de los cuales suelen carecer de una reglamentación tan detallada como la que sí puede o suele encontrarse para la planificación hidrológica. Detalles como las consultas y los procesos de participación, el planteamiento y análisis de soluciones alternativas, el seguimiento del plan o incluso el propio procedimiento de aprobación del plan, pueden estar organizados en ambas reglamentaciones. En estos casos de doble reglamentación, una para la EAE y otra para la planificación GIRH, pueden surgir problemas de encaje que convendrá analizar y tratar de resolver desde las primeras fases del proceso, aprovechando al máximo las sinergias que sin duda también aparecerán.

Para atender todo ello, se sugiere tratar los siguientes contenidos:

Objetivo y función de la EAE

En aquellos casos en que el desarrollo de la EAE no esté previsto en la legislación del país y, por tanto, no tenga carácter preceptivo, convendrá **explicitar su propósito** de acompañar la elaboración del plan hidrológico, para asegurar la incorporación temprana de aspectos estratégicos ambientales, sociales y climáticos en todas las fases del proceso, diferenciando claramente su alcance respecto a la evaluación de impacto ambiental de proyectos específicos.

La EAE se orienta a garantizar que las estrategias seleccionadas y finalmente planteadas en el plan hidrológico contribuyan a la seguridad hídrica, la protección de los ecosistemas y la reducción de conflictos y riesgos, y que su definición se haga de una forma transparente y participada. Además, la EAE permite asegurar que el plan hidrológico que se establece resultará sinérgico con otras políticas ambientales del país, más allá de los propios objetivos que se definen para los cuerpos de agua.

Marco de referencia y coherencia con el plan

El análisis del marco de referencia constituye el **punto de partida estratégico** para asegurar que el plan hidrológico se desarrolla en consonancia con el contexto institucional, normativo y de políticas públicas del país. La coherencia identificada deberá reflejarse explícitamente en la formulación de objetivos, en el planteamiento y discusión de soluciones alternativas que conducirá a la selección de medidas y en el diseño del programa de seguimiento del plan hidrológico.

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) debería incluir un análisis específico y detallado del **marco de referencia** en el que se inscribe el plan hidrológico, con el fin de garantizar su **coherencia interna y externa**. Este análisis permite verificar que los objetivos, medidas y estrategias definidas en el plan

se encuentran alineados con las políticas, normas e instrumentos de gestión vigentes en distintos niveles.

1. **Coherencia con instrumentos internacionales**

La EAE debería identificar y valorar de qué manera las soluciones del plan hidrológico contribuyen al cumplimiento de compromisos ambientales y de procedimiento planificador de carácter internacional asumidos por el país, tales como por ejemplo:

- **Agenda 2030 y Objetivos de Desarrollo Sostenible**, en particular el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), ODS 13 (acción por el clima) y ODS 15 (vida de ecosistemas terrestres).
- **Acuerdos multilaterales ambientales:** Convención Ramsar sobre Humedales, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y sus instrumentos (Acuerdo de París), Convención de Lucha contra la Desertificación y otras convenciones relevantes.
- **Otros marcos internacionales sectoriales** aplicables: acuerdos sobre cooperación transfronteriza, gestión integrada de cuencas internacionales y tratados bilaterales o regionales relacionados con recursos hídricos.
- **Acuerdo de Escazú**, *o* acuerdo regional sobre el acceso a la información, la participación pública y el acceso a la justicia en asuntos ambientales en América Latina y el Caribe.

Este análisis no se limitará a enumerar los compromisos, sino que debe **identificar los vínculos concretos** entre los objetivos, procedimientos y contenidos del plan y estos marcos internacionales.

2. **Coherencia con el marco normativo nacional y regional**

El informe de EAE debe revisar y tomar en consideración las **políticas públicas, las estrategias nacionales y los marcos regulatorios vigentes**, particularmente aquellos que inciden directa o indirectamente en la gestión del agua y los ecosistemas asociados, o en el procedimiento de elaboración del plan hidrológico, tales como:

- Leyes y políticas de **recursos hídricos y planificación hidrológica**.
- Estrategias y planes nacionales de **cambio climático y adaptación**.
- Políticas y planes de **biodiversidad, áreas protegidas, ordenamiento ambiental y territorial, protección del patrimonio histórico y cultural (pueblos indígenas)**.
- Normativa sectorial relevante (agricultura, energía, minería, industria, turismo) que tenga influencia en el uso del agua y las presiones sobre los ecosistemas, a la que se alude seguidamente.

Importante:
La EAE debe analizar **posibles sinergias y conflictos normativos**, identificando vacíos y recomendaciones para mejorar la coherencia.

3. **Coherencia con instrumentos sectoriales y territoriales**

Además de los marcos nacionales, es imprescindible revisar también **planes y programas sectoriales y territoriales,** que interactúan con la gestión del agua:

- Planes de desarrollo regional y local.
- Programas de ordenamiento del territorio, planes de manejo de cuencas y zonificación ecológica-económica, estrategias de lucha contra la erosión y la pérdida de suelo, etc.
- Planes estratégicos de sectores productivos (agroindustria, generación hidroeléctrica, abastecimiento urbano, turismo, minería, etc).
- Estrategias de conservación y restauración de ecosistemas.
- Planes o estrategias de protección del patrimonio histórico o cultural, con especial atención a los pueblos indígenas.

Este análisis busca garantizar que el plan hidrológico y la EAE sean **consistentes con la dinámica territorial y sectorial**, evitando duplicidades, incompatibilidades y potenciando las sinergias con otros instrumentos que se puedan estar planteando.

El resultado del análisis se presentará en forma de **tabla o matriz de coherencia**, en la que se indiquen:

- Los instrumentos revisados.
- Los objetivos y metas relevantes de cada instrumento.
- La relación (sinergia, neutralidad o conflicto) con los objetivos y medidas del plan hidrológico.
- Recomendaciones para resolver conflictos y fortalecer la alineación.

Esta tabla o matriz, con sus correspondientes indicadores vinculados a estos elementos o factores de decisión, será uno de los insumos principales para la comparación y **evaluación de alternativas estratégicas** y la **definición de directrices ambientales**, que se verá más adelante (**Componentes estratégicos objeto de la evaluación**).

Recomendación:

La aplicación de la EAE en los planes hidrológicos requiere una **estrecha coordinación entre la autoridad del agua, responsable de la elaboración del plan, y la autoridad ambiental**, encargada de revisar, validar y asegurar la correcta integración de los criterios ambientales. En los países donde existan organismos diferenciados para ambas funciones, se recomienda la creación de **comités técnicos conjuntos** para el seguimiento de la EAE, la definición de criterios ambientales estratégicos, la supervisión de las evaluaciones de alternativas y la aprobación de las directrices y medidas derivadas de la EAE.

Participación

La participación pública en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) constituye un componente esencial y **transversal** en la elaboración de los planes hidrológicos. Su finalidad es garantizar que las decisiones estratégicas se construyan sobre un conocimiento colectivo, integrando perspectivas ambientales, sociales, económicas y culturales desde las fases más tempranas del proceso. Por otra parte, la participación pública también es un mecanismo esencial en la construcción del plan hidrológico, según se describe en **Participación pública**; mucho de lo allí expuesto es ahora replicable al tratar de la participación en el proceso de evaluación ambiental.

En el contexto latinoamericano, la participación adquiere especial relevancia por la diversidad de actores involucrados en la gestión del agua (organismos gubernamentales, comunidades locales, pueblos indígenas, sectores productivos, universidades, organizaciones de la sociedad civil y usuarios individuales) y por la necesidad de construir acuerdos que fortalezcan la gobernanza.

Objetivos de la participación en la EAE

1. Incorporar el conocimiento local y técnico en la definición de los objetivos ambientales estratégicos del plan.
2. Detectar de forma temprana posibles conflictos o intereses contrapuestos, permitiendo orientar las estrategias hacia soluciones aceptadas y viables.
3. Validar los resultados intermedios de la EAE, asegurando que los diagnósticos y las evaluaciones de alternativas reflejen las percepciones de los diferentes actores.
4. Garantizar la transparencia y la legitimidad del proceso de planificación hidrológica.

Mecanismos y herramientas recomendadas

- Consultas tempranas y talleres iniciales para acordar objetivos y factores críticos de decisión.
- Mesas de diálogo sectoriales y territoriales en fases intermedias, para discutir resultados del diagnóstico y evaluar escenarios estratégicos.
- Audiencias y foros públicos para la revisión de las medidas propuestas y la versión preliminar del informe de EAE.
- Plataformas digitales y sistemas en línea para acceso a documentos, recepción de comentarios y trazabilidad de las aportaciones.
- Incorporación de saberes locales e indígenas mediante metodologías participativas adaptadas culturalmente.

Transparencia del proceso

Todo el proceso participativo en el marco de la EAE, al igual que en el de planificación, deberá documentar:

- Los actores convocados y participantes, así como los mecanismos empleados para su involucramiento.
- Los aportes recibidos y la manera en que se integraron (o se justificó su exclusión) en el análisis y en las decisiones finales.
- Los acuerdos alcanzados, que deben formar parte del expediente público del plan hidrológico.

Como resultado, el informe de EAE incluirá un **apartado específico de participación y transparencia**, que contendrá:

- La metodología de participación utilizada.
- El cronograma de actividades.
- La síntesis de aportes y cómo fueron considerados en las decisiones estratégicas.
- La lista de actores participantes y mecanismos de comunicación empleados.

Componentes estratégicos objeto de la evaluación

La Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) debería identificar y definir, desde sus fases iniciales, los **componentes estratégicos que condicionan o informan sobre la sostenibilidad del plan hidrológico**. Estos componentes, también denominados **Factores Críticos de Decisión (FCD)**, constituyen el eje central del análisis y la base para evaluar los efectos de las diferentes alternativas de planificación.

Los FCD son elementos del medio físico, biológico, social y económico cuya conservación, mejora o gestión adecuada resultan esenciales para el alineamiento buscado con las diversas políticas o estrategias del país antes comentadas, para garantizar la seguridad hídrica y la sostenibilidad del territorio. La identificación temprana de estos factores permite orientar los esfuerzos del plan hacia aquellos aspectos de mayor relevancia ambiental y social.

1. Ecosistemas y servicios ecosistémicos

Se debería evaluar la **situación de los ecosistemas asociados al recurso hídrico**, poniendo especial atención a:

- Humedales, riberas, bosques de galería, manglares y zonas de recarga acuífera, incluyendo su extensión, estado de conservación y conectividad ecológica.
- Servicios ecosistémicos clave que proveen estos ambientes (regulación hidrológica, control de sedimentos, provisión de agua, biodiversidad, pesca, recreación y patrimonio cultural).
- Procesos de degradación o pérdida de funcionalidad por presiones antrópicas, fragmentación o cambio de uso del suelo.

El objetivo es integrar sinérgicamente la gestión de los recursos hídricos con la protección de los ecosistemas que los sostienen.

2. Disponibilidad y calidad del recurso hídrico

Este componente aborda:

- Régimen hidrológico natural y alteraciones existentes, considerando variaciones temporales (sequías, avenidas).
- Balance oferta-demanda actual y proyectado.
- Calidad del agua: estado químico, fisicoquímico y biológico de ríos, lagos, acuíferos y aguas costeras vinculadas.
- Identificación de tendencias a largo plazo, así como de zonas críticas donde el recurso es escaso o está degradado.

Estos análisis son fundamentales para dimensionar el efecto de las presiones sobre los FCD y anticipar los impactos que previsiblemente se deriven de diferentes alternativas o soluciones de planificación.

3. **Riesgos naturales y cambio climático**

Se deberán incorporar los **escenarios de riesgo y vulnerabilidad** relacionados con:

- Fenómenos extremos: inundaciones, avenidas torrenciales, deslizamientos, sequías, intrusión salina y erosión.
- Efectos derivados del cambio climático en la disponibilidad y calidad del recurso, así como en la frecuencia e intensidad de los eventos extremos.
- Capacidad de adaptación del territorio y de los ecosistemas frente a dichos riesgos.

Este análisis, que como en el caso de los balances entre demandas y recursos no es independiente de otros contenidos del plan hidrológico descritos en esta Guía, permite incorporar la resiliencia y la adaptación al cambio climático como criterios explícitos en el diseño de las estrategias del plan.

4. **Gobernanza y equidad social**

La EAE debe evaluar los aspectos institucionales y sociales que condicionan la gestión del agua:

- Capacidades técnicas y administrativas de las instituciones responsables de la gestión.
- Participación y representación de los distintos actores y sectores sociales en los procesos de planificación y toma de decisiones.
- Acceso equitativo al recurso y a los beneficios derivados de su uso.
- Conflictos existentes o potenciales entre usos, comunidades o sectores productivos.

Todos estos elementos son esenciales para que el plan no solo sea técnicamente sólido, sino también socialmente aceptado y viable. La identificación y caracterización de estos FCD debería presentarse en el informe de EAE mediante:

- Un inventario de factores críticos (ambientales, sociales, económicos e institucionales) consistente con la matriz de coherencia a la que se ha aludido en el apartado de **Coherencia con instrumentos sectoriales y territoriales**.
- La cartografía temática de apoyo correspondiente (ecosistemas, zonas de riesgo, calidad del agua, usos).
- Complementariamente, puede ser de interés la priorización de aquellos factores cuya atención pueda resultar determinante para la sostenibilidad del plan.

Esta información servirá de **base para la elaboración del diagnóstico estratégico, la evaluación de alternativas y la selección de medidas y, por último, el seguimiento estratégico del plan.**

Diagnóstico estratégico

El **diagnóstico estratégico** constituye la fase de análisis integrada de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), en la que se interpreta el estado actual del medio y las previsibles tendencias de los factores críticos de decisión previamente identificados. Su objetivo es proporcionar un **marco de referencia sólido y prospectivo** que permita evaluar el impacto de las potenciales estrategias a adoptar con el plan hidrológico a escala de cuenca, o de su ámbito de aplicación.

Este diagnóstico no se limita a la descripción estática de la situación actual, sino que incorpora **tendencias futuras y escenarios sin plan (alternativa 0)** para comprender la evolución de los problemas y oportunidades del territorio si no se adoptan medidas adicionales.

1. **Análisis integrado de la línea base**

A partir de la información recopilada sobre los componentes estratégicos (ecosistemas, recurso hídrico, riesgos, gobernanza), se elaborará una **síntesis integrada** que responda a las siguientes preguntas clave:

- ¿Cuál es el estado actual del recurso hídrico y de los ecosistemas asociados?
- ¿Qué procesos y dinámicas están generando presión sobre el recurso y los servicios ecosistémicos?
- ¿Cuáles son las principales áreas vulnerables a eventos extremos y a la variabilidad climática?

- ¿Existen desequilibrios en el acceso y en la gobernanza del agua?

2. **Identificación de presiones y tendencias**

A este respecto, se tomará como referencia el **Inventario de presiones sobre el medio hídrico** y la **Descripción general de usos y demandas**, así como lo que el propio plan prevea sobre **Proyecciones y escenarios futuros**, preparados en marco de los contenidos propios del plan hidrológico. El diagnóstico debe incluir la identificación sistemática de:

- **Presiones actuales:** usos intensivos, contaminación puntual y difusa, cambios de uso del suelo, deforestación, obras hidráulicas y otros factores que modifican el régimen hidrológico o degradan los ecosistemas.
- **Tendencias de evolución:** proyecciones de población, cambio climático, crecimiento agrícola o industrial y sus efectos sobre la demanda y la calidad del agua.
- **Impactos acumulativos:** procesos que, sumados a lo largo del tiempo o del territorio, generan efectos significativos a escala de cuenca.

3. **Escenario de referencia sin plan**

Se debe construir un **escenario tendencial** que describa la evolución esperada de los factores críticos en ausencia de la implementación del plan hidrológico. Este escenario, también denominado Alternativa 0, permite:

- Comparar los efectos futuros (en el horizonte temporal de planificación) de mantener la situación actual frente a las alternativas estratégicas que se planteen.
- Identificar riesgos y oportunidades que el plan podría evitar o potenciar.

El escenario tendencial debe elaborarse para el horizonte temporal de planificación, con base en los datos disponibles, recurriendo a modelos simplificados, análisis de tendencias y, en su caso, conocimiento experto, y siempre manteniendo la coherencia con lo recogido a este respecto en el propio plan hidrológico, especialmente en lo que se refiere a estimaciones sobre demandas y presiones.

4. **Análisis espacial y cartografía estratégica**

El diagnóstico debe apoyarse en el uso de **herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG)** y cartografía temática, que permitan:

- Representar espacialmente los factores críticos (zonas de riesgo, áreas de conservación, fuentes de contaminación).
- Identificar **zonas prioritarias de intervención** y áreas especialmente sensibles a las medidas del plan.

El producto de esta fase debe documentarse en un **Informe de Diagnóstico Estratégico**, que contendrá:

- La caracterización integrada del estado ambiental, social e institucional de la cuenca.
- La identificación de presiones, tendencias y riesgos futuros.
- El escenario sin plan y sus implicaciones.
- La cartografía temática que servirá de base para la evaluación de alternativas.

Evaluación de alternativas estratégicas

La **evaluación de alternativas estratégicas** constituye la fase central de la EAE en la que se analizan y comparan las diferentes opciones de gestión y desarrollo consideradas en el plan hidrológico para distintos horizontes temporales y escenarios **Proyecciones y escenarios futuros.** Esta etapa permite determinar qué combinaciones de medidas y enfoques producen los mejores resultados en términos ambientales, sociales y económicos, considerando las condiciones y limitaciones específicas de la cuenca.

1. **Formulación de alternativas estratégicas**

El proceso parte de la definición explícita de las **alternativas que se someterán a análisis**, que deben ser:

- **Coherentes con los objetivos del plan hidrológico**.
- **Suficientemente diferenciadas** para reflejar distintos modelos de gestión (por ejemplo, infraestructura gris intensiva, soluciones basadas en la naturaleza, estrategias mixtas, control de la demanda).
- **Viables técnica e institucionalmente** en el contexto del país o región.

Estas alternativas deben construirse tomando en cuenta los resultados del **diagnóstico estratégico** y los **factores críticos de decisión**. En consecuencia, las posibles soluciones que aquí se analicen no deben ser distintas de la racionalmente consideradas en el análisis de los problemas que el plan hidrológico deberá afrontar, trabajo al que se hace referencia en las primeras etapas de elaboración de plan hidrológico (Etapas del proceso de Planificación Hidrológica).

2. Criterios de evaluación

Para cada alternativa se debe analizar su desempeño en relación con criterios previamente definidos, que deben quedar explicitados en la matriz que despliega los factores críticos de decisión, de tal forma que integren:

- **Criterios ambientales**: conservación de ecosistemas, mantenimiento de caudales ecológicos, mejora de la calidad del agua, restauración de hábitats.
- **Criterios sociales**: acceso equitativo, reducción de vulnerabilidad, impacto en comunidades locales y en los usos del agua.
- **Criterios económicos**: viabilidad financiera, eficiencia en la asignación de recursos, coste-efectividad a largo plazo.
- **Criterios de resiliencia**: adaptación frente al cambio climático y reducción de riesgos naturales.

Se recomienda la cuantificación de estos factores mediante indicadores objetivos y, en su caso, su **ponderación** en función de su relevancia en cada cuenca o país.

3. Análisis de impactos y efectos acumulativos

El análisis debe identificar y valorar para cada alternativa:

- **Impactos directos e indirectos** en los factores críticos de decisión.
- **Impactos acumulativos y sinérgicos** a nivel de cuenca y a largo plazo.
- **Impactos positivos** (mejoras ambientales y sociales) y **negativos** (riesgos, presiones nuevas o aumento de vulnerabilidad).

Para facilitar el proceso se recomienda el uso de **matrices multicriterio, mapas de sensibilidad y análisis cualitativos y cuantitativos**.

4. Comparación y jerarquización de alternativas

La información obtenida se debe sistematizar mediante:

- **Matrices de comparación**, donde cada alternativa se evalúa frente a los criterios.
- Técnicas de **evaluación multicriterio** (MCDA) para jerarquizar alternativas según su desempeño global.
- Análisis de incertidumbre y robustez de los resultados, especialmente relevante en contextos con información limitada.

A modo de ejemplo, se muestra seguidamente una tabla para trabajar la comparación de alternativas. Esta tabla debe conectar los instrumentos de análisis identificados inicialmente con los componentes ambientales estratégicos objeto de evaluación, y éstos con indicadores explicativos de la potencial respuesta de dichos componentes ante cada una de las alternativas consideradas en el proceso de planificación para resolver los problemas que el plan hidrológico debe afrontar. La tabla ejemplo considera el valor actual de cada indicador y su previsible evolución al horizonte temporal de planificación bajo tres alternativas de acción distintas, identificadas como 0 o tendencial, 1 y 2. Se insiste en el carácter

indicativo de la tabla, que deberá ser particularizada según sean las circunstancias de cada caso. Interesará que, en la medida de lo posible, los indicadores sean cuantificables y que su estimación dependa de operaciones estadísticas ajenas al plan hidrológico. Su evolución futura, para cada una de las soluciones alternativas que se consideren, deberá ser estimada con el mayor rigor que sea posible y, en cualquier caso, si no existe otra posibilidad, podrá ser útil una estimación cualitativa, del tipo: aumenta (>), disminuye (<) o se mantiene estable (=).

Componente ambiental	Indicador	Valor actual	Valor esperado		
			Alt. 0	Alt. 1	Alt. 2
Aire y clima	Emisiones de GEI				
	Porcentaje en el uso de energía renovable				
	Incremento de la eficiencia energética				
	Otros				
Ecosistemas y biodiversidad	Porcentaje de cuerpos de cuerpos de agua coincidente con zonas protegidas				
	Porcentaje de cuerpos de agua con caudales ecológicos establecidos				
	Longitud de cuerpos de agua en los que se contempla asegurar la continuidad fluvial				
	Porcentaje de cuerpos de agua con especies invasoras				
	Otros				
Patrimonio cultural, suelo y paisaje	Extensión superficial afectado por erosión y pérdida de suelo				
	Evolución de la superficie de suelo urbano				
	Superficie de patrimonio histórico o cultural protegido				
	Otros				
Población y salud humana	Porcentaje de cuerpos de agua afectados por presiones				
	Número y porcentaje de captaciones de agua potable objeto de protección				
	Porcentaje de sistemas de abastecimiento urbano seguros y fiables.				
	Número de cuerpos de agua que incumplen los objetivos ambientales				
	Número de estaciones de control cuantitativo				
	Número de estaciones de control de la calidad del agua				
	Demanda de agua				
	Caudal suministrado para abastecimiento urbano				
	Caudal suministrado para usos socioeconómicos				
	Capacidad total de embalses				
	Superficie en regadío				
	Personas vulnerables al riesgo de inundación (T=100 años)				
	Consumo de fertilizantes y productos fitosanitarios				
	Porcentaje de vertidos urbanos objeto de tratamiento				
	Otros				

El despliegue de esta información explicará el efecto esperable de cada una de las alternativas inicialmente consideradas en el plan hidrológico sobre los aspectos estratégicos objeto de análisis y, con ello, ayudará a justificar racionalmente la alternativa o solución seleccionada.

5. Medidas preventivas, correctivas y de compensación

Es posible que la alternativa seleccionada conlleve la adopción de medidas que, como la construcción de un embalse, no siempre provoquen efectos favorables desde una perspectiva ambiental. En este caso, el mecanismo de evaluación debe ayudar a tomar en consideración otras medidas para prevenir, mitigar o compensar esos efectos indeseados. Es decir, que la evaluación debe incluir la **identificación de medidas** orientadas a:

- **Prevenir** los impactos negativos antes de que ocurran (por ejemplo, ubicación adecuada de infraestructuras).
- **Mitigar** los impactos inevitables (mejoras tecnológicas, cambios en diseño).
- **Compensar** los daños residuales (restauración de ecosistemas, creación de hábitats alternativos).

Estas medidas pueden incorporarse como directrices ambientales del plan, e incorporarse en el plan antes de su aprobación.

El resultado de esta fase deberá documentarse en el **Informe de Evaluación**, que incluirá:

- La descripción detallada de cada alternativa analizada.
- Los criterios de evaluación utilizados y su justificación.
- Los impactos, riesgos y beneficios asociados a cada alternativa.
- La comparación global y la jerarquización de las alternativas.
- Las medidas preventivas y correctivas recomendadas.

Esta etapa permite fundamentar la **toma de decisiones estratégicas** del plan hidrológico y garantiza que la opción elegida no solo es técnicamente viable, sino también ambientalmente sostenible, socialmente justa y alineada con los objetivos de largo plazo

Selección estratégica de alternativas y justificación ambiental

La fase de **selección estratégica** en la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) constituye el punto de convergencia entre el análisis técnico y el proceso de participación, en la que se adopta, de manera justificada, la **alternativa de gestión que servirá como base del plan hidrológico**, integrando los criterios ambientales, sociales y económicos evaluados en la fase anterior. Esta decisión, construida de manera informada y, hasta donde sea posible, consensuada, garantiza que el plan hidrológico maximiza los beneficios ambientales y sociales, minimiza los impactos negativos a largo plazo y establece las bases para la definición de las directrices y lineamientos ambientales que guiarán la fase siguiente.

1. Integración de resultados de la evaluación

La selección debe basarse en la **información obtenida en el análisis de alternativas** (impactos, beneficios, riesgos), desplegado en la matriz antes indicada, y en:

- **La ponderación de criterios ambientales, sociales y económicos** definidos previamente.
- **Los aportes y observaciones recibidos durante los procesos participativos**.
- La coherencia con los **factores críticos de decisión** y con el escenario estratégico sin plan.

Se recomienda utilizar técnicas **multicriterio y deliberación estructurada** para asegurar la objetividad y la trazabilidad de la decisión.

2. Criterios para la selección

Los criterios que orientan la elección de la estrategia final deben incluir, como mínimo:

- **Sostenibilidad ambiental:** protección de los ecosistemas, mejora de la calidad y cantidad del recurso hídrico, cumplimiento de caudales ecológicos.
- **Equidad social y territorial:** contribución a reducir brechas en el acceso al agua y fortalecimiento de la gobernanza.
- **Eficiencia y viabilidad técnica:** factibilidad en términos técnicos, financieros y de implementación.
- **Resiliencia climática:** capacidad de reducir la vulnerabilidad frente a eventos extremos y cambio climático.

3. Justificación técnica y ambiental de la alternativa elegida

El documento de EAE debe incluir una **justificación detallada** de la alternativa seleccionada, explicando:

- Por qué esta alternativa es preferible frente a las demás analizadas.
- De qué manera cumple los objetivos estratégicos del plan y contribuye a los compromisos nacionales e internacionales.
- Qué riesgos y limitaciones se identifican, y qué medidas correctivas se adoptarán para minimizar sus impactos negativos.

4. Toma de decisiones

La selección de la estrategia debe validarse mediante:

- **Talleres o audiencias técnicas** con los actores clave para asegurar la aceptación social de la opción elegida.
- Registro documentado de las decisiones y acuerdos alcanzados.
- Inclusión de ajustes, hasta donde sea posible consensuados, derivados del proceso de participación.

El resultado de esta etapa se presentará en el **Informe correspondiente**, que contendrá:

- La alternativa seleccionada y su descripción detallada.
- Los argumentos técnicos, ambientales y sociales que justifican la elección.
- Las recomendaciones y condiciones para su implementación.
- Las directrices que guiarán la integración de esta alternativa en el programa de medidas del plan.

La selección estratégica así realizada garantiza que el plan hidrológico se construya sobre una **decisión informada y, en la medida de lo posible, consensuada**, que maximiza los beneficios ambientales y sociales y minimiza los impactos negativos del plan a largo plazo. Esta etapa también establece las bases para definir las **directrices y lineamientos ambientales** de la siguiente fase.

Es necesario tener presente que la administración pública promotora o responsable de la preparación del plan hidrológico tiene unas obligaciones jurídicas que atender, en las que se deben enmarcar los resultados del plan hidrológico. Como consecuencia de ello, una vez atendidos y correctamente desarrollados aquellos procesos participativos que corresponda, será natural que no siempre haya sido posible alcanzar un acuerdo completo o consensuado sobre el plan hidrológico. Este hecho de falta del consenso deseado no debe bloquear el procedimiento, es decir, no deberá impedir que la citada administración responsable actúe como esté obligada, dentro de sus legítimas capacidades discrecionales.

Documento Ambiental Estratégico

El **documento o informe Ambiental Estratégico,** redactado por el órgano promotor o responsable del plan hidrológico, **es** la **síntesis y principal evidencia del análisis estratégico ambiental** que ha acompañado la elaboración del plan hidrológico, en él se recogerán los trabajos antes detallados. Este informe completo e integrado, que formará parte inseparable del expediente del plan, es la **herramienta central de transparencia y trazabilidad del proceso de evaluación**, asegurando la coherencia entre los análisis realizados y las decisiones adoptadas, permitiendo que la sociedad disponga de la información necesaria para comprender y evaluar la gestión estratégica del recurso hídrico.

1. Naturaleza y alcance del documento

El documento de EAE no es únicamente un informe descriptivo y explicativo, sino una **herramienta de decisión** que:

- Recoge el **conjunto de análisis, resultados, decisiones y recomendaciones** obtenidos durante el proceso de EAE.
- Explica de manera clara la **relación entre el plan hidrológico y los objetivos ambientales estratégicos**.
- Incluye los compromisos asumidos en materia de medidas, seguimiento y gobernanza.

Debe cumplir con los principios de **transparencia, trazabilidad y coherencia**.

2. Contenido mínimo del documento

Sería recomendable pues que el documento de EAE contuviera, como mínimo, los siguientes apartados:

a) **Resumen ejecutivo**
   - Principales hallazgos y conclusiones.
   - Alternativa seleccionada y justificación.

- Recomendaciones clave para la implementación.

b) **Marco de referencia**
   - Normativo, institucional y estratégico en el que se enmarca el plan.
   - Coherencia con políticas nacionales, regionales e internacionales.

c) **Metodología aplicada**
   - Procedimiento seguido, fuentes de información y herramientas utilizadas.
   - Estrategia de participación y mecanismos de consulta.

d) **Diagnóstico estratégico**
   - Factores críticos de decisión.
   - Estado actual de los recursos hídricos y ecosistemas asociados.
   - Presiones, tendencias y escenarios sin plan.

e) **Evaluación de alternativas**
   - Descripción de alternativas analizadas.
   - Impactos positivos y negativos (directos, indirectos, acumulativos).
   - Comparación y resultados del análisis multicriterio.

f) **Selección estratégica**
   - Alternativa elegida, criterios utilizados y argumentos para su elección.
   - Condiciones y supuestos asociados a la decisión.

g) **Directrices ambientales**
   - Orientaciones para la implementación del plan.
   - Medidas preventivas, correctivas y compensatorias.

h) **Plan de seguimiento estratégico**
   - Indicadores, mecanismos de recopilación de datos, responsabilidades y plazos.

i) **Proceso de participación y transparencia**
   - Actores involucrados, actividades realizadas y resultados de la consulta pública.
   - Cómo se integraron los aportes de la sociedad y de los sectores al plan.

j) **Conclusiones y recomendaciones**
   - Síntesis de las decisiones adoptadas.
   - Propuestas para la mejora continua del proceso de planificación.

3. Proceso de revisión y consulta pública

Antes de la aprobación definitiva del plan, el documento de EAE, junto con el resto de contenidos documentales del plan hidrológico:

- Debe **ponerse a disposición pública** para recoger observaciones.
- Incorporar las **aportaciones relevantes** derivadas de estas consultas.
- Documentar las modificaciones realizadas como resultado del proceso participativo.

Directrices y lineamientos ambientales derivados de la EAE

Las **directrices y lineamientos ambientales** constituyen la traducción operativa final de los resultados de la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) al cuerpo principal del plan hidrológico, asegurando que no queden limitados a un informe técnico, sino que se transformen en reales **condiciones estratégicas y operativas** bajo las cuales debe implementarse la alternativa seleccionada. De este modo, orientan la planificación, la ejecución de medidas y la toma de decisiones a lo largo de todo el ciclo de vigencia del plan, garantizando que las decisiones adoptadas se materialicen en acciones concretas de carácter preventivo, correctivo y adaptativo.

Si dichas directrices son determinaciones exigibles que proceden de una **autoridad ambiental** distinta de la promotora del plan hidrológico, deberán ser tomadas en consideración e integradas en el plan antes de su aprobación final. Si proceden del propio órgano promotor, tendrán carácter explicativo, ayudando con ello a verificar la racionalidad del proceso planificador. En cualquier caso, de una forma u otra, siempre deberán quedar incorporadas en el plan hidrológico.

1. Naturaleza de las directrices

Las directrices derivadas de la EAE no son medidas puntuales, sino **orientaciones, que pueden tener carácter vinculante** de acuerdo a las normas específicas de cada país, y que afectan a:

- **La definición del programa de medidas y actuaciones**.
- La localización, diseño y priorización de proyectos hidráulicos.
- La **integración de los criterios ambientales y sociales** en los instrumentos de gestión del agua.
- Los mecanismos de monitoreo y evaluación del propio plan.

2. Contenido mínimo de las directrices

Las directrices deberán contemplar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- **a) Protección y restauración ambiental**, tales como:
  - Conservación de **zonas críticas de recarga de acuíferos, nacientes, humedales y cauces**.
  - Medidas para garantizar la **conectividad ecológica** de los sistemas fluviales.
  - Programas de **restauración de ecosistemas acuáticos y ribereños** afectados por presiones actuales o futuras.
- **b) Gestión sostenible del recurso hídrico**, como por ejemplo:
  - Incorporación obligatoria de **caudales ecológicos** en la asignación y gestión del agua.
  - Promoción de **uso eficiente y ahorro de agua** en todos los sectores.
  - Regulación de extracciones y vertidos en zonas vulnerables.
- **c) Prevención y control de la contaminación**
  - Lineamientos para reducir las **cargas contaminantes puntuales y difusas**.
  - Requisitos mínimos para la **depuración de aguas residuales** y control de fuentes agrícolas e industriales.
- **d) Adaptación y resiliencia frente al cambio climático**
  - Incorporación de **escenarios de cambio climático** en el diseño de obras y medidas.
  - Estrategias para reducir la vulnerabilidad de poblaciones y ecosistemas frente a sequías e inundaciones.
  - Promoción de **soluciones basadas en la naturaleza** (SBN) como complemento o alternativa a infraestructura gris.
- **e) Gobernanza y fortalecimiento institucional**
  - Creación o fortalecimiento de **mecanismos de coordinación interinstitucional**.
  - Fomento de la **participación activa** en la toma de decisiones y en el seguimiento del plan.
  - Acciones para mejorar la **capacidad técnica y operativa** de las instituciones competentes.

3. Priorización y vinculación

Las directrices pueden **priorizarse según su urgencia y relevancia** y quedar **vinculadas explícitamente a los objetivos estratégicos del plan**, de forma que:

- Exista **trazabilidad entre los hallazgos de la EAE y las medidas concretas**.
- Se integren en los documentos normativos y de programación del plan hidrológico.

El producto de esta fase se materializa en un **Listado de Directrices Ambientales resumidas en un documento final del proceso de evaluación**, que formará parte integral del plan hidrológico y que incluirá:

- Los objetivos estratégicos asociados.
- Las acciones y lineamientos generales a aplicar.
- Los indicadores que permitirán evaluar su cumplimiento (**plan de seguimiento**).

Este documento final de la EAE debe ser:

- **Parte integrante del plan**: no es un anexo independiente, sino un documento que guía la toma de decisiones.
- **Vinculante** para la implementación del plan: sus directrices y medidas se integran en el programa de medidas y actuaciones.

El producto esperado de esta fase es el **Informe Final de EAE**, disponible en formato físico y digital, que servirá como referencia para el seguimiento y evaluación del plan durante todo su ciclo de vigencia.

Plan de seguimiento estratégico

El **plan de seguimiento estratégico** está concebido para **verificar en el tiempo el cumplimiento de los objetivos ambientales y sociales derivados de la EAE, y evaluar la eficacia de las medidas adoptadas**. Este mecanismo convierte a la EAE en un **instrumento dinámico**, que permite ajustar la planificación de forma adaptativa, corrigiendo desviaciones y respondiendo a los cambios en las condiciones ambientales, sociales o económicas de la cuenca, de modo que el plan no se limite a una decisión inicial, sino que evolucione continuamente a partir de los resultados obtenidos. Es por ello, que este seguimiento debe quedar coordinado e integrado entre los trabajos generales de seguimiento del plan hidrológico, explicados en **Implementación, seguimiento y revisión del plan.**

1. Objetivo del seguimiento

El seguimiento busca:

- Verificar que la **alternativa seleccionada y las directrices ambientales** se están implementando correctamente.
- Detectar **impactos no previstos** y corregirlos oportunamente.
- Evaluar la **eficacia real** de las medidas adoptadas en la mejora del estado del recurso hídrico y de los ecosistemas asociados.
- Proporcionar información para la **revisión y actualización periódica del plan hidrológico**.

Elementos clave del plan de seguimiento

El plan de seguimiento debe incluir:

a) Indicadores estratégicos

Selección de indicadores cuantitativos y cualitativos, asociados a la matriz de los factores críticos de decisión (FCD) definidos en la EAE, que permitan medir:

- Estado de los **ecosistemas y servicios ecosistémicos** (extensión, calidad de hábitat, conectividad).
- **Disponibilidad y calidad del recurso hídrico** (caudales, calidad fisicoquímica y biológica).
- **Reducción de presiones** (vertidos, extracciones, contaminación difusa).
- **Eficacia de medidas de adaptación al cambio climático**.
- Avances en **participación y gobernanza**.

Estos indicadores deben ser consistentes con los sistemas de monitoreo hidrológico y ambiental existentes.

b) Mecanismos de recopilación y análisis

- Programas de monitoreo ambiental y social apoyados en redes hidrológicas, campañas de campo, percepción remota y datos participativos.
- **Frecuencia y protocolos de medición** adaptados a las capacidades técnicas e institucionales del país.

c) Evaluación periódica

- **Informes de seguimiento** con periodicidad definida (por ejemplo, anual o bienal).
- Comparación de resultados frente a los objetivos del plan y a los escenarios de referencia.

d) Retroalimentación y ajuste

- Establecimiento de **mecanismos correctivos** cuando se detecten desviaciones significativas.
- Actualización y ajuste adaptativo de las medidas y estrategias del plan con base en la evidencia recogida.

2. Integración institucional

El seguimiento estratégico de la EAE debe:

- **Coordinarse con las entidades responsables** del monitoreo de recursos hídricos, calidad de agua, biodiversidad y cambio climático.

- Integrarse en los **sistemas nacionales de información ambiental e hidrológica**.
- Garantizar la **difusión pública de los resultados** para asegurar transparencia y rendición de cuentas.

El producto de esta fase se plasma en el **Programa de Seguimiento Estratégico**, documento vinculado al informe de seguimiento del plan, y que debe incluir:

- La lista de indicadores.
- Las fuentes de datos y protocolos de medición.
- La periodicidad y responsables de la recopilación y evaluación.
- Los mecanismos de reporte y difusión pública.
- Los procedimientos de retroalimentación y ajuste adaptativo.

Calendario y articulación con el plan

La **Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)** debe estar plenamente integrada en la **programación temporal del plan hidrológico**, estructurándose en un cronograma claro, paralelo y coordinado desde la fase inicial hasta la aprobación final, y posteriormente durante los trabajos de seguimiento. Su utilidad depende de que los resultados se produzcan en el momento oportuno para influir en las decisiones estratégicas; de lo contrario, se convierte en un ejercicio meramente formal. La sincronización garantiza que la EAE aporte valor, legitime el proceso y mejore la calidad del plan desde su origen.

1. Principios de articulación temporal

- **Sincronización:** todas las fases de la EAE deben realizarse en paralelo a las etapas equivalentes del plan hidrológico, evitando que los resultados se obtengan tarde y pierdan capacidad de incidir en la toma de decisiones.
- **Carácter iterativo:** la EAE no se desarrolla de forma aislada, sino que interactúa continuamente con la elaboración del plan, ayudando en la selección de alternativas, introduciendo medidas de ajuste, etc.
- **Flexibilidad:** los hitos deben permitir ajustes si se detectan nuevas necesidades de análisis o de participación.

2. Fases y momentos clave

La programación de los trabajos de EAE debe coordinarse con las actividades generales de desarrollo del proceso de planificación y de elaboración del plan hidrológico, que han sido descritos en Etapas del proceso de Planificación Hidrológica. El calendario conjunto, del proceso de planificación y de EAE deberá contemplar, al menos, los siguientes hitos:

a) Fase inicial
- Definición del alcance y los objetivos ambientales estratégicos.
- Identificación de factores críticos de decisión.
- Diseño del plan de participación y del esquema de seguimiento.
- Estos trabajos deben desarrollarse **simultáneamente con la recopilación de información básica del plan hidrológico**.

b) Fase intermedia
- Elaboración del **diagnóstico estratégico** y del **escenario sin plan**.
- Identificación de problemas y planteamiento y evaluación de alternativas estratégicas y consulta con los actores.
- Este periodo coincide con la **formulación de escenarios de gestión y medidas del plan**.

c) Fase final
- Redacción del **Informe de EAE**, con la selección justificada de la alternativa.
- Consulta pública formal del documento, siempre que sea posible en paralelo a la consulta del propio plan hidrológico, e integración de las observaciones en la versión final.
- Esta fase debe cerrarse **antes de la aprobación del plan hidrológico**, de forma que las directrices ambientales estén incorporadas en la propuesta definitiva.

d) Fase de seguimiento

- Ejecución del **plan de seguimiento estratégico** después de la aprobación del plan.
- Publicación periódica de informes de resultados y ajuste adaptativo.

3. **Coordinación de calendarios**

La integración de calendarios requiere:

- Elaboración de un **diagrama de Gantt conjunto**, que muestre cómo las fases de la EAE se desarrollan en paralelo a las fases técnicas del plan.
- Definición de **responsables y puntos de control** comunes para ambos procesos.
- Revisión y aprobación conjunta de entregables intermedios (diagnóstico, alternativas, medidas).

El resultado de esta fase se materializa en un **cronograma integrado**, que debe incorporarse al documento del plan hidrológico y que incluye:

- Fases de la EAE y del plan.
- Entregables previstos en cada fase.
- Fechas o periodos de inicio y fin.
- Mecanismos de coordinación y revisión.

Enfoque para países con diferentes capacidades

En Latinoamérica existe una gran diversidad en cuanto a **marcos normativos, capacidad técnica e institucional y disponibilidad de información** para la elaboración de planes hidrológicos y la aplicación de Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE).Por esta razón, la guía establece principios y recomendaciones específicas que permiten **adaptar los contenidos y exigencias metodológicas de la EAE a distintos niveles de capacidad** sin comprometer la calidad del proceso ni los objetivos de sostenibilidad, reconociendo que dichos mecanismos de evaluación están heterogéneamente regulados en la región. No obstante, pueden resultar de aplicación los siguientes elementos:

1. **Principios generales de adaptación**

   - **Gradualidad:**
     - Ajustar el nivel de detalle y la complejidad técnica de los análisis según la capacidad existente.
     - Garantizar, en cualquier caso, el cumplimiento de los contenidos mínimos.
   - **Flexibilidad metodológica:**
     - Emplear **herramientas cualitativas** (matrices simples, evaluación experta, encuestas) cuando los datos sean limitados, o no sea viable una evaluación cuantitativa.
     - Complementar progresivamente con **herramientas cuantitativas** a medida que se disponga de información más robusta.
   - **Fortalecimiento institucional progresivo:**
     - Utilizar el proceso de EAE como una **oportunidad para mejorar capacidades técnicas** a través de cooperación interinstitucional, formación y generación de datos.

2. **Estrategias para contextos con limitaciones de datos**

   - **Datos secundarios y fuentes no convencionales:** Uso de estudios existentes, censos, información de universidades y ONG, imágenes satelitales, modelación simplificada y técnicas de percepción remota.
   - **Procesos participativos ampliados:** Incorporación del conocimiento local, comunitario e indígena para complementar carencias de información cuantitativa.
   - **Análisis multicriterio cualitativo:** Aplicación de criterios de evaluación basados en juicios de expertos y consensos sociales.

3. **Estrategias para contextos con capacidades avanzadas**

- Aplicación de **modelos hidrológicos y ecológicos complejos** para la simulación de escenarios.
- **Evaluación cuantitativa de impactos acumulativos** mediante herramientas SIG, modelación hidrodinámica y técnicas de valoración económica.
- **Integración de sistemas automáticos de monitoreo** y análisis de big data para fortalecer el seguimiento.

4. **Herramientas de apoyo regional**

En contextos donde los países carezcan de experiencia previa, se recomienda:

- Emplear las guías metodológicas de organismos internacionales (BID, CEPAL, UNESCO, Banco Mundial).
- Fomentar **programas de cooperación horizontal y redes regionales** de intercambio de datos y experiencias.
- Considerar **metodologías modulares**, que permitan añadir capas de complejidad a medida que se consolida la capacidad técnica.

El producto de esta labor no es un documento separado, sino una **estrategia transversal de adaptación**, incorporada en la metodología del plan hidrológico y explicitada en el informe de EAE, donde se indiquen:

- Las **limitaciones técnicas y de datos** identificadas.
- Los **criterios adoptados para ajustar los análisis**.
- Las medidas previstas para fortalecer capacidades y mejorar la información en ciclos futuros.

Guías

GUÍA 1: OCDE (2012). “Applying Strategic Environmental Assessment: Good Practice Guidance for Development Co-operation.”

https://www.oecd.org/environment/environment-development/37353858.pdf

GUÍA 2: World Bank (2011). “Strategic Environmental Assessment in Policy and Sector Reform.”

https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2320

GUÍA 3: CEPAL (2018). “Guía para la Evaluación Ambiental Estratégica en América Latina y el Caribe.

https://www.cepal.org/es/publicaciones/3734-guia-evaluacion-ambiental-estrategica

GUÍA 3: Plan de gestión de recursos hídricos en la cuenca del río Mayo (Perú). Informe de Evaluación Ambiental Estratégica.

https://crhc.ana.gob.pe/mayo/sites/default/files/archivos/recursos/Informe_Evaluacion_Ambiental_Estrategica.pdf

[6] Implementación, seguimiento y revisión del plan

Definición: El **proceso de seguimiento de un plan hidrológico** es el conjunto estructurado de actividades técnicas, institucionales y participativas destinadas a evaluar, de manera periódica y sistemática, si la evolución de las variables básicas se ajusta a lo previsto en el Plan, el grado de ejecución del mismo, el avance hacia los objetivos establecidos y los efectos reales de las medidas/actuaciones implementadas. Este proceso debe basarse en un sistema de indicadores previamente definidos, en protocolos de recolección y validación de datos, y en procedimientos de análisis, comunicación y retroalimentación que garantizan su trazabilidad y legitimidad.

Importante:
El seguimiento se refiere al carácter cíclico de la planificación, articulándose como un componente central del ciclo de planificación, y debe regirse por metodologías claras, normas técnicas y principios de participación y transparencia.

Objetivo: El seguimiento de un plan hidrológico tiene como finalidad:

- Comprobar que las estimaciones realizadas en el momento de la elaboración del plan para los horizontes futuros se ajustan a la realidad. Esto tiene especial importancia en temas como el cálculo de los recursos hídricos o las demandas.
- Evaluar el grado de implementación del plan: verificar si las actuaciones y acciones previstas se están ejecutando conforme al cronograma establecido.
- Medir la eficacia de las medidas implementadas: determinar si las acciones adoptadas están logrando los objetivos de gestión del recurso hídrico en términos de cantidad y calidad.
- Identificar desviaciones y proponer medidas correctivas: detectar posibles desviaciones respecto a los objetivos y metas, y establecer acciones correctivas oportunas.
- Facilitar la toma de decisiones informadas y adaptativas: proporcionar información actualizada y relevante para ajustar el plan en función de las condiciones cambiantes y los resultados obtenidos.

Utilidad: El seguimiento cumple funciones esenciales en la gestión integrada de los recursos hídricos:

1. **Control de la ejecución**: permite verificar si las medidas previstas se están implementando conforme al cronograma, presupuesto y responsables establecidos en el plan.

2. **Evaluación de resultados**: posibilita medir, mediante indicadores, si las acciones están logrando los efectos esperados en la cantidad, calidad y sostenibilidad del recurso hídrico, así como en la gobernanza y uso equitativo del agua.
3. **Gestión adaptativa**: aporta evidencia para identificar desviaciones, obstáculos o impactos no previstos, y plantea recomendaciones técnicas para orientar ajustes futuros, sin alterar arbitrariamente el marco del plan vigente.
4. **Transparencia y rendición de cuentas**: documenta de forma pública y accesible el desempeño institucional, la eficacia de las políticas adoptadas y el uso de los recursos públicos o concertados.
5. **Preparación del siguiente ciclo de planificación**: ofrece insumos técnicos y estratégicos fundamentales para la formulación del próximo plan, incorporando aprendizajes, cambios de contexto y nuevas prioridades.

Importante:
Es necesario establecer el **plazo para llevar a cabo los trabajos de la revisión del plan**. Este plazo dependerá de la regulación de cada país, en función del alcance y del procedimiento previstos para la revisión, pero previsiblemente no será inferior a un año y. como máximo, requerirá un tiempo igual al período de elaboración del primer plan. **Conceptos y criterios para abordar la planificación hidrológica con visión de GIRH**.

Contenidos que deben incluirse en un plan hidrológico

Marco Institucional y Normativo del seguimiento

Debe garantizarse que el seguimiento esté integrado en una arquitectura normativa robusta, asegurando:

- **Identificación precisa de responsables institucionales**, diferenciando funciones técnicas, de fiscalización, y de coordinación.
- **Referencia explícita al marco normativo vigente**, incluyendo reglamentos nacionales, subnacionales y acuerdos interinstitucionales.
- **Establecimiento de mecanismos de coordinación y cooperación interinstitucional**, incluyendo instancias mixtas permanentes de seguimiento.

Recomendación:

El seguimiento del plan hidrológico y los elementos objetivos que se deben evaluar en dicho proceso deben estar contemplados en una normativa técnica, legal o reglamentaria, ya sea a nivel nacional, subnacional o regional. Esto es esencial para asegurar que:

- Exista **obligatoriedad y coherencia** en la implementación y evaluación del plan.
- Se definan claramente **las responsabilidades institucionales**.
- Se garantice la **calidad, transparencia y comparabilidad** de los procesos de seguimiento entre ciclos de planificación.

Sistema de Indicadores

Desarrollo del contenido en Tarea 1: Sistema de Indicadores

El sistema de indicadores utilizado en el seguimiento del plan hidrológico debe haber sido **definido y estructurado previamente durante la fase de formulación del plan**, en coherencia con los objetivos operativos, las líneas estratégicas y las medidas y actuaciones propuestas. De esta forma, el segui-

miento no parte de cero, sino que **retoma, organiza y operacionaliza los indicadores ya establecidos**, permitiendo evaluar de forma sistemática y verificable el cumplimiento de metas y la efectividad de las actuaciones.

Para cada objetivo del seguimiento, deben haberse definido en su momento indicadores específicos con:

- Fórmula de cálculo.
- Unidad de medida.
- Periodicidad de cálculo.
- Fuente de datos.
- Entidad responsable.
- Nivel territorial de aplicación.

Tipología de indicadores de seguimiento

Se propone una estructura de indicadores dividida en tres categorías:

1. **Indicadores de ejecución (seguimiento del cronograma y la implementación).** Evalúan el avance en la ejecución de medidas previstas en relación con el cronograma aprobado y los recursos comprometidos:
   - % de medidas/actuaciones iniciadas respecto al total planificado.
   - % de medidas/actuaciones finalizadas dentro del plazo previsto.
   - % de ejecución presupuestaria por la línea de acción.
   - Grado de cumplimiento de hitos o entregables previstos por fase.
2. **Indicadores de efecto o resultado (evaluación de impactos esperados).** Miden los efectos producidos por las medidas/actuaciones del plan sobre los recursos hídricos y su gestión, comparando con las metas esperadas. Se pueden estructurar en subgrupos:
   Recursos hídricos:
   - Variación del caudal medio anual en puntos de control.
   - Cambios en la disponibilidad de agua por fuente (superficial, subterránea, no convencional).
   - Variación del almacenamiento en embalses o acuíferos clave.

   Calidad del agua:
   - % de estaciones que cumplen con los objetivos de calidad establecidos por cuerpo de agua.
   - Evolución de concentraciones de parámetros clave (nitratos, coliformes, DBO, etc.).
   - Número de tramos con mejoría del estado.

   Demandas y usos del agua:
   - Evolución del volumen de agua demandado por sector.
   - % de satisfacción de la demanda en períodos críticos.
   - Mejora en la eficiencia de uso del agua (por ejemplo, m^3/ha en riego, litros/hab/día en urbano).

   Régimen ecológico:
   - % de tramos con caudal ecológico implementado (si aplica).
   - Cumplimiento del régimen ecológico propuesto (mínimos mensuales o estacionales).

   Gobernanza y participación:
   - Número de instancias participativas realizadas respecto a las previstas.
   - Nivel de implementación de instrumentos de gobernanza previstos (por ejemplo, creación de comités, normas).
   - Porcentaje de información publicada o disponible públicamente sobre el plan.

3. **Indicadores de contexto (condiciones externas al plan).** Permiten interpretar los resultados a la luz de factores no controlados por el plan, como eventos climáticos extremos o cambios institucionales. Ejemplos:

   - Número de eventos de sequía o crecida con impacto en el período.
   - Cambios en la normativa que afectan la gestión hídrica.
   - Variaciones macroeconómicas que condicionan la inversión.

Recomendación:

Consideraciones para contextos con limitaciones de datos
En situaciones frecuentes en la Región, como la escasa **disponibilidad de datos confiables**, se recomiendan las siguientes estrategias:

- Empleo de **indicadores cualitativos** (por ejemplo, grado de ejecución, percepción social).
- Estimaciones mediante técnicas de validación cruzada, muestreo rotativo o extrapolación.
- Incorporación de **monitoreo comunitario** como complemento de redes institucionales.
- Uso de **índices integrados** (índice de presión, índice de sostenibilidad) cuando no es posible descomponer variables específicas.

Metodología de seguimiento

Desarrollo del contenido en Tarea 2: Metodología del seguimiento

La metodología debe estar claramente definida en el plan y, preferiblemente, respaldada por normativa técnica. Debe incluir:

- **Objetivos del seguimiento**: Evaluar la implementación del plan, medir la eficacia de las medidas, identificar desviaciones y proponer ajustes.
- **Frecuencia de evaluación**: Según lo establecido en la normativa o el plan.
  - **Evaluación anual:** centrada en la implementación de medidas e indicadores operativos.
  - **Evaluación intermedia** (a mitad del ciclo): análisis del avance hacia objetivos estratégicos, identificación de desviaciones significativas.
  - **Evaluación final (**al cierre del ciclo de planificación): valoración integral de resultados, efectos y recomendaciones para el siguiente ciclo.
- **Procesos de validación y verificación:** Mecanismos para asegurar la calidad y confiabilidad de los datos recopilados.

Implementación metodológica del seguimiento

Con la metodología establecida, se procede a la implementación del seguimiento:

- **Recopilación de datos**: A través de redes de monitoreo, registros administrativos y otras fuentes.
- **Análisis de indicadores**: Evaluación del cumplimiento de metas y objetivos.
- **Identificación de desviaciones**: Detección de diferencias entre lo planificado y lo ejecutado.
- **Propuestas de ajuste**: Recomendaciones para corregir desviaciones y mejorar la implementación del plan.

Importante:
Imprescindible apoyarse en redes de medida que mantengan un registro continuado de aquellas variables significativas: caudales circulantes y aprovechados, volúmenes embalsados, química de las aguas y de los vertidos, etc.

Elaboración de informes de seguimiento

Desarrollo del contenido en Tarea 3: Informes de seguimiento

El **informe de seguimiento constituye el producto final e integrador** de todo el proceso de seguimiento del plan hidrológico. Deben elaborarse de forma periódica, conforme a un **formato estandarizado y validado técnicamente**, que garantice la trazabilidad, la comparabilidad entre ciclos y la utilidad en la toma de decisiones.

Estructura mínima del informe

Cada informe deberá incluir al menos los siguientes componentes:

- **Análisis del avance del plan**, desagregado por medida, objetivo específico y componente temático (recursos, calidad, demandas, gobernanza, etc.).
- **Evaluación de los indicadores definidos**, mediante comparación entre los valores observados y las metas establecidas en el plan.
- **Identificación y análisis de desviaciones o problemas** detectados durante la implementación, incluyendo una valoración del nivel de incertidumbre de los datos empleados.
- **Recomendaciones técnicas y estratégicas**, orientadas a ajustar medidas, reforzar acciones o redirigir recursos en función de los resultados del seguimiento.

Proceso de elaboración, revisión y validación

El procedimiento para la generación de los informes debe establecer claramente:

- Las **entidades responsables** de su elaboración técnica.
- Los **mecanismos de revisión y validación interna**, incluyendo comités técnicos o unidades especializadas.
- Los **plazos de entrega y aprobación** conforme al calendario de seguimiento del plan.
- **Difusión y acceso a la información.**

Importante:
Con el fin de garantizar la **transparencia y la rendición de cuentas**, los informes deben ser:

- **Públicos y auditables**, accesibles para cualquier actor interesado.
- Difundidos a través de **plataformas oficiales y portales de información**, en formatos que faciliten su consulta (PDF, resumen ejecutivo, visualización interactiva).
- Acompañados, cuando corresponda, de **espacios de socialización participativa**, como reuniones con consejos de cuenca, comités técnicos o foros abiertos.

Se considera esencial establecer una periodicidad para los informes de seguimiento que permita observar desviaciones con respecto a lo programado y, en la medida de lo posible, su encarar corrección. Inicialmente, se considera adecuada una periodicidad anual. En cualquier caso, la información del seguimiento será fundamental en el momento en que se deba afrontar la revisión del plan hidrológico, volviendo a repetir el ciclo.

Revisión y actualización del plan en base al seguimiento

El plan hidrológico constituye el marco técnico y estratégico de actuación para un ciclo de planificación determinado, y debe entenderse como una **fotografía fija** de las condiciones, prioridades y medidas acordadas para ese período. Por tanto, su **revisión y actualización no puede ser continua ni discrecional**, sino que debe realizarse conforme a **procedimientos reglados y en los momentos establecidos por la normativa vigente**.

En la mayoría de los casos, los elementos que requieran revisión o adaptación deberán ser recogidos en los **informes intermedios o finales de seguimiento**, sin que ello implique una modificación formal del plan en vigor.

Estos informes deben:

- Documentar las desviaciones observadas y su impacto.
- Formular recomendaciones técnicas y estratégicas justificadas.
- Servir como insumo para el diseño del siguiente ciclo de planificación.

Importante:

- El plan debe permanecer estable durante su ciclo de vigencia, garantizando coherencia en la aplicación de medidas y en la evaluación de resultados.
- Las eventuales desviaciones, imprevistos o necesidades de ajuste detectadas a través del seguimiento deben ser recogidas y analizadas en los informes periódicos, los cuales pueden incluir recomendaciones técnicas para su incorporación en el siguiente ciclo.
- Sólo en casos excepcionales y previstos por la normativa, podrá procederse a una revisión anticipada parcial del plan, mediante un procedimiento formal, técnico y participativo.

Participación y transparencia en el proceso de seguimiento

Desarrollo del contenido en Tarea 4: Participación y transparencia

El seguimiento del plan debe incluir mecanismos específicos que permitan **la participación activa de la sociedad civil, usuarios del agua, organizaciones comunitarias, sectores productivos y academia**, tanto en la recopilación de información como en la interpretación y evaluación de resultados.

a) Mecanismos formales de participación

- **Consejos de cuenca o comités de seguimiento**: instancias multisectoriales con representación técnica y social, encargadas de validar los informes y proponer recomendaciones.
- **Mesas técnicas temáticas**: grupos de trabajo sectoriales o territoriales para el análisis de temas específicos (calidad, riego, aguas subterráneas, caudales ecológicos, etc.).
- **Audiencias públicas o consultas territoriales**: espacios abiertos para la presentación de informes y recepción de observaciones.

b) Mecanismos operativos de participación ciudadana

- **Monitoreo comunitario del agua**: programas estructurados de observación ambiental y medición participativa (por ejemplo, con kits de calidad o apps móviles).
- **Mapeo participativo de conflictos y usos**: especialmente útil en zonas rurales, indígenas o con acceso limitado a información oficial.
- **Campañas de seguimiento colaborativo**: articulación con ONGs, universidades y escuelas para involucrar actores locales en la generación y validación de información.

c) Acciones de educación y concienciación

- Programas de formación sobre indicadores y lectura de informes.
- Jornadas informativas sobre derechos al agua y gestión integrada.
- Materiales divulgativos adaptados al contexto local (infografías, radio comunitaria, redes sociales).

Todo el proceso de seguimiento debe cumplir con los principios de **transparencia activa, acceso universal a la información y control público de la gestión**. Para ello se deben implementar los siguientes mecanismos:

a) Acceso a la información

- **Publicación regular de los informes de seguimiento**, en versiones técnicas y ejecutivas, en portales oficiales accesibles, en formatos abiertos (.pdf, .csv, .json).
- **Repositorios digitales de indicadores**, con series históricas, metodologías de cálculo y metadatos.
- **Sistemas de consulta georreferenciada** (SIG público) sobre el estado de los recursos, las medidas y las presiones identificadas.

b) Instrumentos de monitoreo accesibles

- Tableros públicos de indicadores (dashboards) interactivos, actualizados periódicamente.
- Aplicaciones móviles o plataformas comunitarias para reportar incidentes o situaciones críticas.

- Boletines periódicos de avance (mensuales o trimestrales), distribuidos también en medios impresos en zonas rurales.

c) Auditoría y control independiente

- **Auditorías técnicas externas** al menos en la evaluación intermedia o final del ciclo.
- Participación de observadores independientes (académicos, organizaciones sociales) en los procesos de revisión.
- Informes comparativos entre la ejecución del plan y los compromisos presupuestarios asumidos.

Tareas

La metodología aquí descrita se organiza en una serie de etapas progresivas, diseñadas para adaptarse tanto a contextos con información técnica sólida como a aquellos con limitaciones de datos. Este enfoque se sustenta en los principios de la **Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)**, priorizando la **equidad, la sostenibilidad ambiental, la eficiencia en la implementación de medidas y la participación efectiva de los actores involucrados**.

Las etapas que conforman esta metodología de seguimiento incluyen:

1. Sistema de indicadores
2. Metodología del seguimiento
3. Informes de seguimiento
4. Participación y transparencia

Tarea 1: Sistema de Indicadores

El punto de partida para el seguimiento del plan es establecer un sistema de indicadores que constituya la base técnica de este. A través de estos indicadores es posible medir, de manera sistemática y objetiva, el grado de cumplimiento de las acciones previstas, los efectos reales sobre los recursos hídricos y los factores externos que pueden influir en los resultados.

Descripción Metodológica:

Definición de indicadores

Esta tarea tiene como propósito asegurar que cada objetivo del plan esté asociado a un conjunto coherente de indicadores, debidamente formulados y adaptados al contexto técnico e institucional del territorio. Para ello, se propone un proceso en cuatro pasos, que abarca desde la revisión de los objetivos hasta la clasificación de los indicadores según su finalidad y escala de aplicación.

Paso 1: Revisión de objetivos del plan y medidas asociadas

El primer paso consiste en revisar detenidamente los objetivos específicos del plan hidrológico, así como las medidas o actuaciones que se han previsto para alcanzarlos (programa de medidas/actuaciones). Esta revisión debe permitir entender la lógica del plan: qué se quiere lograr, con qué medios, y en qué plazos. Esta comprensión es esencial para asegurar que los indicadores reflejen fielmente tanto la intención estratégica como la operatividad del plan. Es recomendable utilizar matrices de planificación, fichas de medidas o tablas de cronograma como insumos de referencia en esta etapa.

Paso 2: Asignación de indicadores a cada objetivo

Una vez identificados los objetivos específicos del plan hidrológico y las medidas asociadas para su implementación, el siguiente paso es **asignar indicadores de seguimiento que permitan evaluar de forma estructurada y verificable el avance, los resultados y el contexto de ejecución**.

Esta asignación no parte de cero, debe retomar y operacionalizar los indicadores ya definidos en la fase de formulación del plan, asegurando coherencia con las líneas estratégicas, metas operativas y

compromisos institucionales. Cada indicador asignado debe contar con su correspondiente ficha técnica (desarrollada en el paso siguiente), incluyendo:

- Fórmula de cálculo
- Unidad de medida
- Periodicidad
- Fuente de datos
- Entidad responsable
- Nivel territorial de aplicación

Para garantizar una evaluación integral y balanceada, se recomienda que **cada objetivo del plan esté asociado al menos a tres tipos de indicadores**, siguiendo la clasificación metodológica establecida:

1. Indicadores de ejecución: Estos indicadores permiten evaluar **el grado de implementación de las medidas previstas**, en relación con los cronogramas, recursos financieros y compromisos institucionales establecidos. Reflejan el cumplimiento operativo del plan. Ejemplos aplicables:

- % de medidas iniciadas respecto al total planificado.
- % de medidas finalizadas dentro del plazo previsto.
- % de ejecución presupuestaria por línea de acción.
- Grado de cumplimiento de entregables previstos por fase.

2. Indicadores de efecto o resultado: Miden **los cambios generados por la implementación del plan**, tanto en los recursos hídricos como en su gestión, en comparación con las metas esperadas. Se agrupan en cinco subcategorías:

- **Recursos hídricos:** variación del caudal medio anual, cambios en disponibilidad por fuente.
- **Calidad del agua:** % de estaciones que cumplen con los objetivos, mejora de tramos.
- **Demandas y usos:** eficiencia de uso, volumen de agua demandado, satisfacción de demanda.
- **Régimen ecológico:** cumplimiento del caudal ecológico y de sus mínimos establecidos.
- **Gobernanza y participación:** número de instancias participativas realizadas, implementación de instrumentos de gestión, acceso público a la información.

3. Indicadores de contexto: Estos indicadores ayudan a **interpretar los resultados del seguimiento considerando factores externos al control del plan**, que pueden influir positiva o negativamente en su desempeño. No miden la acción del plan en sí, pero sí su entorno. Ejemplos comunes:

- Número de eventos de sequía o crecida registrados.
- Cambios normativos relevantes para la gestión del agua.
- Variaciones macroeconómicas que afectan la inversión pública o privada.

Paso 3: Elaboración de fichas técnicas de indicadores

Con los indicadores seleccionados y clasificados por objetivo, tipo y escala, el siguiente paso consiste en la **elaboración de fichas técnicas individuales** para cada uno. Estas fichas constituyen la base operativa del sistema de seguimiento, ya que definen cómo se construye, mide, interpreta y actualiza cada indicador. Su función es garantizar la **trazabilidad, transparencia y sostenibilidad del proceso de monitoreo**, permitiendo que cualquier equipo técnico, en cualquier momento, pueda replicar los cálculos, verificar resultados o ajustar metodologías con base en criterios claros. las fichas deben contener la siguiente información:

- **La fórmula de cálculo**, expresada de forma clara, completa y replicable, evitando ambigüedades o interpretaciones múltiples.
- **La unidad de medida del indicador** (porcentaje, volumen, número absoluto, índice, etc.).
- **La frecuencia de medición**, de acuerdo con el tipo de indicador y la dinámica del plan (mensual, semestral, anual).
- **La fuente de datos**, indicando con precisión si los datos requeridos ya existen, son recopilados por instituciones específicas o si deben ser generados para el seguimiento.
- **El nivel de aplicación territorial**, que puede ser a escala de cuenca, subcuenca, región administrativa o sector de uso.

- **La entidad responsable del cálculo**, validación y reporte del indicador, asegurando así una asignación clara de responsabilidades institucionales.

Importante:
Un aspecto importante en el proceso de elaboración de estas fichas es verificar si los datos necesarios para calcular el indicador **están disponibles o si deben generarse específicamente** para el seguimiento.
En los casos donde los datos no existan, la ficha debe **incluir recomendaciones para su generación**, especificando posibles metodologías, costos estimativos, frecuencia mínima requerida y actores potenciales para su implementación.

Paso 4: Clasificación de indicadores según el propósito y nivel de agregación

Finalmente, es necesario clasificar los indicadores según su **propósito** (ejecución, efecto o contexto) y su **nivel de agregación territorial** (por ejemplo, cuenca, subcuenca o sector). Esta clasificación permite organizar la información de forma eficiente, facilitar el análisis comparativo entre distintas zonas o componentes del plan, y mejorar la presentación de resultados en los informes de seguimiento. También permite identificar patrones espaciales o temáticos que podrían pasar desapercibidos en un análisis fragmentado.

Recomendación:

Adaptación a contextos con limitaciones de datos

En muchos territorios de la región, el diseño y seguimiento de planes hidrológicos enfrenta una limitación recurrente: la escasa disponibilidad de datos confiables, actualizados y sistemáticos. Esta restricción no debe impedir la implementación de un sistema de indicadores funcional. Por el contrario, debe estimular enfoques adaptativos que mantengan la rigurosidad técnica sin depender exclusivamente de bases de datos institucionales robustas. A continuación, se describen los pasos recomendados para adaptar el sistema de indicadores a estos contextos:

Paso 1: Identificación de variables críticas sin datos confiables. El primer paso consiste en identificar aquellas **variables esenciales para el seguimiento del plan** que carecen de datos suficientes o presentan debilidades significativas en su calidad, cobertura o frecuencia de actualización. Esto puede incluir, por ejemplo:

- Parámetros de calidad del agua no monitoreados en zonas rurales.
- Volúmenes de extracción subterránea sin medición directa.
- Información sobre usos del agua en sectores informales o no regulados.
- Indicadores de gobernanza o participación que no cuentan con registros sistemáticos.

Este análisis debe realizarse en paralelo con la construcción del sistema de indicadores, para anticipar brechas y diseñar soluciones factibles.

Paso 2: Aplicación de alternativas. Una vez detectadas las variables críticas sin datos confiables, se deben aplicar **estrategias alternativas** que permitan estimar o complementar la información requerida. Algunas opciones incluyen:

- **Estimaciones con indicadores proxy o modelado simplificado:** Utilizar variables indirectas que se correlacionan con la variable deseada. Por ejemplo, estimar la demanda agrícola a partir del área cultivada y coeficientes promedio de consumo por cultivo, o modelar caudales con base en datos climáticos y curvas históricas.
- **Uso de observaciones cualitativas sistematizadas:** Aplicar encuestas, entrevistas a actores clave o análisis de percepción experta para construir indicadores cualitativos estructurados (como el “grado de cumplimiento percibido” o el “nivel de satisfacción con la gestión del agua”).
- **Incorporación de monitoreo comunitario y triangulación:** Promover esquemas de monitoreo participativo con comunidades, usuarios organizados, escuelas o ONGs locales. Esta información puede ser triangulada con fuentes no institucionales (reportes técnicos, estudios académicos, datos satelitales) para reforzar su validez.

Estas estrategias deben ser validadas técnicamente, aunque no sean parte del sistema estadístico oficial, y su uso debe ser transparente y justificado en los informes del seguimiento.

Paso 3: Documentación clara del nivel de incertidumbre. Finalmente, es imprescindible **documentar explícitamente el grado de incertidumbre asociado a cada indicador construido bajo estas condiciones**. Esto implica:

- Indicar si el dato es directo, estimado o proxy.
- Describir las fuentes utilizadas y el método de cálculo.
- Señalar las limitaciones conocidas y los márgenes de error esperados.
- Proponer recomendaciones para mejorar la calidad del dato en ciclos futuros.

Esta práctica no solo fortalece la **transparencia y trazabilidad del sistema de seguimiento**, sino que también permite a los tomadores de decisión interpretar los resultados con mayor precisión y tomar medidas proporcionales a la confiabilidad de la evidencia disponible.

Tarea 2: Metodología del seguimiento

Después del establecimiento de un sistema de indicadores, el proceso del seguimiento de un plan hidrológico requiere definir una **metodología claramente definida, institucionalmente respaldada y adaptada a las particularidades del territorio y del plan en cuestión**. Esta tarea tiene como objetivo establecer las bases metodológicas que orientarán todo el proceso de seguimiento, asegurando su coherencia, eficacia y legitimidad.

La metodología debe especificar **qué se va a evaluar, cómo, cuándo, con qué frecuencia y quién será responsable**, así como los criterios de calidad, verificación y validación de los datos generados. Este marco metodológico no sólo respalda la trazabilidad de los resultados, sino que también promueve la transparencia, la mejora continua y la toma de decisiones basada en evidencia.

Definición del protocolo general de seguimiento

Esta sección constituye la **columna vertebral del sistema de seguimiento**. Su propósito es establecer de forma clara, estructurada y anticipada las **reglas operativas, técnicas e institucionales** que regirán todo el proceso de monitoreo y evaluación del plan hidrológico. Esto permite que el seguimiento sea coherente, sistemático y comparable a lo largo del tiempo y entre distintos territorios o ciclos de planificación.

Descripción Metodológica:

El protocolo debe adaptarse al marco normativo vigente, pero también ofrecer suficiente flexibilidad para responder a las realidades y capacidades institucionales del contexto. Los componentes clave que debe abordar son:

Paso 1: Revisión de la normativa aplicable (frecuencia mínima, actores, productos)

El primer paso para definir un protocolo de seguimiento riguroso es realizar una **revisión exhaustiva del marco normativo e institucional vigente**. Esta revisión tiene como finalidad identificar las **obligaciones legales, mandatos institucionales y estándares técnicos** que rigen el proceso de seguimiento de planes hidrológicos en el país, región o cuenca de aplicación.

Esta revisión debe contemplar al menos tres dimensiones fundamentales:

1. **Frecuencia mínima de evaluación:** Es necesario identificar si existen disposiciones legales o reglamentarias que establezcan **plazos obligatorios para la realización de evaluaciones** (por ejemplo, anual, bianual o cada ciclo de planificación). Esto incluye tanto evaluaciones internas como auditorías externas, así como los momentos en los que deben generarse productos específicos como informes, tableros o balances. Por ejemplo, un reglamento nacional puede exigir un informe de avance anual y un informe de evaluación integral al final del ciclo de seis años.

2. **Actores y responsabilidades institucionales:** La normativa también suele definir quiénes son los actores obligados o autorizados a participar en el proceso de seguimiento, y cuáles son sus funciones específicas. Esto puede incluir entidades técnicas (autoridades del agua, ministerios sectoriales), organismos de fiscalización (contralorías, auditorías externas), y espacios de gobernanza (consejos de cuenca, comités interinstitucionales).

Importante:
Es fundamental aclarar si estas funciones están formalizadas (por ejemplo, mediante decreto o convenio) y si existe una asignación explícita de roles entre los distintos niveles de gobierno.

3. **Productos requeridos y estándares de calidad**: También deben revisarse las disposiciones que establecen qué productos deben generarse como parte del seguimiento (informes técnicos, bases de datos, mapas, reportes públicos), qué contenido deben incluir y en qué formato deben ser presentados. Además, puede haber exigencias de calidad, trazabilidad, validación técnica o difusión pública. Por ejemplo, una norma puede exigir que todos los informes incluyan indicadores comparables con planes anteriores y sean publicados en formatos abiertos y accesibles.

Esta revisión debe consolidarse en una **matriz normativa o tabla resumen**, donde se identifiquen claramente las fuentes legales aplicables, las obligaciones específicas en materia de seguimiento y las brechas normativas o vacíos que podrían requerir lineamientos complementarios o mejoras futuras.

Paso 2: Definición de objetivos específicos del seguimiento

Una vez revisado el marco normativo que enmarca el proceso de seguimiento, el segundo paso consiste en **definir con claridad los objetivos específicos que orientarán dicho proceso**. Esta definición es esencial, ya que permite alinear los esfuerzos técnicos, institucionales y participativos con las finalidades concretas del seguimiento, asegurando así su utilidad práctica en la gestión del plan hidrológico.

Los objetivos específicos del seguimiento deben ir más allá del propósito general de "verificar el avance del plan". Deben desagregarse en **finalidades operativas concretas**, que permitan guiar la construcción del sistema de indicadores, la elaboración de los informes, la toma de decisiones adaptativas y la comunicación de resultados.

Entre los objetivos más comunes y recomendables se encuentran los siguientes:

4. **Evaluar el grado de implementación de las medidas del plan**: Este objetivo busca verificar si las acciones previstas se están ejecutando conforme al cronograma, presupuesto y responsables establecidos. Se centra en el seguimiento operativo y permite detectar retrasos, cuellos de botella o descoordinaciones entre actores. (programa de medidas/actuaciones).
5. **Medir la efectividad de las medidas implementadas:** Consiste en analizar si las acciones están produciendo los resultados esperados en términos de cantidad, calidad y disponibilidad del recurso hídrico, así como en aspectos de gobernanza y participación. Este objetivo requiere indicadores de resultado o impacto, y suele incluir comparaciones con las metas establecidas en el plan.
6. **Identificar desviaciones, obstáculos o riesgos emergentes:** Busca detectar diferencias significativas entre lo planificado y lo ejecutado, ya sea en términos técnicos, financieros, ambientales o sociales. También incluye la identificación de factores externos (climáticos, institucionales, económicos) que puedan comprometer el cumplimiento del plan.
7. **Proponer ajustes y recomendaciones técnicas:** El seguimiento no debe limitarse a un diagnóstico pasivo. Uno de sus objetivos fundamentales es generar insumos para la gestión adaptativa, proponiendo medidas correctivas, reasignaciones de recursos o ajustes de enfoque que mejoren la implementación sin comprometer la coherencia del plan.
8. **Informar la toma de decisiones y la formulación del siguiente ciclo:** El seguimiento debe generar evidencia útil para planificar el siguiente ciclo de gestión hídrica, incorporando aprendizajes, lecciones, cambios de contexto y prioridades emergentes. Así, se asegura una continuidad estratégica en la planificación.

Importante:
La definición clara y consensuada de estos objetivos específicos debe quedar reflejada en el protocolo general de seguimiento, ya que **condiciona todo el diseño metodológico posterior**: desde la selección de indicadores, hasta la frecuencia de las evaluaciones y la estructura de los informes.

Paso 3: Determinación de la frecuencia y tipo de evaluación

Una vez definidos los objetivos específicos del seguimiento, es necesario establecer **con qué frecuencia se llevarán a cabo las evaluaciones y qué tipo de evaluación se aplicará en cada momento del ciclo de planificación**. Este paso es fundamental para estructurar un sistema de seguimiento realista, periódico y útil para la gestión adaptativa del plan hidrológico.

La frecuencia de las evaluaciones debe estar alineada con:

- Las **obligaciones normativas** detectadas en el paso anterior.
- La **dinámica de implementación del plan** (plazos de las medidas, ventanas presupuestarias).
- La **disponibilidad de datos** y capacidades institucionales para producir análisis útiles.

Para ordenar este proceso, se recomienda estructurar el seguimiento en cuatro tipos de evaluación principales: Anual (operativa), intermedia (estratégica), final (balance), extraordinaria (eventos extremos).

1. **Evaluación anual (operativa)**
   - **Propósito:** Verificar el grado de ejecución de las medidas programadas durante el año.
   - **Enfoque:** Indicadores de ejecución, revisión del cronograma, avance financiero, cumplimiento institucional.
   - **Producto esperado:** Informe de avance operativo, generalmente interno o técnico.
   - **Utilidad:** Permite hacer ajustes menores en la implementación y mantener el control del ritmo del plan.
2. **Evaluación intermedia (estratégica)**
   - **Momento:** Mitad del ciclo de planificación.
   - **Propósito:** Analizar si el plan está avanzando hacia sus objetivos estratégicos.
   - **Enfoque:** Combinación de indicadores de ejecución y de efecto. Se incluye análisis de desviaciones, dificultades sistémicas y aprendizajes parciales.
   - **Producto esperado:** Informe estratégico con recomendaciones, idealmente validado por instancias multisectoriales.
   - **Utilidad:** Base para ajustes técnicos o institucionales que permitan reencauzar el plan en tiempo real.
3. **Evaluación final (de balance)**
   - **Momento:** Al cierre del ciclo de planificación.
   - **Propósito:** Evaluar integralmente los resultados alcanzados, los efectos producidos y la pertinencia de las medidas.
   - **Enfoque:** Predominan indicadores de efecto y contexto, análisis comparativo entre lo planificado y lo logrado, así como reflexión sobre eficacia, eficiencia y sostenibilidad.
   - **Producto esperado:** Informe de evaluación final, insumo principal para el diseño del siguiente plan.
   - **Utilidad:** Refuerza la rendición de cuentas, la transparencia pública y el aprendizaje institucional.
4. **Evaluaciones extraordinarias (eventos críticos)**
   - **Condición:** Se activan fuera del calendario regular, ante eventos imprevistos o situaciones de alto impacto como:
     - Sequías o inundaciones graves.
     - Conflictos territoriales por el agua.
     - Desastres naturales.

  - Cambios regulatorios o institucionales disruptivos.
- **Propósito:** Brindar una respuesta rápida, técnicamente informada, para adaptar el plan o generar alertas tempranas.
- **Producto esperado:** Informe extraordinario con análisis específico y propuestas de acción urgente.

Paso 4: Establecimiento de criterios de activación para evaluaciones extraordinarias

El seguimiento de un plan hidrológico no puede limitarse únicamente a evaluaciones programadas en fechas fijas. En contextos dinámicos y con alta variabilidad climática, institucional o social, es imprescindible contar con la capacidad de **activar evaluaciones extraordinarias** cuando se presenten situaciones críticas que puedan alterar significativamente la implementación o los resultados del plan.

Este paso consiste en **definir criterios objetivos, verificables y previamente establecidos que detonen automáticamente una evaluación extraordinaria**, sin depender de decisiones discrecionales o reactivas. Estos criterios deben estar incluidos en el protocolo general de seguimiento y validados institucionalmente.

1.¿Cuándo se justifica una evaluación extraordinaria?

Este tipo de evaluación debe activarse cuando ocurren eventos o situaciones que:

- Cambian drásticamente las condiciones sobre las que se construyó el plan.
- Generan riesgos significativos para el cumplimiento de los objetivos.
- Requieren decisiones urgentes con base en información actualizada.

2. Ejemplos de criterios típicos de activación:

- **Eventos hidrometeorológicos extremos:**
  - Umbrales de sequía: número de semanas con precipitaciones por debajo de la media, caudales por debajo del nivel ecológico mínimo o niveles críticos en embalses.
  - Inundaciones o tormentas intensas con impacto sobre infraestructura hidráulica o calidad del agua.
- **Conflictos sociales o territoriales por el agua:**
  - Emergencia de conflictos en zonas críticas.
  - Interrupciones prolongadas del suministro en zonas urbanas o rurales.
  - Protestas o bloqueos relacionados con la gestión hídrica.
- **Desastres naturales o emergencias ambientales:**
  - Derrames, contaminación accidental de cuerpos de agua, incendios forestales que afecten cuencas de captación.
  - Terremotos o deslizamientos con impacto en redes de captación o conducción.
- **Cambios institucionales o normativos disruptivos:**
  - Reforma sustancial del marco regulatorio del agua.
  - Cambios en la estructura de gobernanza o reasignación de competencias.
- **Fallas graves en la ejecución del plan:**
  - Desviaciones superiores a cierto umbral en la ejecución física o financiera de medidas estratégicas.
  - Incumplimiento sistemático de hitos clave del cronograma.

3. Qué debe incluir el protocolo respecto a estos criterios:

- La **definición precisa del umbral o situación que activa la evaluación**.
- Las **fuentes oficiales** o métodos de verificación del evento (monitoreo hidrológico, alertas institucionales, reportes sociales).
- El **plazo máximo para iniciar la evaluación** una vez identificado el evento.

- La **estructura y alcance del informe extraordinario**, incluyendo análisis técnico y propuestas de ajuste.

Disponer de estos criterios claramente definidos garantiza una **respuesta oportuna, transparente y técnicamente fundamentada** ante situaciones críticas, fortaleciendo la capacidad de adaptación del plan y la legitimidad del proceso de seguimiento.

Paso 5: Formalización del protocolo en documento oficial validado.

Una vez definidos todos los componentes técnicos del seguimiento, el paso final consiste en **formalizar el protocolo general de seguimiento mediante un documento oficial validado por las entidades responsables**. Esta formalización no es un mero trámite administrativo: representa un acto clave para asegurar la legitimidad, coherencia y sostenibilidad del sistema de seguimiento.

El protocolo debe consolidar de forma clara, ordenada y operativa todos los elementos metodológicos definidos previamente, de modo que pueda ser utilizado como **referencia común por los equipos técnicos, instituciones participantes y actores sociales involucrados**.

Contenido mínimo que debe incluir el documento del protocolo:

1. **Marco normativo y justificativo:** Fundamentación legal, institucional y técnica del protocolo, y su articulación con el plan hidrológico vigente.
2. **Objetivos del seguimiento:** Definidos en términos operativos y vinculados a los objetivos del plan.
3. **Estructura del sistema de evaluación:** Tipos de evaluación, periodicidad, responsables, productos esperados.
4. **Criterios de activación de evaluaciones extraordinarias:** Con umbrales específicos, procedimientos de verificación y plazos de respuesta.
5. **Procedimientos técnicos:** Lineamientos para la recopilación, validación y análisis de datos; mecanismos de revisión y aprobación de informes; difusión de resultados.
6. **Asignación de roles y responsabilidades:** Detalle de las instituciones o unidades responsables de cada componente del seguimiento, incluyendo coordinación, análisis, validación y comunicación.
7. **Anexos técnicos:** Plantillas, cronogramas, mapas institucionales, matrices de indicadores o fichas metodológicas complementarias.

Recomendación:

La validez del protocolo depende de su aceptación por parte de las **entidades técnicas responsables**, pero también, en lo posible, de su **aprobación por instancias multisectoriales o participativas**, como consejos de cuenca, comités interinstitucionales o mesas técnicas.

Este proceso de validación garantiza:

- **Transparencia** en la construcción del sistema de seguimiento.
- **Compromiso institucional** para su implementación efectiva.
- **Legitimidad social** del proceso, especialmente si se prevé la participación ciudadana o comunitaria en el monitoreo.

Una vez aprobado, el protocolo debe ser **difundido públicamente y registrado como documento oficial**, accesible para todos los actores involucrados en la gestión del agua.

Diseño del sistema de validación y verificación

El funcionamiento eficaz de un sistema de seguimiento no depende únicamente de la definición de indicadores o la frecuencia de evaluación, sino también de la **calidad, fiabilidad y consistencia de los datos utilizados**. Por ello, este componente metodológico tiene como propósito diseñar un sistema robusto de **validación y verificación**, que garantice que la información reportada en los informes de seguimiento sea precisa, trazable y técnicamente sólida.

La validación y verificación de datos no son tareas accesorias, sino condiciones necesarias para:

- Evitar errores o distorsiones en la interpretación de resultados.
- Prevenir sesgos o manipulaciones de datos sensibles.
- Fortalecer la transparencia y la rendición de cuentas institucional.
- Generar confianza en los procesos participativos y en la toma de decisiones basada en evidencia.

Descripción Metodológica:

El sistema debe contemplar desde el momento de **recolección de datos**, pasando por el **procesamiento técnico**, hasta la **revisión independiente**. Para ello, se establecen los siguientes pasos:

Paso 1: Definición de criterios mínimos de calidad de datos (completitud, coherencia, trazabilidad)

Este paso establece los **estándares básicos que debe cumplir toda la información empleada en el seguimiento**. Los criterios deben estar claramente definidos y ser aplicables a cualquier tipo de indicador, independientemente de su fuente o nivel territorial.

Entre los criterios mínimos recomendados se encuentran:

- **Completitud:** Que los datos cubran todas las unidades de análisis o periodos requeridos.
- **Coherencia:** Que no existan contradicciones internas ni entre series temporales comparables. Se refiere a la consistencia interna y externa de los datos, tanto en relación con series previas como con otras fuentes de información.
- **Trazabilidad:** Que cada dato pueda vincularse a su fuente y a los responsables de su generación.
- **Actualización:** Que los datos reflejen el estado más reciente disponible, conforme a la frecuencia establecida.

Importante:
Estos tres criterios (**completitud, coherencia y trazabilidad**) deben estar definidos formalmente en el protocolo de seguimiento y ser aplicados de manera sistemática en cada etapa del análisis. Constituyen la base sobre la cual se pueden construir mecanismos más complejos de control de calidad, auditoría y validación externa.

Paso 2: Establecimiento de mecanismos de control interno (doble registro, revisión por pares)

Una vez definidos los criterios mínimos de calidad de los datos, el siguiente paso consiste en implementar **mecanismos internos de control** que aseguren que dicha calidad se verifique **de manera sistemática antes de que los datos sean utilizados o difundidos**. Estos controles permiten **detectar errores, inconsistencias y omisiones** en etapas tempranas del proceso, reduciendo el riesgo de decisiones basadas en información incorrecta o incompleta.

Los mecanismos de control interno deben ser parte del protocolo metodológico de seguimiento, estar institucionalmente formalizados y ser asumidos como una **práctica obligatoria** por los equipos técnicos involucrados.

Algunos mecanismos recomendables incluyen:

- **Doble registro o verificación cruzada:** Este método consiste en que una segunda unidad técnica revise, reproduzca o recalcule los datos reportados por la unidad generadora original, utilizando las mismas fuentes y procedimientos.
- **Revisión por pares técnicos:** Este mecanismo implica que expertos de la misma institución o de entidades asociadas revisen los datos o informes producidos por otro equipo, evaluando su solidez metodológica, consistencia interna y cumplimiento de los criterios de calidad establecidos.
- **Listas de control automatizadas:** Se pueden desarrollar **listas de chequeo estandarizadas o herramientas informáticas simples** que adviertan sobre inconsistencias frecuentes (por ejemplo, valores fuera de rango, datos faltantes, fechas incongruentes).

Importante:
Estos controles internos deben estar estandarizados y ser de cumplimiento obligatorio para todos los actores que generan o reportan datos.

Recomendación:

- Estos mecanismos deben aplicarse **de manera continua**, no solo al final del proceso.
- Se debe asignar explícitamente a **personas o unidades responsables del control interno**.
- Es recomendable contar con **manuales de control de calidad de datos**, con protocolos paso a paso.
- Los resultados del control interno deben quedar **documentados y archivados**, como parte del respaldo del sistema de seguimiento.

Paso 3: Planificación de auditorías externas o revisiones cruzadas

Aunque los controles internos son fundamentales para garantizar la calidad de los datos, es igualmente necesario contar con mecanismos independientes de verificación que **brinden objetividad, legitimidad y transparencia al proceso de seguimiento**. Este paso consiste en diseñar y planificar instancias de **auditoría técnica externa o revisión cruzada interinstitucional**, integradas dentro del protocolo general de seguimiento.

Estas **instancias independientes de verificación** pueden tomar la forma de:

- **Auditorías técnicas externas:** se trata de evaluaciones independientes realizadas por organismos externos especializados, tales como universidades, centros de investigación, consultoras acreditadas o entidades de fiscalización del Estado.
- **Revisiones cruzadas interinstitucionales:** En contextos donde no sea posible o conveniente contratar auditores externos, se pueden organizar revisiones cruzadas entre instituciones del propio sistema de gestión del agua. Por ejemplo, una autoridad de cuenca puede revisar los informes producidos por otra cuenca, o un ministerio puede revisar datos generados por una agencia descentralizada.
- **Participación de observadores independientes:** Como complemento a las auditorías formales, se puede invitar a actores externos como ONGs, universidades, organizaciones comunitarias o expertos individuales a participar como observadores en los procesos de validación.
- **Validaciones participativas:** Revisión comunitaria o social de resultados sensibles, especialmente en zonas de conflicto o con fuerte involucramiento ciudadano.

La inclusión de estas prácticas **refuerza la credibilidad del seguimiento** y abre espacios de mejora continua y transparencia pública.

Paso 4: Capacitación de actores responsables del control de calidad

Un sistema de validación y verificación de datos no puede sostenerse únicamente en reglas técnicas o herramientas automatizadas. Su eficacia depende, en última instancia, de las **personas responsables de aplicar esos procedimientos con criterio, consistencia y responsabilidad**. Por eso, el cuarto paso del diseño del sistema de calidad del seguimiento es planificar e implementar acciones de **capacitación técnica y fortalecimiento de capacidades institucionales** dirigidas a todos los actores involucrados en el control de calidad de los datos y productos del seguimiento.

Este paso asegura que las metodologías definidas sean **comprendidas, aceptadas y aplicadas correctamente** a lo largo del ciclo de planificación.

¿Quiénes deben ser capacitados?

- **Técnicos responsables de la generación y procesamiento de datos** (autoridades del agua, agencias sectoriales, equipos de cuenca).
- **Coordinadores institucionales del seguimiento**, encargados de la supervisión general y validación de informes.
- **Analistas de indicadores e informes**, que interpretan y presentan los resultados.
- **Miembros de comités técnicos o instancias de revisión multisectorial**, que participan en la verificación externa o participativa de los productos del seguimiento.

Contenidos clave de la capacitación

- Criterios mínimos de calidad de datos: completitud, coherencia, trazabilidad.
- Protocolos de control interno: uso de listas de verificación, doble registro, revisión por pares.
- Técnicas básicas de validación estadística y revisión documental.
- Buenas prácticas en documentación de fuentes, supuestos y limitaciones.
- Uso de herramientas digitales para seguimiento, análisis y visualización de datos.
- Ética institucional en el manejo de datos y rendición de cuentas.

Recomendación:

La capacitación debe concebirse como un **proceso continuo**, no como una actividad puntual. Para ello se recomienda:

- Incluirla dentro del **presupuesto institucional** del seguimiento.
- Establecer una **estrategia de formación permanente** (por ejemplo, con actualizaciones anuales).
- **Evaluar periódicamente** el nivel de conocimiento de los actores clave y ajustar los contenidos según necesidades emergentes.

Tarea 3: Informes de seguimiento

Los informes de seguimiento son el **producto integrador** del proceso de monitoreo del plan hidrológico. Constituyen el medio principal para **documentar, comunicar y evaluar** los avances del plan, y son fundamentales tanto para la rendición de cuentas como para la toma de decisiones informadas. Un buen informe no se limita a mostrar datos, sino que **interpreta resultados, identifica problemas, sugiere ajustes y promueve la transparencia** en la gestión del recurso hídrico.

Esta tarea se organiza en tres fases: **elaboración, validación y publicación**. Cada una de ellas cumple una función clave en asegurar que los informes sean técnicamente sólidos, legítimos institucionalmente y útiles socialmente.

Estructura y elaboración del informe

La estructura y elaboración del informe de seguimiento constituyen el **núcleo operativo del proceso de monitoreo**, ya que concentran, organizan y comunican los resultados del análisis técnico del plan hidrológico. Un informe bien estructurado no sólo facilita la interpretación de los avances y desafíos, sino que también **fortalece la transparencia, promueve el uso de la información en la toma de decisiones y permite la comparación entre distintos ciclos de planificación**.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Definición de la estructura mínima del informe con base en el plan

Antes de iniciar la redacción del informe, es necesario establecer una **estructura mínima estandarizada**, alineada con la arquitectura del plan hidrológico. Esto permite asegurar que todos los componentes esenciales sean cubiertos de manera sistemática y que los informes de distintos períodos o territorios sean comparables entre sí.

Elementos básicos recomendados:

- Resumen ejecutivo (con hallazgos clave).
- Introducción y marco metodológico del seguimiento.
- Análisis por componente temático (recursos, calidad, demanda, gobernanza, etc.).
- Resultados por medida y objetivo específico.
- Evaluación de los indicadores definidos en el sistema de seguimiento.
- Identificación de desviaciones y causas asociadas.
- Recomendaciones técnicas y estratégicas.

Importante:
Esta estructura debe ser flexible para incorporar capítulos adicionales según el contexto o el tipo de evaluación (anual, intermedia, final.

Paso 2: Recolección y sistematización de resultados por medida y objetivo

En este paso se organiza la información recopilada, agrupándola **según las medidas ejecutadas y los objetivos específicos del plan**. Se trata de convertir los datos dispersos en insumos ordenados y comprensibles para el análisis.

- Recopilar información proveniente de fuentes oficiales, registros administrativos, monitoreos, reportes técnicos o comunitarios.
- Sistematizar los datos en tablas de seguimiento que permitan ver el avance de cada medida en términos físicos, financieros e institucionales.
- Identificar claramente qué medidas han sido ejecutadas, cuáles presentan retrasos y cuáles no se han iniciado.

Importante:
Este paso requiere coordinación interinstitucional para asegurar que la información sea actualizada, precisa y completa.

Paso 3: Análisis de indicadores y visualización de resultados

Con los datos organizados, se procede al análisis técnico de los indicadores definidos en el sistema de seguimiento. Esta etapa permite **medir cuantitativamente el cumplimiento de metas, identificar tendencias y generar evidencia sólida para la toma de decisiones**.

Elementos clave del análisis:

- Cálculo e interpretación de indicadores de ejecución, efecto y contexto.
- Comparación entre valores observados y metas del plan.
- Identificación de variaciones significativas respecto a años anteriores o entre zonas geográficas.

Visualización recomendada:

- Tablas comparativas.
- Gráficos de barras, líneas, radar o pastel.
- Mapas temáticos (por subcuenca, sector o territorio).

Paso 4: Identificación de desviaciones relevantes y causas asociadas.

Este paso consiste en **analizar las discrepancias entre lo planificado y lo ejecutado**, evaluando si estas desviaciones son puntuales, estructurales o atribuibles a factores externos.
Aspectos a considerar:

- Qué medidas, componentes o zonas presentan mayor desviación.
- Si las desviaciones son atribuibles a problemas de diseño, ejecución, financiamiento, coordinación o condiciones externas (sequías, cambios normativos, conflictos).
- Nivel de impacto de cada desviación en los objetivos generales del plan.
- Grado de incertidumbre asociado a los datos utilizados.

Revisión y validación

La etapa de revisión y validación es esencial para **garantizar la calidad, consistencia y legitimidad de los informes de seguimiento**. No se trata únicamente de revisar aspectos técnicos, sino también de asegurar que los resultados reflejen adecuadamente la realidad, cuenten con el respaldo institucional y generen confianza entre los actores involucrados.

Este proceso debe ser **estructurado, transparente y participativo**, combinando mecanismos internos de control con instancias de revisión externa. La validación rigurosa no solo fortalece la credibilidad del informe, sino que **mejora su utilidad para la toma de decisiones y refuerza la rendición de cuentas pública**.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Asignación de responsabilidades por entidad

Antes de iniciar la revisión del informe, se debe **asignar claramente las funciones y responsabilidades** entre las diferentes instituciones involucradas en el seguimiento. Esto evita duplicidades, vacíos o conflictos durante el proceso de validación.

Ejemplos de responsabilidades:

- **Unidad coordinadora del plan:** Lidera la revisión, organiza los comités y consolida aportes.
- **Entidades sectoriales (agua potable, riego, ambiente, salud):** Validan los datos e indicadores bajo su responsabilidad.
- **Órganos técnicos de cuenca o regionales:** Verifican la pertinencia territorial de los resultados.

- **Equipo de seguimiento:** Acompaña todo el proceso y ajusta el informe según las observaciones recibidas.

Recomendación:
Es recomendable formalizar estas responsabilidades mediante actas, resoluciones o acuerdos interinstitucionales.

Paso 2: Establecimiento de un calendario de revisión técnica y política

El proceso de revisión debe estar **estructurado en un calendario con plazos definidos**, que permita asegurar la calidad sin retrasar innecesariamente la publicación del informe.

Fases sugeridas del calendario:

- **Entrega del borrador técnico del informe.**
- **Plazo para observaciones por cada entidad.**
- **Sesión técnica de revisión conjunta.**
- **Incorporación de ajustes.**
- **Revisión política o institucional final.**
- **Aprobación y validación formal.**

Importante:
Este calendario debe estar alineado con el cronograma general del ciclo de seguimiento y permitir la participación efectiva de todos los actores relevantes.

Paso 3: Validación interna por unidades técnicas

Este paso consiste en la revisión **por parte de las unidades técnicas responsables de la ejecución, monitoreo y análisis del plan**. Su objetivo es garantizar que el informe cumpla con los estándares de calidad metodológica y que los datos utilizados sean coherentes, completos y verificables.

Aspectos a revisar:

- Consistencia de los indicadores con el sistema definido.
- Justificación de supuestos y métodos.
- Identificación adecuada de desviaciones.
- Claridad de las recomendaciones propuestas.

Importante:
Esta etapa puede incluir revisión por pares, control de calidad de datos, y validación cruzada entre instituciones.

Paso 4: Validación externa por comité multisectorial o expertos independientes

La validación externa fortalece la **transparencia y legitimidad social del informe**, especialmente cuando incluye la participación de actores diversos: organismos académicos, ONGs, representantes de usuarios del agua, entidades reguladoras o comités de cuenca.

Modalidades posibles:

- **Comité de seguimiento multisectorial:** Revisa los resultados y emite una opinión técnica.
- **Consulta con expertos externos:** Aporta independencia y enfoque crítico.
- **Audiencia pública técnica:** Presentación y discusión abierta del informe en espacios participativos.

Resultados esperados:

- Sugerencias de mejora técnica.
- Observaciones sobre interpretación de resultados.
- Validación del contenido como insumo legítimo para decisiones públicas.

Recomendación:
Se recomienda documentar todo el proceso y dejar registro de las observaciones incorporadas.

Publicación y difusión

Una vez validado el informe de seguimiento, el siguiente paso es **garantizar su acceso público, comprensibilidad y utilidad para diversos públicos**, incluyendo autoridades, actores del territorio, organizaciones sociales, academia y ciudadanía en general. La publicación y difusión no son actividades accesorias, sino una **obligación institucional vinculada a los principios de transparencia activa, rendición de cuentas y participación informada**.

Descripción Metodológica:

Este componente se basa en tres pilares: accesibilidad, apertura y comunicación efectiva. A continuación, se detallan sus cuatro pasos clave:

Paso 1: Generación de versiones técnica y ejecutiva

Para facilitar el acceso a la información por distintos tipos de usuarios, se deben elaborar **dos versiones diferenciadas del informe**:

- **Versión técnica:** Detallada, con metodologías, indicadores, tablas completas, anexos y lenguaje técnico. Dirigida a equipos de planificación, autoridades sectoriales, organismos de control y analistas especializados.

- **Versión ejecutiva:** Sintética, con lenguaje claro y accesible, centrada en los principales hallazgos, conclusiones y recomendaciones. Dirigida a tomadores de decisión, actores sociales y medios de comunicación.

Importante:
Ambas versiones deben mantener coherencia entre sí, y estar validadas institucionalmente.

Paso 2: Diseño de materiales de divulgación (infografías, boletines)

Para ampliar el alcance de la información y promover su uso por audiencias no técnicas, se recomienda **elaborar materiales de comunicación visual y simplificada** que resuman y destaquen los aspectos más relevantes del informe. A continuación, se enumeran algunas opciones útiles:

- Infografías con los principales resultados por tema (ejecución, calidad del agua, participación).
- Boletines impresos o digitales de 1–2 páginas.
- Presentaciones visuales para foros públicos o redes sociales.
- Piezas para medios comunitarios (radio, audiovisuales, podcast).

Importante:
Estos materiales deben ser diseñados con criterios de inclusión: lenguaje claro, gráficos accesibles, traducción a lenguas locales si aplica.

Paso 3: Publicación en formatos abiertos

En cumplimiento de los principios de datos abiertos y acceso universal, todos los productos del informe deben publicarse en **formatos abiertos, reutilizables y técnicamente accesibles**.

Recomendaciones técnicas:

- Informes en formato .pdf con enlaces internos y estructura navegable.
- Bases de datos en .csv o .json, con metadatos y glosarios incluidos.
- Mapas o *dashboards* con georreferenciación accesible en plataformas SIG públicas.

Paso 4: Envío a los actores clave y carga en plataformas públicas

Finalmente, se debe asegurar una **difusión efectiva y dirigida de los productos del informe**, mediante:

- Envío oficial a instituciones responsables de la gestión del agua, planificación, control ambiental y financiamiento.
- Presentación pública del informe ante el consejo de cuenca, comités de seguimiento o audiencias comunitarias.
- Carga sistemática de los productos en portales digitales oficiales (sitio web del plan, plataforma de datos abiertos, SIG público).
- Difusión a través de redes institucionales, boletines electrónicos y medios de comunicación aliados.

Recomendación:
Idealmente, el sistema de seguimiento debe contar con una sección específica en línea, que concentre todos los informes, datos y herramientas de visualización en un repositorio de acceso libre.

Tarea 4: Participación y transparencia

La participación ciudadana y la transparencia activa son principios fundamentales de la **Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)**. Su integración en el proceso de seguimiento de un plan hidrológico no sólo fortalece la legitimidad y eficacia del plan, sino que también **fomenta el control social, el acceso a la información y la corresponsabilidad en la gestión del agua**.

Esta tarea busca asegurar que el seguimiento no sea únicamente un ejercicio técnico o institucional, sino también **un proceso abierto, inclusivo y con mecanismos efectivos para recoger, procesar y responder a los aportes de los actores del territorio**.

Diseño de mecanismos de participación

Esta fase se enfoca en establecer **estructuras y canales de participación apropiados para el contexto local**, que aseguren una representación amplia y efectiva de los actores clave.

Descripción Metodológica:

Paso 1: Identificación de actores clave

La participación efectiva en el seguimiento de un plan hidrológico comienza con una **identificación rigurosa y contextualizada de los actores clave**. Este paso es fundamental para asegurar que el proceso participativo sea **inclusivo, representativo y operativo**, y que no excluya a sectores estratégicos ni reproduzca desequilibrios de poder en el acceso a la información o en la toma de decisiones.

El objetivo es reconocer a todos aquellos actores que **usan, gestionan, monitorean, impactan o son impactados por el agua**, así como a quienes pueden contribuir con conocimiento técnico, organizativo o territorial.

¿Qué se entiende por actor clave? Son aquellas personas, grupos u organizaciones que:

- **Tienen interés legítimo** en la gestión del agua o el cumplimiento del plan.
- **Poseen información, capacidades o competencias** relevantes para el seguimiento.
- **Pueden verse afectados positiva o negativamente** por las decisiones o medidas del plan.
- **Tienen capacidad de movilización, denuncia o vigilancia**, y por tanto pueden legitimar o cuestionar el proceso.

Criterios de identificación. Se recomienda realizar un mapeo que tome en cuenta:

- **Sector de actividad:** agrícola, urbano, industrial, minero, hidroeléctrico, ambiental, etc.
- **Escala territorial:** cuenca, subcuenca, comunidad, municipio, región.
- **Tipo de conocimiento o experiencia:** técnico, tradicional, comunitario, académico.
- **Situación de vulnerabilidad o desigualdad:** pueblos indígenas, mujeres, comunidades rurales, jóvenes, entre otros.
- **Vínculo institucional:** autoridades del agua, entes reguladores, organismos locales, ONGs, universidades.

Ejemplos de actores clave según categoría

Categoría	Ejemplos específicos
Usuarios del agua	Comunidades de regantes, prestadores de servicios urbanos, empresas agroindustriales, usuarios rurales
Gobierno e instituciones	Autoridades del agua, gobiernos locales, ministerios sectoriales, comités de cuenca
Academia y expertos	Universidades, centros de investigación, consultores técnicos
Sociedad civil	ONGs ambientales, organizaciones territoriales, movimientos sociales, redes comunitarias
Pueblos indígenas / rurales	Autoridades ancestrales, asociaciones de usuarios tradicionales, líderes comunitarios
Juventud y educación	Escuelas, colectivos juveniles, programas educativos sobre agua

Importante:

- Incluir actores tradicionalmente excluidos del seguimiento institucional, como comunidades rurales o indígenas.
- Prever diferentes niveles de involucramiento, desde la información pasiva hasta la participación activa en la toma de decisiones.
- Asegurar un enfoque interseccional e inclusivo, que visibilice desigualdades estructurales (género, etnia, territorio).
- Mantener el mapeo actualizado periódicamente, ya que los actores pueden cambiar a lo largo del ciclo del plan.

Paso 2: Selección del tipo de mecanismo según el contexto

Una vez identificados los actores clave, el siguiente paso es **seleccionar los mecanismos más adecuados para facilitar su participación efectiva** dentro del proceso de seguimiento. Esta elección debe basarse en las características del territorio, las capacidades institucionales, el nivel de organización social y los antecedentes de participación existentes.

No existe un único modelo válido: **la combinación de distintos mecanismos, formales y operativos, permite adaptarse a contextos diversos** y asegurar que los distintos grupos tengan voz y visibilidad. La clave está en elegir **canales adecuados a cada tipo de actor, nivel de intervención y etapa del seguimiento**.

Consideraciones para la selección

- **Diagnóstico previo:** evaluar capacidades organizativas, legitimidad de actores, antecedentes de participación y contexto político.
- **Diversificación:** combinar mecanismos formales (consejos, comités) con operativos (monitoreo, mesas), para incluir distintos perfiles de actores.
- **Pertinencia territorial:** priorizar mecanismos que sean cultural y operativamente viables en cada zona.
- **Escalabilidad:** comenzar con esquemas pilotos y ampliar en función de resultados y recursos disponibles.

Tipos de mecanismos recomendados:

1. Consejos de cuenca o comités de seguimiento

Son espacios **formales, permanentes y multisectoriales** que reúnen a representantes de usuarios, autoridades, sociedad civil y expertos. Su función es acompañar el proceso de seguimiento, revisar los informes, emitir recomendaciones y garantizar la legitimidad del proceso.

Indicados para:	• Contextos con gobernanza consolidada y representación territorial diversa. • Coordinación entre múltiples niveles de gobierno y sectores de uso.
Ventajas:	• Alto nivel de institucionalización. • Capacidad de tomar decisiones o emitir pronunciamientos vinculantes.

2. Mesas técnicas temáticas

Son **espacios especializados y temporales**, centrados en temas específicos (calidad del agua, caudales ecológicos, demanda agrícola, gestión comunitaria, etc.), con participación de expertos, técnicos y actores clave en cada materia.

Indicados para:	• Procesos que requieren análisis técnico más profundo. • Territorios con diversidad de problemáticas por componente.

Ventajas:	• Alta especialización. • Fomenta acuerdos técnicos entre actores que normalmente no dialogan.

3. Audiencias públicas o consultas territoriales

Son espacios **abiertos, convocados en momentos clave del seguimiento** (como la presentación de informes intermedios o finales), donde se exponen resultados, se reciben observaciones y se promueve el diálogo público.

Indicados para:	• Procesos de validación social de resultados. • Contextos con fuerte movilización o conflicto en torno al agua.
Ventajas:	• Alto nivel de visibilidad y transparencia. • Refuerza el control ciudadano y la legitimidad del informe.

4. Monitoreo comunitario

Consiste en la **generación o validación de datos por parte de comunidades, organizaciones sociales, escolares o usuarios organizados**, mediante kits de medición, encuestas, observación participativa o reportes con base territorial.

Indicados para:	• Zonas con escasa presencia institucional o datos oficiales limitados. • Procesos donde se quiere empoderar a las comunidades en el seguimiento.
Ventajas:	• Aporta datos contextualizados y de alta sensibilidad local. • Refuerza el vínculo entre gestión técnica e identidad territorial.

Paso 3: Definición de roles, frecuencia y productos esperados

Una vez seleccionados los mecanismos de participación adecuados al contexto, es fundamental **definir con claridad cómo funcionarán en la práctica**. Para que los espacios participativos sean efectivos y sostenibles en el tiempo, es necesario **asignar responsabilidades concretas, establecer una frecuencia de funcionamiento razonable y definir los productos que se espera obtener de cada instancia**.

Esta definición permite evitar la improvisación, reducir la fatiga participativa, garantizar la coherencia con el proceso técnico de seguimiento y asegurar que las contribuciones de los actores sean oportunamente consideradas.

1. **Definición de roles:** Cada mecanismo de participación debe contar con una estructura básica de funcionamiento, que especifique:
   - **Quién coordina el espacio** (entidad convocante, moderador, secretaría técnica).
   - **Quiénes participan activamente** (actores convocados, con derecho a voz o voto).
   - **Quiénes asesoran o aportan insumos técnicos** (equipos técnicos, universidades, expertos).
   - **Quién se encarga de la sistematización, relatoría y seguimiento de acuerdos.**
2. **Frecuencia de funcionamiento:** La frecuencia debe ser establecida en función de:
   - El tipo de mecanismo (permanente, temporal, puntual).
   - El ciclo del seguimiento (anual, intermedio, final).
   - La capacidad operativa de los actores participantes.

Recomendación:

- **Consejos de cuenca:** reuniones trimestrales o semestrales.
- **Mesas técnicas:** reuniones según hitos críticos (antes de informes, durante consultas).
- **Audiencias públicas:** una por ciclo de evaluación clave (intermedia o final).
- **Monitoreo comunitario:** con frecuencia adaptada al indicador (mensual, estacional).

Importante:
Es importante comunicar con antelación el cronograma, para facilitar la participación y la preparación de los actores.

3. **Productos esperados:** Cada instancia participativa debe generar **resultados concretos y documentados**, que puedan ser utilizados en el proceso de seguimiento. Algunos productos posibles incluyen:
   - **Actas de reunión** con acuerdos, observaciones y compromisos.
   - **Recomendaciones técnicas o sociales**, emitidas por el grupo.
   - **Alertas tempranas o reportes comunitarios**, en el caso del monitoreo local.
   - **Declaraciones o posicionamientos colectivos**, en contextos de conflicto o propuestas de ajuste.

Estos productos deben ser:

- **Incorporados formalmente** en los informes de seguimiento.
- **Publicado en repositorios públicos** junto con los resultados del seguimiento.
- **Retroalimentados en los mismos espacios participativos**, informando qué aportes fueron considerados y cómo.

Paso 4: Diseño de instrumentos de participación adaptados (idioma, formato, medio)

Para que la participación sea efectiva, inclusiva y significativa, no basta con convocar actores o establecer espacios formales. Es imprescindible **diseñar instrumentos que sean comprensibles, culturalmente pertinentes y técnicamente accesibles para los distintos públicos que participan en el proceso de seguimiento**.

Este paso busca garantizar que **la información, los espacios de diálogo y los mecanismos de consulta** estén verdaderamente **al alcance de todos los actores involucrados**, independientemente de su nivel educativo, idioma, entorno digital o ubicación geográfica.

1. Adaptación del idioma y lenguaje

- Utilizar **lenguaje claro y no técnico** en los documentos de consulta y presentaciones públicas.
- Traducir materiales clave a **lenguas indígenas o locales**, especialmente en contextos donde el español o portugués no es la lengua principal.
- Evitar tecnicismos innecesarios y explicar los conceptos clave del seguimiento mediante ejemplos sencillos.

2. Adecuación del formato

- Elaborar versiones breves o visuales de los productos técnicos (infografías, boletines, fichas resumen).
- Diseñar formatos que faciliten la lectura rápida, con uso de gráficos, íconos, tablas simplificadas y esquemas.
- Preparar presentaciones accesibles para reuniones presenciales o virtuales, que permitan el intercambio sin barreras técnicas.

3. Selección de medios apropiados

- Elegir **medios de comunicación adecuados al contexto territorial y social**:
  - En áreas rurales: radio comunitaria, carteles en lugares públicos, visitas comunitarias.
  - En zonas urbanas: redes sociales, newsletters digitales, plataformas institucionales.
- Combinar **medios presenciales y digitales** para ampliar el alcance y garantizar la continuidad de la participación en distintas circunstancias (ej. postpandemia).

Consideraciones transversales

- Evaluar previamente las **condiciones de acceso digital, alfabetización y conectividad** del público objetivo.
- Diseñar materiales con enfoque **intercultural, territorial y de género**, asegurando que los contenidos reflejen la diversidad de realidades y valores.
- Involucrar a los propios actores en el **co-diseño de los instrumentos**, validando su claridad, pertinencia y utilidad.

Implementación operativa

Una vez diseñados los mecanismos de participación, su **implementación efectiva requiere planificación, recursos y metodologías claras**. Esta fase busca traducir la voluntad participativa en acciones concretas que permitan **escuchar, recoger y utilizar los aportes de los actores del territorio**, asegurando que su involucramiento no sea simbólico, sino significativo y con impacto real en el seguimiento del plan hidrológico.

Descripción Metodológica:

La implementación operativa contempla cuatro pasos clave, desde la convocatoria hasta la integración formal de las observaciones recibidas:

Paso 1: Convocatoria pública y transparente.

Una participación efectiva y legítima en el proceso de seguimiento comienza con una **convocatoria abierta, clara y accesible para todos los actores relevantes**. Este paso no solo es el punto de partida para la organización de espacios participativos, sino también una **señal institucional de voluntad inclusiva y transparencia**.

La convocatoria debe estar diseñada para **garantizar que todos los sectores, territorios y tipos de actores puedan conocer, comprender y responder a la invitación**, sin barreras de información, idioma, medio o tiempo.

Toda convocatoria debe incluir, como mínimo:

- **Objeto de la convocatoria:** qué se va a discutir o validar (por ejemplo, revisión de un informe de seguimiento, validación de indicadores, consulta de propuestas).
- **Justificación y contexto:** breve explicación del proceso de seguimiento y el rol del espacio participativo dentro del mismo.
- **Perfil de participantes:** a quién está dirigida (por sector, territorio, experiencia, etc.).
- **Modalidad y logística:** fecha, hora, lugar (o enlace virtual), duración estimada, idioma de trabajo, acceso a materiales previos.
- **Medios de contacto:** para confirmación, consultas o requerimientos especiales.

La difusión de la convocatoria debe adaptarse a las **características del territorio y de los actores involucrados**, utilizando múltiples canales complementarios:

Medio de difusión	Uso recomendado
Correo electrónico institucional	Para actores técnicos y autoridades locales
Redes sociales	Para públicos amplios, jóvenes y urbanos
Radio comunitaria	Para zonas rurales o con baja conectividad digital
Carteles y volantes	En lugares públicos, centros comunitarios o instituciones
Contacto directo	A través de líderes locales, comités de cuenca o asociaciones

Cuando sea posible, se recomienda acompañar la convocatoria con materiales explicativos breves (como infografías o audios), que permitan entender fácilmente la importancia del proceso.

Recomendación:

- Publicar la convocatoria con suficiente antelación (mínimo 10 días hábiles antes del evento).
- Evitar lenguaje técnico o administrativo excesivo que pueda excluir a ciertos públicos.
- Garantizar formatos accesibles: lectura fácil, traducción a lenguas locales si corresponde.
- Fomentar la autoconvocatoria o postulación de representantes comunitarios, cuando no existan espacios formales ya definidos.

Paso 2: Facilitación técnica de espacios participativos (guías, protocolos)

Una convocatoria amplia y transparente debe ir acompañada de una **facilitación técnica adecuada** que permita que los espacios participativos, ya sean mesas técnicas, talleres comunitarios, audiencias públicas o comités de seguimiento, funcionen de manera ordenada, inclusiva y productiva. La facilitación no solo se refiere a moderar reuniones, sino a **crear condiciones técnicas, metodológicas y logísticas para que todos los actores puedan participar efectivamente** y sus aportes sean debidamente recogidos.

Este paso es clave para **equilibrar las capacidades entre actores técnicos y comunitarios**, garantizar que las discusiones se mantengan enfocadas y evitar que los espacios sean dominados por sectores más organizados o con mayor acceso a información.

Acciones recomendadas:

- Preparar y distribuir **guías de discusión o protocolos de participación**, con preguntas orientadoras y temas clave.
- Asignar facilitadores o moderadores imparciales, con experiencia en gestión participativa.
- Usar herramientas que fomenten la expresión de distintos actores (pizarras, mapas, dinámicas, medios digitales).
- Respetar los tiempos, turnos de palabra y modalidades propias de las comunidades o territorios.

Paso 3: Sistematización de aportes y reporte público de resultados

La participación no puede quedarse en la conversación: debe traducirse en **insumos concretos que sean registrados, procesados y devueltos a quienes participaron**, cerrando así el ciclo de diálogo con transparencia. Este paso busca asegurar que **todas las observaciones, comentarios y propuestas recogidas en los espacios participativos sean sistematizadas de forma ordenada, precisa y accesible**, y que los resultados del proceso sean conocidos por todos los actores involucrados.

La sistematización no solo permite construir insumos útiles para el análisis técnico del seguimiento, sino que **refuerza la credibilidad institucional** y demuestra que los aportes ciudadanos son valorados y considerados.

¿Qué debe sistematizarse?

- **Identificación del espacio participativo** (tipo de actividad, fecha, lugar, convocatoria).
- **Listado de participantes** por sector, territorio o perfil institucional/comunitario.
- **Relatoría o acta estructurada** del diálogo (temas abordados, preguntas clave, acuerdos).

- **Observaciones y propuestas concretas** clasificadas por tema, componente del plan o indicador.
- **Puntos de consenso y disenso**, si los hubo.
- **Valoraciones generales del proceso participativo** (por ejemplo, aspectos positivos, dificultades, sugerencias metodológicas).

Herramientas útiles para sistematizar

- Matrices de observaciones por eje temático.
- Mapas conceptuales o gráficos de síntesis.
- Registro audiovisual o transcripción de discusiones clave (cuando se cuente con autorización).
- Listas de acuerdos y compromisos institucionales.

Elaboración del reporte público. Una vez sistematizados los aportes, se debe elaborar un **reporte público de resultados** que cumpla con los principios de **accesibilidad, claridad y transparencia**. Este reporte debe:

- Presentar de forma sintética los insumos recogidos.
- Visibilizar las voces y preocupaciones de los diferentes sectores.
- Señalar cómo esos aportes serán considerados en el seguimiento del plan.
- Ser publicado en canales institucionales y compartido directamente con los participantes.

Paso 4: Integración formal de observaciones válidas al proceso de seguimiento

El paso final, y más decisivo, en un proceso participativo legítimo es garantizar que **las observaciones, recomendaciones y aportes recibidos sean efectivamente considerados e incorporados en el proceso de seguimiento del plan hidrológico**. No se trata únicamente de escuchar, sino de **traducir el diálogo en acción institucional**, asegurando que la participación tenga un efecto tangible.

Este paso permite decidir qué aportes se incorporan, con qué justificación y en qué parte del proceso.

¿Qué se entiende por observaciones válidas? Son aquellas que:

- Se relacionan con aspectos sustantivos del seguimiento (indicadores, medidas, resultados, desviaciones, contexto).
- Están formuladas de manera clara y justificada.
- Provienen de actores convocados dentro del proceso participativo.
- Aportan elementos técnicos, sociales o territoriales relevantes, aun si no coinciden con las posturas institucionales.

Importante:
La validez no implica estar de acuerdo con todas las observaciones, sino reconocer su pertinencia en el debate.

Recomendaciones para una integración efectiva:

- Evaluar cada observación con criterios técnicos, legales o de pertinencia.
- Incluir en el informe un apartado específico con:
  - Aportes recibidos.
  - Cuáles fueron incorporados, cómo y por qué.
  - Cuáles no fueron incluidos, con justificación.
- Involucrar al comité técnico o a los órganos de validación en la revisión de estas decisiones.

Acciones de transparencia activa

La transparencia activa implica que las instituciones **no solo respondan a solicitudes de información, sino que anticipen, publiquen y comuniquen proactivamente los datos, informes y procesos clave** del seguimiento del plan hidrológico. Es un principio central de la gestión democrática del agua, que **empodera a la ciudadanía, refuerza el control público y mejora la rendición de cuentas institucional**.

Descripción Metodológica:

Esta sección define las acciones concretas necesarias para garantizar el acceso universal, oportuno y comprensible a la información del seguimiento, a través de medios digitales, comunitarios y multiformato.

Paso 1: Creación de un repositorio digital abierto (indicadores, mapas, informes)

Un repositorio digital abierto es una **plataforma en línea donde se centraliza toda la información clave del proceso de seguimiento**, disponible para cualquier usuario sin necesidad de solicitud formal.

Debe incluir:

- Informes técnicos y ejecutivos de seguimiento.
- Bases de datos de indicadores (en formatos .csv, .xls, .json).
- Fichas metodológicas y protocolos de cálculo.
- Mapas temáticos y capas georreferenciadas.
- Actas de espacios participativos y reportes ciudadanos.

Características esenciales:

- Acceso gratuito y sin registro obligatorio.
- Formatos reutilizables y compatibles con herramientas comunes.
- Metadatos claros (fecha, fuente, unidad, metodología).
- Navegación simple e intuitiva.

Paso 2: Herramientas para la participación

Los tableros públicos (o **dashboards interactivos**) permiten visualizar datos clave del seguimiento de forma dinámica, gráfica y accesible para públicos no especializados.

Elementos recomendados:

- Avance físico y financiero de medidas.
- Estado de cumplimiento de indicadores.
- Información desagregada por cuenca, sector, componente temático.
- Alertas de desvíos o zonas críticas.

Ventajas:

- Facilitan la interpretación de datos complejos.
- Permiten actualizaciones periódicas (mensuales, trimestrales).
- Funcionan como herramienta de consulta, monitoreo y comunicación.

Para fomentar el control social activo, es clave habilitar **canales permanentes de comunicación entre la ciudadanía y las autoridades responsables del plan**.

Opciones posibles:

- Aplicaciones móviles para reportar problemas o eventos (contaminación, fugas, desabastecimiento).
- Formularios en línea para enviar comentarios u observaciones sobre los informes.
- Buzones físicos en oficinas locales o centros comunitarios, en zonas con baja conectividad.

Requisitos mínimos:

- Accesibilidad para distintos perfiles (idioma, formato, nivel de conectividad).
- Compromiso institucional de respuesta (por ejemplo, plazos de atención).
- Integración con el sistema de seguimiento (registro de reportes, análisis, retroalimentación).

La transparencia debe llegar también a quienes no acceden fácilmente a plataformas digitales. Para ello, se recomienda generar **boletines periódicos impresos o radiales**, que comuniquen los avances del seguimiento de forma simple y contextualizada.

Formatos sugeridos:

- Boletines impresos distribuidos en instituciones locales, escuelas, ferias o asambleas.
- Segmentos radiales en emisoras comunitarias o programas de interés público.
- Resúmenes para redes sociales o mensajería móvil.

Contenido recomendado:

- Avances del plan en términos comprensibles.
- Problemas detectados y medidas tomadas.
- Invitaciones a espacios participativos o procesos de consulta.

Guías

Guía 1: Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Capítulo sobre: Seguimiento y Evaluación del plan. Ministerio de Medioambiente y desarrollo sostenible. Colombia

https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/GUIA_DE_POMCAS.pdf

Guía 2: Guía para la elaboración de Planes de Manejo de Cuencas Hidrográficas. Sección IV: Ejecución, Seguimiento y Evaluación. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (IFC). Honduras

https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2022/03/Anexo-1.-Guia-para-Elaboracion-Planes-de-Manejo-de-Cuencas.pdf

Guía 3: Herramientas para Contribuir a la Gestión Sustentable del Agua en Latinoamérica. RALCEA, Red de Centros de Excelencia en Agua en América Latina.

https://ralcea.org/wp-content/uploads/2021/08/RALCEA-Herramientas-para-Contribuir-a-la-Gestio%CC%81n-Sustentable-del-Agua-en-Latinoame%CC%81rica-2015.pdf

Guía 4: Innovación social en el manejo de los recursos hídricos: transformación de conflictos y gobernanza adaptativa en el diseño de procesos de gestión colaborativa del agua. BID

https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Innovacion-social-en-el-manejo-de-los-recursos-hidricos-transformacion-de-conflictos-y-gobernanza-adaptativa-en-el-diseno-de-procesos-de-gestion-colaborativa-del-agua.pdf

Casos prácticos

Uruguay: implementación y seguimiento del Plan Nacional de Aguas - Uruguay 2017-2021

Uruguay: Participación Pública en el Proceso de elaboración del Plan Nacional de Aguas

ANEXO I: Casos prácticos

ÍNDICE

Marco de gobernanza **2**

Relación con las Planificaciones Sectoriales 2
Marco normativo e institucional 8

Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión **10**

Ámbito territorial 10
Inventario de los recursos hídricos 11
Revisión, obtención y organización de la información básica y generación de un modelo de datos 14

Uso del agua y asignación de recursos **15**

Caudales ecológicos 15

Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas **20**

Evaluación del estado de la calidad de las aguas y objetivos de calidad 20

Fenómenos extremos y cambio climático **22**

Participación pública **25**

La cuestión transfronteriza **28**

Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos 28

Evaluación ambiental del plan **36**

Implementación, seguimiento y revisión del plan **39**

Marco de gobernanza

Relación con las Planificaciones Sectoriales

Institución Responsable del caso:

Tema: Marco de gobernanza.

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

Título del Caso: Plan de manejo ambiental del acuífero del Golfo de Urabá.

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

El acuífero del Golfo de Urabá forma parte de las cuencas de los ríos León y Turbo - Currulao y está localizada al noroccidente del departamento de Antioquia - Colombia. Constituye una fuente importante de abastecimiento de agua de los municipios de Apartadó, Chigorodó, Carepa, Turbo y Mutatá; de igual forma es la fuente principal de abastecimiento para 32.000 hectáreas de banano que utilizan el agua subterránea para el riego del cultivo y lavado de la fruta.

Debido a posibles efectos del cambio climático y el aumento de la frecuencia con que ocurre el fenómeno del Niño en la zona de estudio, la oferta de agua superficial disminuye drásticamente en época seca; esto ha provocado una demanda creciente del agua subterránea tanto para el sector agropecuario como para el consumo humano, de allí la importancia de mantener la oferta de agua tanto en calidad como en cantidad con la finalidad de garantizar su aprovechamiento a las futuras generaciones.

Para dar solución a la problemática, a partir del conocimiento de la dinámica de las aguas subterráneas (modelo hidrogeológico conceptual) y la interacción con los actores, se definieron actividades para planificar, administrar, proteger y realizar un aprovechamiento sostenible del acuífero. Se formuló el plan de manejo (2015-2016) del que participaron el sector productivo, comunitario, sector público, comercial y educativo. Este proceso se realizó mediante una estrategia de participación en la cual diferentes actores sociales identificaron causas que pueden disminuir la calidad y renovabilidad de las aguas subterráneas y plantearon posibles soluciones.

Lecciones aprendidas

- En los procesos de diagnóstico, formulación e implementación del plan de manejo ambiental de acuíferos o cualquier otro proceso, es vital la participación de los sectores. En la zona de estudio, desde el año 1995 se contaban con estudios hidrogeológicos y se habían realizados múltiples estudios; sin embargo, no se había podido formular plan de manejo del acuífero por falta de interés de los actores claves.
- La integración de los sectores potencializa la gestión del agua subterránea. En la formulación del plan de manejo del acuífero participaron los sectores: productivo, comunitario, sector público, comercial y educativo que posteriormente pasaron a conformar la Mesa de Trabajo del acuífero, ello permitió divulgar en todos los municipios del área de estudio la protección y buen uso de las aguas subterránea, teniendo en cuenta que es un recurso que poco se conoce.
- Un elemento novedoso que se derivó de la formulación del plan de manejo fue la zonificación del área de recarga del acuífero**.**

Información adicional

- https://minviviendagovco-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/pvillegas_minvivienda_gov_co/Eo1G6vJC8LNDsF4qd-s401MBlx9pcZmbQVB67wnfXDan_Q?e=iRoSPR

- http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38052
- https://uraba.cloudcitycolombia.com/resolucion-n-100-03-20-01-1953-2016-por-el-cual-se-acoge-el-plan-de-manejo-del-acuifero-del-golfo-de-uraba/
- https://corpouraba.gov.co/wp-content/uploads/Acuerdo-100-02-02-01-005-del-22092020.pdf
- https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5749/1/VillegasPedro_2016_CaracterizacionIsotopicaAcuifero.pdf

PAIS: Colombia

Institución Responsable del caso: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)

Tema: Marco de Gobernanza.

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

Título del Caso: Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales (PMAR) 2020 - 2050

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

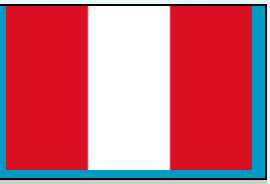
Se estima que a 2050 el país generará 2.765 millones de metros cúbicos de aguas residuales. Para cumplir la meta del ODS 6.3 de mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación y reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar, el país deberá alcanzar el 68,6 % de las aguas residuales urbanas tratadas en 2030, lo que implicará tratar las aguas residuales de 10,7 millones de personas que hoy no son atendidas.

Lecciones aprendidas

- Promoción de la gestión coordinada para el manejo de las aguas residuales en los niveles nacional, regional y local, mediante el fortalecimiento institucional y la articulación de los instrumentos de planificación existentes.
- Construcción y optimización de sistemas de tratamiento de aguas residuales en municipios prioritarios.
- Ajuste y desarrollo de normatividad, necesaria para el logro de una gestión de aguas residuales eficiente.
- Formulación de un programa de seguimiento al PMAR, que sirva como espacio de articulación y concertación de las entidades responsables de la gestión y manejo de las aguas residuales.

Información adicional

- https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/saneamiento-y-manejo-de-vertimientos
- https://www.minvivienda.gov.co/publicacion/plan-nacional-de-manejo-de-aguas-residuales-municipales-pmar-2020-2050



PAIS: Perú

Institución Responsable del caso: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Tema: Marco de Gobernanza

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

Título del Caso: Planificación de recursos hídricos de la cuenca del rio Sama

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La cuenca del rio Sama se encuentra ubicado en la región Tacna y es un valle ganadero con un área de cuenca de 4738 Km^2. En la parte baja de la cuenca se tiene una extensión de 2500 hectáreas y en la parte alta se tiene una extensión de 3800 hectáreas bajo riego.

En esta cuenca no hay acuíferos, razón a ello, se aprovecha al máximo el agua superficial, y se ha construido la represa de Jarumas con una capacidad de almacenamiento de 13 MMC y permite almacenar la escorrentía del periodo de lluvias y aprovechar para riego en los meses de mayo-diciembre, para abastecer la demanda de agua para uso poblacional y agrícola de la provincia de Tarata ubicado a un altitud de 3200 msnm.

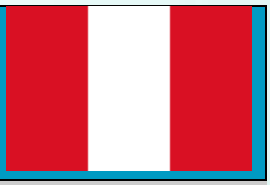
En la actualidad el rio Sama tiene una descarga promedio anual de 2.2 m^3/s equivalente a una masa anual de 69.4 MMC/año, cuyo 70% se encuentra concentrado en el periodo de lluvias, razón a ello, se tiene un volumen del orden de 40 MMC/año que se pierde en el Océano Pacifico. En el Plan de Gestión de la región Tacna, se tiene contemplado la construcción de un represa de regulación denominado como represa Yarascay, que sería una represa de regulación plurianual con una capacidad de almacenamiento de 120 MMC, con un volumen muerto de 36 MMC para un horizonte de operación de 50 años.

Lecciones aprendidas

Una de las lecciones aprendidas, es la adaptación de los agricultores del valle del río Sama a la mala calidad de agua del rio Sama y des sus tributarios; razón a ello, se dedican a la producción de cultivos tolerantes a la alta concentración de boro y arsénico, como son: alfalfa, ají, cebolla, maíz chala y olivo.

La mala calidad de agua del rio Sama se debe al aporte de numerosos manantiales con alta concentración de boro y arsénico. Es importante indicar que en las nacientes de la cuenca del rio Sama, existen numerosos volcanes que actualmente se encuentran inactivos. Se ha intentado evaporar algunos manantiales de pequeños caudales del orden de 4 a 5 l/s en pozas de evaporación, pero debido al gran número de manantiales hidrotermales, es complicado su sostenibilidad.

En cuanto a cantidad, el 70% de la disponibilidad hídrica del rio Sama está concentrado en el periodo de lluvias, lo cual es aprovechado al máximo para el riego de maíz chala y alfalfa**.**



PAIS: Perú

Institución Responsable del caso: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Tema: Marco de Gobernanza

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

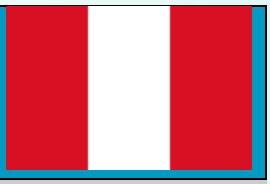
Título del Caso: Planificación de recursos hídricos de la cuenca del rio Sama

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La cuenca del rio Sama se encuentra ubicado en la región Tacna y es un valle ganadero con un área de cuenca de 4738 Km^2. En la parte baja de la cuenca se tiene una extensión de 2500 hectáreas y en la parte alta se tiene una extensión de 3800 hectáreas bajo riego.
En esta cuenca no hay acuíferos, razón a ello, se aprovecha al máximo el agua superficial, y se ha construido la represa de Jarumas con una capacidad de almacenamiento de 13 MMC y permite almacenar la escorrentía del periodo de lluvias y aprovechar para riego en los meses de mayo-diciembre, para abastecer la demanda de agua para uso poblacional y agrícola de la provincia de Tarata ubicado a un altitud de 3200 msnm.
En la actualidad el rio Sama tiene una descarga promedio anual de 2.2 m^3/s equivalente a una masa anual de 69.4 MMC/año, cuyo 70% se encuentra concentrado en el periodo de lluvias, razón a ello, se tiene un volumen del orden de 40 MMC/año que se pierde en el Océano Pacifico. En el Plan de Gestión de la región Tacna, se tiene contemplado la construcción de un represa de regulación denominado como represa Yarascay, que sería una represa de regulación plurianual con una capacidad de almacenamiento de 120 MMC, con un volumen muerto de 36 MMC para un horizonte de operación de 50 años.

Lecciones aprendidas

Una de las lecciones aprendidas, es la adaptación de los agricultores del valle del río Sama a la mala calidad de agua del rio Sama y des sus tributarios; razón a ello, se dedican a la producción de cultivos tolerantes a la alta concentración de boro y arsénico, como son: alfalfa, ají, cebolla, maíz chala y olivo.
La mala calidad de agua del rio Sama se debe al aporte de numerosos manantiales con alta concentración de boro y arsénico. Es importante indicar que en las nacientes de la cuenca del rio Sama, existen numerosos volcanes que actualmente se encuentran inactivos. Se ha intentado evaporar algunos manantiales de pequeños caudales del orden de 4 a 5 l/s en pozas de evaporación, pero debido al gran número de manantiales hidrotermales, es complicado su sostenibilidad.
En cuanto a cantidad, el 70% de la disponibilidad hídrica del rio Sama está concentrado en el periodo de lluvias, lo cual es aprovechado al máximo para el riego de maíz chala y alfalfa**.**



PAIS: Perú

Institución Responsable del caso: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Tema: Marco de Gobernanza

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

Título del Caso: Instrumentos de planificación previstos y relación entre ellos

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

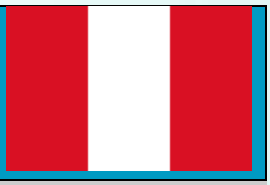
La problemática de la cuenca del río Locumba, que tiene un área de cuenca de 6.493.83 Km^2, ubicado en la región Tacna, es la escaza disponibilidad hídrica, que afecta a la agricultura de la provincia de Candarave ubicado a una altitud de 3500 msnm y también la problemática se extiende hasta la parte baja de la cuenca donde se tiene una intensa actividad agrícola en el valle de Locumba y en la irrigación de Ite.
Otra problemática de la cuenca del rio Locumba, es la poca sintonía entre el recurso hídrico para la agricultura y la generación de energía hidroeléctrica, que afecta directamente al valle del río Locumba y la irrigación Ite. Es importante indicar, que el valle del rio Locumba, ubicado en la parte baja de la cuenca, es abastecida con las aguas de la laguna Aricota ubicada en la parte media de la cuenca. La extracción de agua de la laguna Aricota, tiene una regla de operación, que prioriza la

generación de energía, razón a ello, elevan la extracción de agua desde la laguna de 1.0 m^3/s a 4.6 m^3/s a partir de las 18 horas hasta las 23 horas y sólo parte de este volumen es almacenado en los reservorios que tiene la empresa de generación de energía hidroeléctrica y gran parte se pierde en el Océano Pacifico.

Lecciones aprendidas

Una de las lecciones aprendidas por los agricultores del valle del rio Locumba, es adaptarse a la calidad del agua del mencionado río, que tiene una alta concentración de boro y arsénico, razón a ello, su cédula de cultivos está limitado a: alfalfa, ají, cebolla y forrajes.

En la parte media de la cuenca del rio Locumba, se encuentra la unidad minera de Toquepala operado por la compañía minera SPCC (Southern Perú Cooper Corporation) y debido a los permanentes conflictos sociales por el uso del agua para la agricultura y la minería, la mencionada compañía en coordinación con la Autoridad Nacional del Agua, ha desarrollado un Plan de Gestión de los recursos hídricos de la cuenca del rio Locumba, donde se propone la construcción de un conjunto de represas, tales como: Callazas de 10 MM, Coltani de 5 MMC, Kulko de 14 MMC, Ite de 6 MMC y Coltani de 4 MMC, que permitirían almacenar la escorrentía de los diferentes tributarios del río Locumba para poder aprovechar en el periodo de estiaje. La lección aprendida, es que la cooperación de los diferentes actores de la cuenca, pueden desarrollar proyectos en beneficio de la agricultura dentro del marco de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.



PAIS: Perú

Institución Responsable del caso: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Tema: Marco de Gobernanza

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

Título del Caso: Plan de gestión de recursos hídricos de la cuenca del rio Caplina (Frontera Perú-Chile**)**

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La problemática de la cuenca del río Caplina, ubicado en la frontera de Perú-Chile que tiene un área de cuenca de 4330.09 Km^2, es la escasez de recursos hídricos para uso agrícola y poblacional de la ciudad y valle de Tacna. Actualmente tiene un déficit hídrico del orden de 8.6 m^3/s, que se incrementa cada año debido al incremento de la demanda para uso poblacional y agrícola. El incremento del agua para uso poblacional es del orden de 25 a 30 l/s cada año. La demanda de agua promedio para uso agrícola para un sistema de riego por gravedad es de 18 m3/hectárea/año y para un sistema de riego por goteo es del orden de 10 m^3/hectárea/año.

La solución adoptada, aún está en proceso, para lo cual se viene desarrollando proyectos hidráulicos de trasvase de agua de la cuenca del rio Maure-Mauri, veda del acuífero de Caplina y optimización del uso del agua para uso agrícola y poblacional.

Lecciones aprendidas

La lección aprendida es el gradual incremento de la eficiencia de uso de agua para riego, debido al cambio del sistema de riego de gravedad a un sistema de riego por goteo, que permite elevar la eficiencia de riego de 0.35 a 0.70. Otra lección aprendida es el uso conjunto de agua superficial y subterráneo.

Para el caso de la cuenca del Caplina, donde se encuentra la ciudad y valle de Tacna, ubicado en la cabecera del desierto de Atacama, próximo a la frontera de Perú-Chile, ha sido vital el trasvase del rio Uchusuma que es un tributario del rio Maure-Mauri, que es un rio transfronterizo de Perú-Boli-

via-Chile. También, es importante destacar, que en el altiplano de la región Tacna se tiene una batería de pozos de agua subterránea, que son explotados en el periodo de (mayo-diciembre) y también se tiene la represa de Paucarani con una capacidad de 12 MMC de capacidad de almacenamiento, que permite almacenar la escorrentía del periodo de lluvias (Enero a abril) y aprovechar de manera regulada en el periodo de mayo a diciembre.
En la cuenca del Caplina, se tiene la irrigación La Yarada, con 18000 hectáreas bajo riego con agua subterránea del acuífero de Caplina y actualmente hay una sobreexplotación; razón a ello, se tiene el problema de l**a** intrusión marina. Debido a esta problemática la Autoridad Nacional del Agua ha declarado en veda, vale decir, que está prohibido la perforación y equipamiento de nuevos pozos de agua subterránea.

PAIS: Uruguay

Institución Responsable del caso: Ministerio de Ambiente. Dirección Nacional de Aguas

Tema: Marco de gobernanza

Subtema: Relación con las planificaciones sectoriales

Título del Caso: Plan Nacional de Aguas de Uruguay y su vinculación con otras planificaciones

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La gestión de los recursos hídricos en el marco conceptual de gestión integrada supone dar respuesta en espacio y tiempo, en cantidad y calidad, a las demandas por el recurso hídrico de parte de los distintos usuarios, considerando a su vez los aspectos sociales, económicos, legales y ambientales, de forma de asegurar un uso sustentable de las aguas a largo plazo. Por tal motivo, los diferentes tipos de planes existentes deberán estar vinculados y armonizados.

El Plan Nacional de Aguas (PNA) de Uruguay se encuentra en sintonía con otros planes nacionales, como por ejemplo Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, Plan Nacional Ambiental, entre otras. Asimismo el PNA articula con los planes de los sectores estratégicos para el desarrollo del país

que utilizan el recurso hídrico, como por ejemplo los sectores agropecuario, energético, turismo, transporte, entre otros, y que requieren de planes específicos.

La implementación del PNA incluye un programa 02: "Agua para uso humano" con un proyecto específico que consiste en la formulación del Plan Nacional de Agua Potable, Saneamiento y Drenaje Urbano y el programa 06: "Planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos" en donde se contempla específicamente la formulación de planes de aguas urbanas (a escala ciudad), planes de cuenca (a escala de cuenca), planes de aguas transfronterizas (a escala regional).
En la escala local, se vuelve fundamental la coordinación de la política nacional de aguas con las políticas departamentales de ordenamiento territorial3 y que implica desafíos tales como la coordinación de las instancias de participación específicas de cada política, la construcción de políticas de ordenamiento territorial que trascienden los límites jurídicos administrativos departamentales para atender aspectos vinculados a cuencas hidrográficas.

Todos estos planes requieren de una adecuada y fluida articulación interinstitucional e interdisciplinaria que permita focalizar, abordar e incorporar los aspectos sectoriales estratégicos desde una gestión integrada de los recursos hídricos. En este sentido es que toma relevancia el programa 09 del PNA: "Fortalecimiento y coordinación institucional", en donde se pone énfasis en fortalecer los ámbitos tripartitos de gobierno, usuarios y sociedad civil organizada, tales como los tres Consejos Regionales de Recursos Hídricos (Río Uruguay, Laguna Merín y Río de la Plata y Frente Marítimo), así como las 13 Comisiones de Cuencas o Acuíferos que se encuentran en su territorio.

Lecciones aprendidas

- Es necesario conocer la mayor cantidad de instrumentos de planificación que aplican al territorio en cuestión, para definir cuáles tienen una vinculación directa y por lo tanto deben ser integrados a la planificación hidrológica, como antecedentes, como instrumento que contribuye a lograr los objetivos propuesto o como meta específica.

- Un plan de gestión integrada de recursos hídricos debe contener un programa de fortalecimiento y coordinación institucional, para articular políticas públicas y acciones.

Información adicional

¿Qué estrategias o mecanismos se contemplan en este programa?
Fortalecimiento de la secretaría técnica de los ámbitos de participación para la gestión integrada del agua
Preparación de documentos para la discusión
Preparación de las sesiones
Articulación intra e interinstitucional
Desarrollo de programas para fortalecer la participación en general y en particular de la sociedad civil
Trabajar en una estrategia de comunicación
Ver: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/comunicacion/publicaciones/plan-nacional-aguas
https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/comisiones-cuencas-acuiferos

Marco normativo e institucional

PAIS: Portugal

Institución Responsable del caso: Agência Portuguesa do Ambiente

Tema: MARCO LEGISLATIVO PARA LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y LA ELABORACIÓN DE LOS PLANES HIDROLÓGICOS.

Subtema: Organismos encargados de la planificación y gestión por cuencas: ámbito territorial, estructura, dependencia administrativa y funciones de los organismos encargados de la planificación y gestión por cuencas.

Título del Caso: Marco institucional para la planificación y gestión de los recursos hídricos

Descripción del caso(problemática /solución adoptada /resultados):

Portugal ha enfrentado históricamente una compleja problemática en la gestión de sus recursos hídricos, marcada por una distribución desigual de la precipitación —abundante en el norte y escasa en el sur— y una fuerte dependencia de los ríos transfronterizos compartidos con España, de los cuales proviene gran parte de su disponibilidad de agua. A esta situación se suman las presiones derivadas de la agricultura intensiva, la ganadería, la urbanización y la industria, que han incrementado la contaminación difusa y los vertidos directos, además de provocar alteraciones hidromorfológicas en los ecosistemas acuáticos. Entre 2015 y 2019, el país atravesó prolongados periodos de sequía, mientras que los episodios de inundación se intensificaron debido a los efectos del cambio climático. Estos factores generaron una doble tensión: garantizar el abastecimiento de agua potable para una población altamente concentrada en la franja costera y, al mismo tiempo, preservar la sostenibilidad ambiental de los cuerpos de agua.

Ante este panorama, Portugal adoptó un marco legislativo e institucional robusto, en consonancia con la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea, transpuesta a su legislación mediante la Ley de Aguas de 2005. Una de las soluciones clave fue el Convenio de Albufeira, firmado en 1998 con España, que estableció mecanismos de cooperación bilateral para la protección y aprovechamiento sostenible de las cuencas hidrográficas compartidas, garantizando caudales mínimos y medidas conjuntas frente a sequías e inundaciones. Paralelamente, se fortaleció la institucionalidad con la creación de la Agencia Portuguesa de Medio Ambiente, que asumió el rol de Autoridad Nacional del Agua, encargada de la planificación, licencias, control y seguimiento del uso del recurso. En este marco se elaboraron los Planes de Gestión de Demarcación Hidrográfica, concebidos como instrumentos operativos para orientar la protección, el uso sostenible y la recuperación de las masas de agua, junto con planes específicos como el Plan de Prevención y Vigilancia de Sequías, el Plan de Gestión del Riesgo de Inundaciones y el Plan de Gestión de la Sequía y la Escasez de Agua. Asimismo, se introdujo la Tasa de Recursos Hídricos, que aplica los principios de “quien contamina paga” y “usuario-pagador”, promoviendo una gestión económica más justa y eficiente del agua.

Los resultados obtenidos muestran avances importantes en la regulación y la planificación, con una reducción del número de masas de agua en estado desconocido gracias a un mejor monitoreo y una mayor integración de medidas de gestión. También se ha fortalecido la cooperación con España en el manejo de los ríos compartidos y se han establecido respuestas más organizadas frente a fenómenos extremos como sequías e inundaciones. Sin embargo, los retos persisten: la contaminación difusa derivada de la agricultura y la ganadería sigue siendo una de las principales presiones, al igual que la presencia de nutrientes y contaminantes orgánicos, mientras que la urbanización, los cambios hidromorfológicos y la introducción de especies exóticas continúan afectando la calidad y resiliencia de los ecosistemas acuáticos. En síntesis, Portugal ha avanzado hacia una gestión más integrada y sostenible del agua, aunque todavía enfrenta el desafío de conciliar el uso económico del recurso con la conservación de su buen estado ecológico.

Información adicional

- Texto consolidado del Convenio de Albufeira
  www.cadc-albufeira.eu/content/dam/albufeira/Libro%20ALBUFERA.pdf
- Texto oficial del Lei n.º 58/2005, de 29 de diciembre (Ley de Aguas portuguesa)
  https://faolex.fao.org/docs/pdf/por62080.pdf

Lecciones aprendidas

La experiencia portuguesa demuestra que contar con un marco legislativo claro y coherente, como la Ley de Aguas de 2005 que incorporó la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea, es fundamental para avanzar hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos. También enseña que, en contextos donde existen cuencas compartidas, la cooperación internacional es indispensable: el Convenio de Albufeira con España ha sido clave para garantizar caudales mínimos, prevenir conflictos y coordinar medidas frente a fenómenos extremos como sequías e inundaciones. Otra lección relevante es la importancia de fortalecer la institucionalidad; en este caso, la Agencia Portuguesa de Medio Ambiente ha permitido centralizar funciones de planificación, control y monitoreo, haciendo más eficaz la aplicación de políticas. Asimismo, se aprendió que disponer de instrumentos operativos específicos, como los Planes de Gestión de Demarcación Hidrográfica y los planes frente a sequías o inundaciones, facilita respuestas más organizadas y adaptadas a diferentes escenarios. En el ámbito económico, la introducción de la Tasa de Recursos Hídricos mostró cómo los principios de "quien contamina paga" y "usuario-pagador" pueden aplicarse de manera concreta, contribuyendo a un uso más eficiente del agua. Finalmente, la experiencia evidencia que, aunque se ha avanzado en regulación, cooperación y planificación, persisten retos importantes como la contaminación agrícola y urbana, la presión industrial, los cambios en la morfología de los ríos o la invasión de especies exóticas, lo que confirma que la gestión del agua es un proceso dinámico que requiere esfuerzo continuo y adaptación constante.

Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión

Ámbito territorial

PAIS: Uruguay

Institución Responsable del caso: Ministerio de Ambiente. Dirección Nacional de Aguas

Tema: Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión

Subtema: Ámbito territorial

Título del Caso: Delimitación del ámbito territorial

Descripción del caso(problemática /solución adoptada /resultados):

En Uruguay el ámbito territorial se define estableciendo una división del territorio con base en las cuencas hidrográficas. Se consideran 3 grandes regiones hidrográficas y transfronterizas (Río Uruguay, Laguna Merín, Río de la Plata y Frente Marítimo) que cuentan con comisiones de cuencas y acuíferos y planes de gestión integrada de los recursos hídricos (planes de cuenca) en diferentes estados de desarrollo. En general la unidad territorial son las cuencas de nivel 2 o la agrupación de las mismas, pero pueden existir unidades de menores dimensiones territoriales.

Se utiliza sistema de codificación de cuencas hidrográficas de tres dígitos: el primer dígito identifica la cuenca principal (seis cuencas principales de nivel 1); el segundo dígito (de 0 a 9) permite identificar hasta diez subcuencas principales (nivel 2) en cada cuenca y el tercer dígito (de 0 a 9) permite subdividir cada subcuenca en hasta diez unidades del curso principal o de cursos afluentes. Los distintos niveles de subdivisión se han utilizado como referencia para la delimitación geográfica de unidades de gestión y estudio de los recursos hídricos. Fuente: Plan Nacional de Aguas, 2017. Disponible en: **https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-aguas**.

Lecciones aprendidas

El sentido de pertenencia de los actores locales influye en la determinación de la cuenca como unidad de gestión.

Las cuencas de mayor tamaño condicionan el detalle de las acciones a implementar.

Información adicional

https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/regiones-hidrograficas-1

Inventario de los recursos hídricos

PAIS: Brasil

Institución Responsable del caso: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Tema: Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión

Subtema: Inventario de los recursos hídricos

Título del Caso: Plan Integrado de Recursos Hídricos de la Cuenca Hidrográfica del rio Paraíba do Sul

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La cuenca hidrográfica del río Paraíba do Sul posee más de 61.000 km². Intercepta tres unidades federativas y cubre 184 municipalidades, totalizando más de 7 millones de personas. Adicionalmente, si se consideran las poblaciones atendidas por las aguas del río Paraíba do Sul a través de transposición, la población atendida sobrepasa los 15 millones de personas.

Si se considera la significativa extensión de esta cuenca y los desafíos presentados, queda claro que la eficiente gestión de los recursos hídricos no es una tarea fácil. Por tanto, se hace necesaria la actuación coordinada entre los diferentes actores de los sistemas de gerenciamiento de recursos hídricos, ya sea de la esfera federal o estadual.

Por ese motivo, la elaboración de un plan integrado de recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Paraíba do Sul y de las cuencas afluentes fue hecha con vistas a la efectiva integración entre los planes. En relación a los recursos a ser aplicados en toda la cuenca del río Paraíba do Sul, este nuevo proceso de elaboración del plan integrado permitió que se considerasen los recursos originarios de las recaudaciones estaduales. Así, los mismos fueron alojados en acciones locales y, al mismo tiempo, condicentes con el escenario observado en toda la cuenca, potencializando los resultados perseguidos en la calidad de las aguas y el aumento de la disponibilidad hídrica. Al realizar la integración y enfocar acciones bajo la gobernabilidad del SINGREH, mayormente aquellas que trajesen consecuencia regulatoria a los entes del sistema, el PIRH llegó a un presupuesto realista y efectivo para los desafíos proyectados para los próximos años. De esa forma, el CEIVAP (Comité de Cuenca del Valle del Río Paraíba do Sul) invertirá, considerando el horizonte de plazo de 15 años, el monto de R$ 656 millones, provenientes de la recaudación de la cobranza por el uso del agua de dominio federal. Además de este recurso, el aporte de los comités afluentes representa una significativa contribución a la mejora de las condiciones de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Paraíba do Sul. Los recursos provenientes de la cobranza por el uso del agua de dominio estadual componen, de esa forma, inversiones integradas del orden de R$350 millones, así distribuidos: R$ 103,5 millones provenientes de la porción paulista de la cuenca del Paraíba do Sul en el horizonte de cuatro años (teniendo en cuenta que el plan de cuenca hidrográfica de la UGRH-2 está en elaboración); R$ 55 millones, provenientes de los dos afluentes mineros (Preto-Paraibuna y COMPÉ), que serán invertidos en 20 años; y R$ 113 millones oriundos de los cuatro afluentes fluminenses (Medio Paraíba do Sul, Piabanha, Río Dois Rios y Bajo Paraíba do Sul e Itapoana), que serán invertidos a lo largo de 15 años.

En esta cuenca, los principales usos del agua son: abastecimiento humano, riego, generación de energía hidroeléctrica y dilución de efluentes sanitarios. Este último uso es una de las principales

fuentes de polución de la cuenca del río Paraíba do Sul. Otro importante aspecto observado en la cuenca es la ocurrencia de desastres naturales y aquellos causados por actividades antrópicas. Las inundaciones aparecen como uno de los tipos de desastres más dañinos, en especial en el curso inferior del río Paraíba do Sul. En el periodo de 2000 a 2012, las regiones del bajo Paraíba do Sul y medio Paraíba do Sul fueron las más afectadas por desastres de ese tipo. En ese mismo periodo, las inundaciones y deslizamientos fueron más prominentes en la región del río Dois Rios y Piabanha.

Otro aspecto que también causa preocupación es la escasez hídrica. En 2004, la cuenca experimentó su primera crisis hídrica desde la creación de la ANA. Entre 2014 y 2016, la cuenca volvió a enfrentar condiciones hidrometeorológicas adversas, con caudales y precipitaciones por debajo del promedio histórico y con impactos en los niveles de almacenamiento de los embalses. Vale destacar que, a pesar de que las sequías han pasado a ser cada vez más recurrentes, el grave problema asociado a las inundaciones tampoco puede ser desconsiderado, en especial en las cuencas del bajo Paraíba do Sul e Itabapoana y del Piabanha.

Lecciones aprendidas

Los actuales desafíos diagnosticados en la cuenca, y también aquellos previstos en las proyecciones, demuestran que las inversiones a ser realizadas por los comités necesitarán de aporte financiero de otros entes del SINGREH y también de los sectores privados, en especial recursos provenientes del sector de saneamiento.

En relación a las acciones de los otros entes del SINGREH, en especial de los órganos gestores de recursos hídricos, importa destacar que, concomitante a la elaboración del PIRH-PP, durante el año 2020 y principios de 2021, se realizó un extenso proceso de discusión y acuerdo entre los actores involucrados en la elaboración del plan, focalizando los principales temas para la cuenca hidrográfica del río Paraíba do Sul. Las discusiones relativas a las acciones priorizadas a corto plazo para el PIRH-PS tenían el objetivo de construir estrategias para la implementación de programas. Los diálogos se centraron intensamente en los diversos temas estratégicos e involucraron a actores fundamentales para viabilizar la ejecución de las acciones a lo largo de la implementación del plan.

Información adicional

- https://www.ceivap.org.br/instrumentos-de-gestao/plano-de-recursos-hidricos
- https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=ef7d29c2ac754e9890d7cdbb78cbaf2c
- https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-spr/planos-de-bacia/planos-de-bacia

PAIS: Honduras

Institución Responsable del caso: Dirección General de Recursos Hídricos (DGRH), que forma parte de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA)

Tema: Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión

Subtema: Inventario de los recursos hídricos

Título del Caso: implementación de la Aplicación KOBOTOOLBOX

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

Debido a la problemática que se tenía anteriormente para el levantamiento de datos, que se realizaba mediante una ficha de trabajo en papel; existía el problema de que mucha información se perdía o se extraviaba, entonces se tomó la decisión de poder sistematizar de manera digital todos los levantamientos de datos en tiempo real mediante la aplicación KoBoToolBox, en donde nos ha ayudado a poder otorgar un usuario para uno de los técnicos encargados en el levantamiento de datos, a subir los datos en tiempo real, a poder llevar un control por área geográfica que se esté trabajando y de la misma manera al momento de requerir algún dato, el administrador de la aplicación desde oficina o cualquier otro sitio que se encuentre podrá descargar la base de datos que se requiera.

Lecciones aprendidas

Se ha podido sistematizar de manera digital toda la información de censo de pozos y manantiales que se ha realizado durante los últimos años, de la misma manera podemos realizar la descarga de la base de datos de manera más rápida con toda la información necesaria para poder realizar los análisis pertinentes e ir visualizando en un mapa la demanda de agua que se está aprovechando, la aplicación nos ha ayudado a ya no duplicar información al momento del monitoreo de los pozos y manantiales.

Información adicional

https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3480
https://aguadehonduras.gob.hn/

PAIS: México

Institución Responsable del caso: CONAGUA

Tema: TAREAS BÁSICAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN HIDROLÓGICO

Subtema:

Título del Caso: Diagnóstico de los recursos hídricos de México

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

El deterioro de los recursos hídricos en México se manifiesta a través de cinco problemas públicos descritos en el Programa Nacional Hídrico 2020-2024. Acceso a los servicios de agua potable y saneamiento insuficiente e inequitativo; uso ineficiente del agua que afecta a la población y a los sectores productivos; pérdidas humanas y materiales por fenómenos hidrometeorológicos extremos; deterioro cuantitativo y cualitativo del agua en cuencas y acuíferos; condiciones institucionales y de participación social insuficientes para la adecuada toma de decisiones y combate a la corrupción.

Información adicional

Programa Nacional Hídrico PNH 2020 2024 | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | gob.mx
https://www.conagua.gob.mx/conagua07/contenido/documentos/NOM-011-CONAGUA-2015.pdf

Lecciones aprendidas

Las normas oficiales mexicanas, son regulaciones técnicas de observancia obligatoria. La Conagua, por conducto del Comité Consultivo Nacional del Sector Agua, elabora las normas oficiales mexicanas sobre la conservación, seguridad y calidad en la explotación, uso, aprovechamiento y administración de las aguas nacionales y de los bienes nacionales enunciados en el artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales, a fin de que sean expedidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y así garantizar el derecho que toda persona tiene al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible, consagrado en el artículo 4° Constitucional. En México, la unidad de gestión es la cuenca hidrológica en conjunto con los acuíferos. Para poder administrar las aguas nacionales, el país se ha dividido en

757 cuencas (aguas superficiales) y en 653 acuíferos (aguas subterráneas). La disponibilidad media anual (DMA) de las aguas nacionales, es decir, de cada una de las 757 cuencas y cada uno de los 653 acuíferos del país, se publica cada 3 años en el Diario Oficial de la Federación. Este cálculo se realiza conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CONAGUA-2015, Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, en la cual se pueden observar las variables de cálculo tanto en cuencas como acuíferos para determinar la cantidad promedio anual de agua que tiene disponible cada cuenca y cada acuífero en México. A través de esta NOM se determina la oferta de agua disponible para el otorgamiento de concesiones y asignaciones, así como modificaciones y prórrogas de las existentes.

Revisión, obtención y organización de la información básica y generación de un modelo de datos

PAIS: El Salvador

Institución Responsable del caso: Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA)

Tema: Descripción general de la cuenca o unidad territorial de gestión

Subtema: Revisión, obtención y organización de la información básica y generación de un modelo de datos

Título del Caso: Sistema de información hídrica (SIHI): instrumento técnico robusto, actualizado y vivo para la toma de decisiones

Descripción del caso(problemática /solución adoptada /resultados):

Anteriormente, El Salvador presentaba problemas en la dispersión de la información hídrica producto de múltiples esfuerzos aislados y en zonas puntuales, así como ausencia de continuidad en la generación de información. En algunos casos existían barreras entre instituciones y organizaciones para compartir los datos o información existentes. Esto era una limitante para la gestión integral de los recursos hídricos a nivel nacional y perjudicaba la toma de decisiones, la cual no se basada en información real y actualizada.

Esta situación ha sido superada, a partir de la entrada en vigor de la Ley General de Recursos Hídricos (LGRH), el 12 de julio de 2022 se crea la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA), instancia superior, rectora y normativa en materia de política hídrica, con responsabilidad en la administración, manejo y coordinación del Sistema de Información Hídrica (SIHI), que comprende la recopilación, almacenamiento, sistematización y difusión de la información sobre las aguas superficiales y subterráneas, demandas de agua y su calidad, información de recarga hídricas, y otras variables vinculado al manejo de los recursos hídricos.

Para la conformación del SIHI, la ASA ha establecido los mecanismos de cooperación, protocolos de intercambio y generación de información vinculada a los recursos hídricos con instituciones nacionales e internacionales, quienes la han suministrado.

Adicionalmente, producto de la implementación del marco normativo generado por la ASA con base a la LGRH, se cuenca con información real y actualizada sobre los usos, demandas y presiones en el recurso hídrico; el SIHI se ha convertido un instrumento técnico robusto, actualizado y vivo, para la toma de decisiones en la planificación de los recursos hídricos, así como en la gestión de proyectos en los bienes del dominio público hidráulico, lo cual se verá materializado en el Plan Nacional de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, en las autorizaciones para el uso o aprovechamiento de los recursos hídricos, así como para sustentar las actuaciones de protección y conservación de estos.

Lecciones aprendidas

En primer lugar, **es necesario establecer el marco lega**l que faculte a un ente rector en la administración y manejo de la información hídrica, y que permita el establecimiento de mecanismos de recolección e intercambio de información relacionada a los recursos hídricos.
En segundo lugar, es fundamental **formar una unidad especializada para la administración**, manejo y coordinación del SIHI, y establecer con las distinta instituciones nacionales e internaciones los mecanismos de cooperación, intercambio y generación de información vinculada a los recursos hídricos

Información adicional

Autoridad Salvadoreña del Agua. Sistema de información Hídrica, disponible en https://sihi.asa.gob.sv/

Uso del agua y asignación de recursos

Caudales ecológicos

PAIS: México

Institución Responsable del caso: CONAGUA

Tema: TAREAS BÁSICAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN HIDROLÓGICO

Subtema: Estudios para la determinación y establecimiento de caudales ecológicos: selección de los puntos en los que se debe determinar el caudal ecológico, el procedimiento de cálculo de dicho régimen y en los mecanismos establecidos para su implementación y control

Título del Caso: Determinación de caudales ecológicos y su inclusión en el balance de aguas superficiales como gestión integrada de recursos hídricos

Información Cartográfica

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La disminución de los escurrimientos disponibles en las cuencas hidrológicas, derivada de la competencia entre usos y la falta de planeación y regulación conforme la disponibilidad real del recurso es la problemática que se enfrenta no solo en México, sino en otros lugares del planeta.

Así, por ejemplo, con el desarrollo de las obras para el aprovechamiento del recurso superficial en las partes altas de las cuencas, no se consideraba la conservación de un escurrimiento hacia las partes bajas, y de igual forma, en el caso del agua subterránea, no consideró la descarga del acuífero hacia cuerpos de agua superficiales, por lo que además de afectar a los usuarios de las partes bajas, se afectaron los ecosistemas asociados a estos escurrimientos, de tal forma que en algunas cuencas se perdió conectividad hidrológica, tramos de ríos desaparecieron o solo en ocasiones particulares volvían a presentarse escurrimientos. Esto, evidentemente, alteró, modificó y provocó la desaparición de especies de flora y fauna.

Se define como caudal ecológico la cantidad, calidad y variación del gasto o agua requerida para preservar servicios ambientales, componentes, funciones, procesos y la resiliencia de ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen de procesos hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos y sociales. Esto implica que además de proveer agua para los usos doméstico, público urbano, pecuario y agrícola, se deben considerar y mantener caudales provenientes tanto del escurrimiento, como de las descargas de los acuíferos para la conservación de los ecosistemas lóticos (ríos perenes, intermitentes y efímeros), lénticos (lagos, lagunas, y humedales) y riparios, que sirven para conservar la biodiversidad y los servicios ambientales.

Si bien, en la reforma de la Ley de Aguas Nacionales publicada en 2004, se definió un uso ambiental o uso para conservación ecológica, al no existir una normatividad específica con respecto al caudal ecológico, el proceso y trámites para otorgar las concesiones y asignaciones para el uso, extracción o aprovechamiento de los escurrimientos en cuencas hidrológicas, no consideraban plenamente la necesidad de establecer un régimen de caudal, que como se señaló, es de gran importancia para la preservación de los ecosistemas: fluviales, lacustres, lagunares y estuarinos.

Así, en 2007, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) integró un grupo de trabajo para desarrollar un proceso detallado para determinar el caudal ecológico en cuencas hidrológicas. En aquel entonces, las experiencias de determinación de caudal ecológico en el país se limitaban a estudios desarrollados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) alrededor de 1996; así como a los inicios de los trabajos de la Alianza creada entre la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) para proponer nuevos modelos de manejo del agua en México. Estos trabajos resultaron pioneros, ya que se enfocaron en determinar caudales ecológicos a partir de la metodología denominada “construcción por bloques” (BBM), clasificada como holística y reconocida por su confiabilidad, y aplicarla con todo detalle al río Conchos en Chihuahua, para posteriormente replicar la experiencia en otras dos cuencas: la que conforman los ríos CopalitaZimatán-Huatulco en Oaxaca, y la del río San Pedro Mezquital en los estados de Durango, Zacatecas y Nayarit. La síntesis de estas experiencias generó suficiente conocimiento para nutrir e ilustrar las discusiones del grupo de trabajo sobre una Norma para determinar el caudal ecológico en cuencas hidrológicas, de tal forma que, en 2010, se integró una versión final de dicho instrumento. Esta Norma establece los principios y procedimientos para determinar un régimen de caudal ecológico, concepto que es reconocido por la Ley de Aguas Nacionales como uso ambiental o uso para conservación ecológica y que se define como el “caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos de agua, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema”

Entre sus aspectos más relevantes destaca el establecimiento de objetivos ambientales a partir de un balance entre la importancia ecológica y la presión de uso del agua de cada una de las 732 cuencas hidrológicas existentes en ese momento en el país; así como la incorporación de distintas metodologías jerarquizadas según la complejidad de la cuenca a analizar.

El 20 de septiembre de 2012 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. Esta norma es un instrumento indispensable para conservar y tratar de recuperar la funcionalidad ecológica del ciclo hidrológico, pero también es un instrumento para controlar de manera sistemática la alteración de este ciclo y sus efectos en la biodiversidad, ante el avance en los usos del agua.

Así, a partir de ese mismo año, se trabajó para determinar, mediante la aplicación de la Norma publicada, los caudales ecológicos en cinco zonas piloto: Papaloapan, Sierra Gorda, Copalita-ZimatánCoyula, Chamela y Acaponeta, abarcando un total de 32 cuencas hidrológicas, en las que participaron más de 100 expertos en diferentes disciplinas, de 15 universidades, 15 ONG, seis agencias de Gobierno Federal, cuatro Organismos de Cuenca y cuatro direcciones locales de la CONAGUA.

Se realizaron los estudios técnicos con la determinación de caudal ecológico aplicando la norma mexicana de caudal ecológico. Dos de ellos Papaloapan y Sierra Gorda fueron publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) y posteriormente después de cumplir con los trámites jurídicosadministrativos, se publicaron los Decretos de Reserva de agua firmados por el Ejecutivo Federal. Con estos dos decretos y considerando la conectividad hidrológica existente entre cuencas, se protegieron un total de 80 cuencas hidrológicas.

El establecimiento de una reserva de aguas superficiales para uso ambiental o para conservación ecológica, “protege” los caudales ecológicos calculados y asegura dichos volúmenes como parte de la gestión de los recursos hídricos, de tal forma que solo podrán concesionarse o asignarse para otros usos, los volúmenes remanentes después de considerar o separar los caudales ecológicos señalados en el decreto presidencial, mismos que fueron publicados en el DOF el 6 de junio de 2018.

Actualmente, en 297 cuencas hidrológicas de las 757 en que se ha dividido el país se han decretado reservas de aguas superficiales para uso ambiental o uso para conservación ecológica, y además en el resto de las cuencas se han estimado los caudales ecológicos necesarios, aunque no se han establecido los decretos de reservas correspondientes. Sin embargo, se han considerado dentro del proceso de Programación Hídrica, lo cual asegura proteger dichos volúmenes ante el otorgamiento de nuevas concesiones o asignaciones para uso, extracción y aprovechamiento de los volúmenes disponibles.

Considerar los caudales ambientales en los procesos de programación en cuencas, regiones hidrológicas o regiones hidrológicos administrativas, así como exigir el cumplimiento de caudales ecológicos en proyectos de infraestructura emprendidos por la propia CONAGUA y otras áreas de los gobiernos federal, estatales o municipales, así como por empresas, organizaciones o personas particulares es un paso más para la gestión integrada de los recursos hídricos en México.

Información adiccional

	RH	Cuenca	Acuerdo	Decreto
1	10	Sinaloa (El Fuerte)	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
2	11	San Pedro Mezquital	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
3	12	Santiago	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
4	14	Ameca	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
5	15	Costa de Jalisco	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación

6	19	Costa Grande de Guerrero	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
7	20	Costa Chica de Guerrero	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
8	25	San Fernando Soto La Marina	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
9	26	Pánuco	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
10	28	Papaloapan	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
11	28	Actopan	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
		La Antigua	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
12	29	Coatzacoalcos	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación
13	30	Grijalva-Usumacinta	DOF - Diario Oficial de la Federación	DOF - Diario Oficial de la Federación

Lecciones aprendidas

En primer lugar, es necesario establecer el marco legal que faculte a un ente rector en la administración y manejo de la información hídrica, y que permita el establecimiento de mecanismos de recolección e intercambio de información relacionada a los recursos hídricos.

En segundo lugar, es fundamental formar una unidad especializada para la administración, manejo y coordinación del SIHI, y establecer con las distinta instituciones nacionales e internaciones los mecanismos de cooperación, intercambio y generación de información vinculada a los recursos hídricos.

PAIS: Perú

Institución Responsable del caso: Autoridad Nacional del Agua (ANA)

Tema: Uso del agua y asignación de recursos

Subtema: Definición de caudales ecológicos

Título del Caso: Propuesta metodológica para la determinación de caudales ecológicos con fines de planificación hídrica a escala de subcuenca- Aplicada en la UH Pisco, Perú**.**

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La nueva base legal peruana de caudales ecológicos de 2019 requiere que el país cuente con un método que se puede usar en la planificación hídrica de las unidades hidrográficas del país a escala de subcuenca con una mirada holística y precautoria, y que se sirva a su vez para reportar el avance como país de la implementación del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS6), específicamente de las metas 6.4.2 y 6.6.1.

En ese sentido, se ha propuesto un **método para evaluar los caudales ecológicos**, teniendo en cuenta la información disponible para el Perú de variables ambientales, hidrológicos y socioeconómicos.

El método propuesto está alineado con los nuevos enfoques que existen a nivel internacional promovidos por la FAO, PNUMA, en el marco del ODS 6, para el cálculo de caudales ecológicos. En ese sentido, se desarrolló en una primera etapa con el apoyo de la ONG WWF-Perú el "Índice de Amenazas Ecohidrológicas -IAEH)" para definir a escala de subcuenca el nivel de presiones y amenazas

antrópica, y con base en éste determinar su Presente Estado Ecohidrológico (PEEH). Posteriormente, y con base en las Curvas de Duración de Caudales (CDC) obtenida del modelo SWAT que se elaboró, se determinan las Clases de Manejo Ecohidrológico (CMEH), que son cuatro escenarios posibles que se pueden seleccionar para mantener la integridad ecológica de los ecosistemas fluviales en el marco de la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).

El método se aplicó en tres subcuencas pertenecientes a la UH Pisco en el Perú, con diferentes niveles de perturbación y amenazas antropogénicas, a fin de estimar los caudales ecológicos y la cantidad de agua más adecuada que podría reservarse para proteger el ecosistema fluvial bajo una mirada de cuenca y subcuenca hidrográficas.

El método desarrollado busca contribuir con la Autoridad Nacional del Agua, a fin de conciliar las necesidades hídricas de los ecosistemas y las demandas de agua de los usuarios, lo cual es de gran importancia en cuencas con altos niveles de intervención y derechos de agua ya comprometidos, y en situaciones opuesta contribuye a mantener un caudal ecológico muy cerca de su régimen natural de flujo.

Lecciones aprendidas

- Los caudales ecológicos son un tema prioritario en el Perú y en la región, que se requiere implementar en el marco de la GIRH y de la Seguridad Hídrica para evitar el deterioro de la cuenca y sus ecosistemas hídricos (ríos, lagunas y humedales), en el marco de la actualización de sus Políticas y Estrategia Nacionales de los Recursos Hídricos y en la elaboración o actualización de los planes de gestión de recursos hídricos de cuencas.
- Se requiere que el país continúe generando o actualizando la información de aspectos ecológicos, hidrológicos y socioeconómicos en las cuencas y subcuencas del país, de manera que se acorten sus brechas, en particular, de la distribución de especies hidrobiológicas, estaciones hidrométricas, y generación de caudales a través modelos hidrológicos semidistribuido, lo cual permitirá continuar implementando la metodología propuesta. La alianza con la cooperación, ONG ambientalista y la academia puede contribuir en este cierre de brechas.
- En la etapa de determinación y selección de los escenarios del caudal ecológico en función de las clases de manejo Ecohidrológico, es clave que su implementación se lleve a cabo mediante talleres con los actores de la cuenca usando plataformas de articulación como los consejos de recursos hídricos de cuenca donde existan o a través de los órganos desconcentrados de la ANA.

Información adicional

Estudio Hidrológico base elaborado con el modelo SWAT para el desarrollo de la metodología: **https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5209**

Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas

Evaluación del estado de la calidad de las aguas y objetivos de calidad

PAIS: El Salvador

Institución Responsable del caso: Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA

Tema: Calidad de las aguas y conservación del medio hídrico y los ecosistemas

Subtema: Evaluación de la de calidad de las aguas

Título del Caso: Canon por Vertido: Regulaciones que establecen el valor ambiental, social y económico del recurso hídrico en El Salvador.

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

La calidad de las aguas superficiales se ha ido deteriorando progresivamente en El Salvador, el informe de calidad de agua 2020 del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales determino que el 71.3% de los sitios evaluados a nivel nacional presenta una calidad de agua “mala”, el 7.4% presenta una calidad de agua “pésima” y solo el 21.3% presenta una calidad de agua “regular”.

La Ley General de los Recursos Hídricos, es una Ley de carácter Especial, emitida mediante Decreto Legislativo número 253, de fecha 21 de diciembre de 2021, entrando en vigencia a partir del 12 de julio de 2022. Dicha Ley, conforme a su artículo 4, tiene entre sus finalidades crear la institucionalidad que ordene y articule los usos y aprovechamientos de los recursos hídricos, así como la gestión adecuada de los vertidos; así como, desarrollar instrumentos de planificación, técnicos, legales, económicos y financieros para la gestión integral del recurso hídrico. Estableciendo además en su artículo 10, que será la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) el ente rector de la gestión integral de los recursos hídricos y demás bienes que forman parte del dominio público hidráulico, a través del uso racional, aprovechamiento eficiente, manejo, protección, recuperación, conservación, mejoramiento y restauración del recurso hídrico.

La ASA con base a sus atribuciones establecidas en el artículo 13, literal j) de la referida Ley, ha elaborado el Reglamento para el establecimiento de cánones por vertido, cuya finalidad es contribuir a regular las condiciones, características y calidad de los vertidos de aguas residuales, así como el mejoramiento de las condiciones de los cuerpos de aguas receptores de dichas descargas, reducir los riesgos a la salud y para el ambiente relacionado a los vertidos de aguas residuales, asegurar el aprovechamiento posterior de dichos cuerpos de agua para otros usos, e incentivar patrones de comportamiento en los entes generadores que contribuyan a reducir la contaminación de los medios receptores, su protección y conservación.

El “Reglamento Especial Para La Determinación De Cánones Por Vertidos De Aguas Residuales A Medios Receptores”, elaborado por la Autoridad Salvadoreña del Agua busca operativizar la aplicabilidad de los reglamentos, normativas y lineamientos vigentes en el país en materia de calidad de aguas residuales, e incentivar a los generadores de aguas residuales en invertir en mejores tecnologías de tratamiento y adoptar prácticas para reducir la cantidad de los vertidos realizados a los medios recetores.

La finalidad del canon por vertido es contribuir a regular las condiciones, características y su calidad, así como el mejoramiento de las condiciones en los medios receptores que forman parte del dominio público hidráulico, reducir riesgos para el ambiente y especialmente a lo relacionado a la salud de las personas, asegurar su aprovechamiento posterior por otros usos y usuarios e incentivar patrones de comportamiento que contribuyan a reducir la contaminación.

Lecciones aprendidas

La protección y recuperación de la calidad de los recursos hídricos del país constituye uno de los grandes desafíos para asegurar el derecho humano al agua y al saneamiento, por lo que surge la necesidad de desarrollar e implementar instrumentos que contribuyan a la consecución de este derecho, para el establecimiento de un régimen económico es necesario contar estudios y análisis previos, para el establecimiento del canon por vertido, la ASA ha realizado un análisis de derecho comparado además de la Propuesta de Establecimiento de Precios Unitarios para el Canon por Vertido (CEDEX, 2022). Entrado en vigor este reglamento, operativiza la legislación vigente sobre las regulaciones de vertido de aguas residuales, permitiendo el cobro de canon por vertido con incentivo de reducción de valor por concentraciones de contaminantes bajo la norma, y desincentivo con incremento de valor ante mayor incumplimiento, así como el establecimiento de sanciones a los responsables de contaminación. El instrumento tiene el objetivo final de establecer condiciones orientadas a la recuperación progresiva de los cuerpos receptores con la disminución de descarga de contaminantes y las capacidades de tratamiento de agua residual.

Información adicional

Autoridad Salvadoreña del Agua. Marco Legal, disponible en https://www.asa.gob.sv/marco-legal/

Fenómenos extremos y cambio climático

PAIS: México

Institución Responsable del caso: CONAGUA

Tema: TAREAS BÁSICAS PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN HIDROLÓGICO

Subtema: Tratamiento dado a los fenómenos extremos, inundaciones y sequías en el plan hidrológico. Cambio climático

Título del Caso: Plan de Emergencia contra Inundación del Río Tula, Estado de Hidalgo

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

Uno de los principales problemas, relacionados con los efectos de avenidas extraordinarias que se han presentado sobre las diferentes corrientes que cruzan zonas urbanas del estado de Hidalgo; es que han producido desbordamientos que han puesto en peligro vidas humanas y bienes materiales, así como perdidas de cosechas en zonas con agricultura de riego y temporal ubicadas en las márgenes y valles que forman dichas corrientes. Así mismo y a causa del desconocimiento generalizado de los niveles ordinarios y extraordinarios que alcanzan las corrientes en época de avenidas, en las zonas urbanas existen casos recurrentes de invasiones de la zona federal de las corrientes, lo que ha provocado una reducción de la sección hidráulica y su capacidad de conducción que agrava el problema. En el estado de Hidalgo esta problemática se ha vuelto crítica en algunos tramos del Río Tula, incluidos sus afluentes que son utilizados para conducir los derrames de las presas que abastecen las zonas agrícolas del valle del Mezquital. El Río Tula toma su nombre a partir de la confluencia de los ríos Tepeji y El salto, este último conduce los escurrimientos de los desfogues de los Túneles Emisor Central y Emisor Oriente de la ciudad de México y del antiguo Tajo de Nochistongo. Al Río Tula también confluyen por su margen izquierda El Río Tlautla y El Río Rosas. Al coincidir las avenidas de todos estos afluentes, el tramo que se ubica entre las presas Requena y Endhó se vuelve crítico. Los fenómenos hidrometeorológicos que han provocado la alerta en la ciudad de Tula son las lluvias fuertes que se han presentado tanto en las partes altas de las cuencas de los ríos Rosas, Tlautla, y Tepeji (el cual se encuentra regulado por la presa Requena), como las lluvias presentadas en la Zona Metropolitana del Valle de México cuyas aportaciones provienen de los Túneles Emisor Central y Emisor Oriente y del río El Salto, y que han causado avenidas extraordinarias; por lo que se ha establecido una escala en el puente Metlac sobre el cauce del río Tula, siendo el parámetro de prevención la escala 2023.0 msnm, por lo cual se siguiere sea monitoreada en temporada de lluvias de manera permanente por personal de la Dirección de Protección Civil Municipal, mencionando que la CONAGUA, mantiene una estrecha comunicación con el Sistema de Protección Civil y autoridades municipales. Solución adoptada: Conjuntamente con autoridades municipales, se han realizado inspecciones en los cauces de los ríos Tula y Rosas, que cruzan la población, detectando áreas y puntos críticos y en este sentido se han llevado a cabo trabajos de desazolve, rectificación y encausamiento de los ríos Tula y Rosas; con el objeto de prevenir y disminuir daños a la ciudad de Tula.

Nombre del Río	***Muro de protección construidos Km.**		**Observaciones**
	Margen Derecha	Margen Izquierda	
Río Tula	1.5	1.5	Desazolve y estabilización de talud en puntos críticos en el Río Tula, tramo comprendido del puente la Tolteca al puente Metlac (centenario), Municipio de Tula de Allende, estado de Hidalgo, en el año 2005.
Río Rosas	0.8	0.8	Desazolve del Río Rosas en una longitud de 800 m., desde la confluencia con el Río Tula, municipio de Tula de Allende, estado de Hidalgo, en el 2005.

Río Rosas	0.6	0.6	Recubrimiento de los taludes del Río Rosas con gaviones en un tramo de 600 m., en su cruce por la ciudad de Tula de Allende, estado de Hidalgo, en el año 2007.
Río Rosas	3	3	Recuperación hidráulica y reforzamiento de bordos en Río Rosas, en puntos críticos, en un tramo de 3.0 km. En su cruce por la ciudad de Tula antes de su confluencia con el Río Tula, municipio de Tula de Allende, estado de Hidalgo, en el año 2008.
Río Tul (1)	0.35		Limpieza, desazolve y rehabilitación de bordo de protección a base de gaviones en la margen derecha, colindante con barda de protección del parque recreativo los Álamos, del km 8+860, en el año 2017.
Río (2)Tula	7.1		Rehabilitación de bordos de protección en ambas márgenes 2017.
Río (3)Tula	0.6		Limpieza de cauce en 3 tramos de 200 m. en una longitud total de 600 m., formación de bordos de protección, sobre la margen derecha 2017.
Río (4)Tula	3.9		Limpieza de cauce, construcción de bordos de protección, colindante con las colonias 16 de enero y La Malinche. Construcción de muros de protección colindantes con las instalaciones de la CFE, Preparatoria, en las colonias San Lorenzo, 16 de Enero, La Malinche y Confluencia con el río Rosas 2017.
Río (5)Tula	3.5		Construcción de muros de protección en colindancia colonia La Mora en una Longitud de 220 m., limpieza y rehabilitación de bordos de protección en una Longitud de 7,100.0 m 2017.
Río (6)Tula	200.0	413.5	Reposición del bordo de protección en diferentes puntos (5 tramos) en ambas márgenes en una longitud de 613.5 mts a la altura de la Malinche 3ª sección, a consecuencia de los daños en la infraestructura Hidráulica e Hidroagrícola ocasionados por las lluvias atípicas registradas el pasado 08 de septiembre de 2021
Río (7)Tula	Obras de desazolve, rectificación, ampliación y revestimiento del rio tula (2022 en proceso)		

La gestión de emergencias y la respuesta ante fenómenos naturales y antropogénicos en México representan un gran desafío debido a la alta vulnerabilidad de la población y las áreas de riesgo. La coordinación eficaz entre los distintos niveles de gobierno y las instituciones involucradas en el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC) es crucial para mitigar los impactos y mejorar la resiliencia de las comunidades. El SINAPROC, dependiente de la Secretaría de Gobernación, establece un sistema con enfoque de gestión integral de riesgos que permite a las autoridades y a la sociedad civil coordinarse de una manera eficiente y rápida en caso de un desastre y está integrado por todas las dependencias y entidades de la administración pública federal, por los sistemas de protección civil de las entidades federativas, sus municipios y las delegaciones; por los grupos voluntarios, vecinales y organizaciones de la sociedad civil, los cuerpos de bomberos, así como por los representantes de los sectores privado y social, los medios de comunicación y los centros de investigación, educación y desarrollo tecnológico. Asimismo, el CENAPRED es la institución técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil encargada de crear, gestionar y promover políticas públicas en materia de prevención de desastres y reducción de riesgos a través de la investigación, el

monitoreo, la capacitación y la difusión. Entre sus atribuciones se encuentran el apoyo técnico al SINAPROC, la integración del Atlas Nacional de Riesgos, la conducción de la Escuela Nacional de Protección Civil (ENAPROC), la coordinación del monitoreo y alertamiento de fenómenos perturbadores y promover el fortalecimiento de la resiliencia de la sociedad en su conjunto. En el caso de la Conagua, como se establece en el artículo 84 de la Ley de Aguas Nacionales vigente, la Conagua "determinará la operación de la infraestructura hidráulica para el control de avenidas y tomará las medidas necesarias para dar seguimiento a fenómenos climatológicos extremos, promoviendo o realizando las acciones preventivas que se requieran; asimismo, realizará las acciones necesarias que al efecto acuerde su Consejo Técnico para atender las zonas de emergencia hidráulica o afectadas por fenómenos climatológicos extremos, en coordinación con las autoridades competentes". Para el cumplimiento eficaz y oportuno de lo dispuesto en el artículo de referencia, la Comisión Nacional del Agua actúa en lo conducente a través de sus Organismos de Cuenca y Direcciones Locales. La Conagua participa en el SINAPROC en aspectos como las declaratorias de emergencia o de desastre que ingresan los gobiernos estatales en el país por la presencia de: sequía severa, lluvia severa, inundación pluvial, inundación fluvial y otros fenómenos meteorológicos (heladas, granizadas, fuertes vientos, tormentas eléctricas, etc.). El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) dependiente de la Conagua, es el organismo encargado de proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país. El SMN se encarga de la vigilancia continua de la atmósfera para identificar los fenómenos meteorológicos que pueden afectar las distintas actividades económicas y sobre todo originar la pérdida de vidas humanas. El SMN mantiene informado al SINAPROC sobre las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas; difunde al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones (mayo a noviembre); y realiza estudios climatológicos o meteorológicos, entre otras acciones. Por su parte, la Gerencia de Protección a la Infraestructura y Atención de Emergencias tiene atribuciones en materia de prevención y atención de daños por efectos de inundación, sismos, erupción volcánica y otros fenómenos naturales o situaciones de emergencia provenientes de operación de la infraestructura relacionados con el agua; coordina las acciones necesarias con el SINAPROC en materia de prevención, atención de daños derivados de la presencia de fenómenos e infraestructura hídrica; analiza y evalúa los planes de emergencia regionales de operación para prevenir daños por efectos de inundación, sismos y desastres diversos, relacionados en estos dos últimos casos con el agua, que formulen los organismos y los apoya en su formulación cuando así lo soliciten.

Información adicional

- Programa especial municipal lluvias y ciclones 2023.pdf
- DOF - Diario Oficial de la Federación
- DOF_2018_07_13_MAT_sg2a__1_.pdf
- SGAPDS-1-15-Libro3.pdf

Lecciones aprendidas

- Continuar con las acciones de conservación y mantenimiento en las obras hidráulicas a cargo de la CONAGUA, como son las presas existentes de la zona.
- Atender las acciones correspondientes de limpieza, desazolve y obras de protección en el río Tula y en los arroyos que cruzan la zona urbana de Tula de Allende.
- La Información que se proporcione sobre los gastos que transiten sobre el rio tula, permitirá a Protección Civil Municipal, disponer de mayores elementos para efectuar las acciones de evacuación de acuerdo a su protocolo de respuesta.
- Es necesario sostener comunicación y coordinación con autoridades federales de otras dependencias.
- La CONAGUA continuará con el seguimiento de la información meteorológica, hidroclimatológica, de almacenamiento y desfogue de los ríos manteniendo informado al Comité Estatal de Emergencias de la situación durante la temporada de lluvias

Participación pública

PAIS: Uruguay

Institución Responsable del caso: Ministerio de Ambiente. Dirección Nacional de Aguas

Tema: Participación pública en el proceso de elaboración de los planes hidrológicos

Subtema: Participación pública en el proceso de elaboración de los planes hidrológicos

Título del Caso: Participación Pública en el Proceso de elaboración del Plan Nacional de Aguas en Uruguay

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

Un Plan de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos implica necesariamente la más amplia participación de la sociedad en general. La construcción participativa asegura condiciones para la consideración de los diversos intereses, los posibles conflictos, las capacidades existentes a lo largo y ancho del territorio y la construcción de acuerdos (PNA, 2017).

La normativa uruguaya prevé espacios de participación integrados por usuarios, gobierno y sociedad civil, con las competencias de asesorar a la Autoridad de Aguas en materia de planificación, gestión y control de los recursos hídricos. Estos espacios de participación se denominan: Consejos Regionales de Recursos Hídricos, Comisiones de Cuencas y Acuíferos y la Comisión Asesora de Agua y Saneamiento y jugaron un papel relevante en la formulación y consulta del Plan Nacional de Aguas.

El Plan Nacional de Aguas de Uruguay que fue aprobado por Decreto del Poder Ejecutivo en el año 2017 fue el resultado de un largo proceso de participación que comenzó en el año 2010 y que tuvo diferentes etapas:

1. *Etapa de preparación.* Se definió un grupo de coordinación (que fue cambiando su integración a lo largo del tiempo durante el proceso de construcción), y se realizaron varias jornadas internas con técnicos de la Dirección Nacional de Aguas y otros técnicos del MA relacionados para acordar el contenido y alcance, que con el correr del tiempo y el avance del proceso se iba modificando y adaptando.
2. *Etapa de formulación*. En esta etapa los técnicos de la Dirección Nacional de Aguas en articulación con técnicos del MA y de otras instituciones fueron recopilando y analizando informes, generando información y redactando secciones. El contenido era aportado desde varios sectores: academia, instituciones de gobierno, instituciones de la sociedad civil, centros de investigación, sector productivo, en su mayoría miembros de los Consejos Regionales de Recursos Hídricos y las Comisiones de Cuencas y Acuíferos, así como de grupos específicos de trabajo, consultorías extranjeras y nacionales financiadas por la cooperación internacional. Una serie de instancias de intercambio y discusión permitieron obtener un documento que integraba las sugerencias de un importante grupo de personas directamente involucradas en la formulación de políticas públicas que impactan en las aguas y en su gestión. Al finalizar esta etapa se contaba con un documento borrador del plan.

   Etapa de consulta pública. Si bien desde su formulación el plan se iba nutriendo de varios aportes provenientes de los espacios de participación institucionales, en el año 2016 se abrió una consulta pública a toda la sociedad con el documento borrador del plan como referencia. Esta consulta consistió en la revisión del plan en diferentes espacios. Por un lado, en los ámbitos específicos de asesoramiento en materia de aguas como los Consejos Regionales de Recursos Hídricos y las Comisiones de Cuencas y Acuíferos, la Comisión Asesora de Agua y Saneamiento, con integrantes relacionados a la planificación, gestión y control de las aguas, así como se consultaba formalmente a las instituciones de gobierno con competencia en la materia. El proceso de consulta se acompañó con actividades de difusión y de comunicación para favorecer el intercambio y la recepción de aportes. Se realizaron jornadas

abiertas al público en general en varias localidades del país; estas jornadas incluían la presentación del borrador del plan y las reflexiones de referentes locales sobre diferentes áreas temáticas, así como los aportes del público en general. También se participó de charlas específicas organizadas por la academia o por la sociedad civil, en donde se analizaba el borrador del plan desde diferentes perspectivas. Se generaron materiales audiovisuales en las redes con conceptos fundamentales sobre la temática de agua y con el proceso de elaboración del Plan. De forma simultánea se realizó un convenio con la Universidad de la República para someter el borrador del Plan Nacional de Aguas a un proceso de "Deliberación Ciudadana" en donde se podía relevar la opinión del ciudadano en general.

Para obtener más información sobre los espacios de consulta formal en el marco de los Consejos Regionales y las Comisiones de Cuencas y Acuíferos se sugiere ingresar a: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/consejos-regionales-recursos-hidricos-ccrrhh y a **https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-aguas**

Para acceder a la información del proceso de Deliberación Ciudadana: https://www.deciagua.uy/

4. *Etapa de procesar los aportes y realizar una redacción final.* Los aportes recibidos por varias vías (oficios, relatorías de reuniones, actas, informes, otros) fueron sistematizados y agrupados en:

1. preguntas frecuentes y principales tema de consulta
2. cambios al documento ya sea por revisión, aclaración de contenido, incorporaciones conceptuales, o reorganización del contenido.
3. Aportes a líneas de acción: revisión e incorporación de contenidos en los programas y proyectos en su descripción, metas y responsables
4. Otros aportes a escala local que se registraron para la elaboración de los planes de cuenca y acuífero

Existe normativa que indica que la sociedad civil y los usuarios deben participar de los procesos de planificación, gestión y control de los recursos hídricos (Artículo 47 de la Constitución de la República, Ley de Política Nacional de Aguas (Nº18.610/009). Hay decretos reglamentarios donde se establece la formación y la competencias de los Consejos Regionales de Recursos Hídricos y las Comisiones de Cuencas y Acuíferos y a su vez hay reglamentos que mencionan la forma en que se participa. Ver: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/consejos-regionales-recursos-hidricos-ccrrhh.

Por otro lado, existe normativa que regula la forma en que se deben realizar las Audiencias Públicas. Ver más información en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/audiencias-publicas

Se realizaron diversas actividades de devolución del proceso de consulta y sistematización en los ámbitos de participación para la gestión integrada del agua y en actividades promovidas por la academia o por la sociedad civil.

5. *Etapa de aprobación e implementación.* En esta etapa se formalizó la aprobación del plan mediante el Decreto del Poder Ejecutivo No. 205/017 y su posterior publicación en formato papel y on line. Se continuó con las actividades de difusión del Plan y con la campaña de comunicación con materiales audiovisuales. Por otra parte, se organizaron los equipos de trabajo en la interna de la DINAGUA y MA, para realizar el seguimiento de la implementación de cada uno de los programas y proyectos.

Lecciones aprendidas

- La existencia de un marco normativo e institucional de rango constitucional y legal que habilite/enmarque el proceso de planificación es una fortaleza. Sin embargo, es necesario contar con la voluntad política de implementar un proceso participativo de construcción de un plan de gestión integrada de recursos hídricos en todas sus escalas; es decir el compromiso político de las autoridades nacionales y locales con competencia en materia de aguas y recursos naturales asociados para formular, ejecutar los proyectos y controlar su cumplimiento/ en todas las fases de la planificación.
- Los recursos humanos de las instituciones involucradas concentran gran parte del conocimiento, por tal motivo es necesario que todos los técnicos se involucren en el proceso y trabajen con los usuarios y la sociedad civil para compartir las visiones y reconstruir la visión colectiva en la materia. Todas las opiniones cuentan, tienen su lugar y suman a la política nacional y local de las aguas
- Es necesario e imprescindible abordar el proceso de forma interinstitucional e interdisciplinaria de forma pública y transparente para una mayor difusión, comprensión y aprehensión/incorporación de la complejidad de la temática en territorio en todos sus niveles.
- El equipo técnico de trabajo debe contar con un componente fuerte en comunicación. En el desarrollo del proceso, se vuelve fundamental contar con herramientas que apoyen la difusión y comprensión de los temas tratados en todos los grupos humanos involucrados en la temática.
- Es importante contar con un equipo que coordine/lidere el proceso de participación en ámbitos formales (Consejos y Comisiones de Cuenca) e informales (jornadas de intercambio con grupos de interés, otros).
- El proceso de elaboración de planes de gestión integrada del agua es un trabajo en red, que se ve fortalecido por una estrategia en etapas con variadas vías para la recepción de aportes, intercambio, consulta y acompañado de un programa de comunicación para la integración de aportes y de las diferentes visiones al agua.
- La construcción colectiva en la planificación es fundamental para que integren los diferentes enfoques, visiones, necesidades y capacidades de la temática de agua en el territorio, donde se incluyen y articulan acciones existentes y necesarias para la gestión integrada del agua, generando acuerdo y compromisos que promueven su ejecución.

La cuestión transfronteriza

Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos

PAIS: Argentina

Institución Responsable del caso: Ministerio de Economía. Subsecretaría de Recursos Hídricos.

Tema: Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos.

Subtema: Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos

Título del Caso: Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG)

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

El Sistema Acuífero Guaraní (SAG) es un sistema de aguas subterráneas transfronterizas, presente en grandes porciones del subsuelo de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Representa una de las mayores reservas de agua dulce del mundo y es un componente integral del contexto socioeconómico regional. En los cuatro países que tienen al SAG, la gestión de aguas subterráneas era un tema poco discutido y sin respaldo político en la región. Las iniciativas existentes se limitaban a las regiones en las cuales históricamente las aguas subterráneas cumplieron un papel relevante. A pesar de ser denominada "integrada", la gestión del agua se ocupaba en general de los recursos de superficie – lo que es justificado para el caso de la región del SAG, por factores históricos y por la enorme disponibilidad de agua superficial. A su vez, el importante papel de las aguas subterráneas en el mantenimiento de los ecosistemas era muchas veces ignorado. Había una escasa producción académica sobre el tema "aguas subterráneas" en comparación con los estudios realizados sobre aguas superficiales. Eran casi inexistentes los bancos de datos de pozos tubulares y acuíferos. Gran parte de la población, del sistema formal de enseñanza y la sociedad civil no tenían acceso a información consistente sobre acuíferos, aguas subterráneas, y menos aún sobre el SAG. El escenario descrito fue el punto de partida de la elaboración de la propuesta inicial del Proyecto de Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG). El PSAG fue solicitado y ejecutado por los Gobiernos de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). El proyecto dirigido a la sostenibilidad a largo plazo del SAG fue formulado y adoptado por parte de Argentina, Brasil, Uruguay y Paraguay y se ejecutó entre los años 2003 y 2009, con la participación de los cuatro países del acuífero.

Durante la ejecución del PSAG, y en gran medida gracias a él, las estructuras técnicas, legales e institucionales relacionadas a la gestión de los recursos hídricos subterráneos se desarrollaron de forma acelerada. Definitivamente el tema "aguas subterráneas" fue introducido en la agenda de los cuatro países que acogen al SAG. El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG) cumplió el objetivo final de proveer un marco de gestión para este importante acuífero en apoyo al manejo sostenible del agua subterránea en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. De la ejecución del Proyecto, se definieron las acciones más convenientes a ser ejecutadas en cada país y en cooperación entre los cuatro países en la región del Sistema Acuífero Guaraní (SAG). El avance del conocimiento de la dinámica y calidad de los flujos de las aguas subterráneas y las características de su uso mediante pozos perforados reconoció que la gestión sustentable del agua subterránea se debe atender tanto en los niveles regionales como locales, abarcando ámbitos provinciales/estaduales, nacionales y trasfronterizos. A partir de la realidad y del conocimiento de las necesidades del proceso de gerenciamiento hídrico en cada país, también fueron desarrollados instrumentos de gestión específicos para aguas subterráneas, así como capacitación técnica y difusión de conocimientos. Algunos de los productos como el mapa básico del SAG, por la innovación que significa, fue merecedor de premio internacional dentro del proceso de ejecución

del proyecto. Asimismo, el PSAG dio origen a una base de datos de pozos existentes y a un conjunto de mapas temáticos que fueron introducidos en el sistema de información geográfica (SISAG), con acceso al público como apoyo a los procesos de decisión de los organismos gestores de las aguas subterráneas, sean ellos nacionales o subnacionales (como en los Departamentos y Provincias en los países federativos). Los organismos gestores cuentan también con una red de monitoreo de pozos y con modelos matemáticos de simulación de escenarios de uso para la definición de medidas de protección de las aguas subterráneas en las cuatro áreas piloto y en la región. Es así como el fructífero proceso de cooperación regional del PSAG permitió tanto los avances específicos logrados en el SAG, como aquellos que se alcanzaron en un marco más amplio de integración regional. Tras seis años de un intenso trabajo colectivo de construcción de conocimiento y de un profundo proceso de interacción entre los sectores relacionados con la gestión de recursos hídricos en La Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, surgió el documento PEA (PAE) que sintetiza la ejecución de las propuestas elaboradas y reúne acciones estratégicas de corto y medio plazo, siendo su objetivo a largo plazo implementar una gestión coordinada y sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG). El PEA fue posible gracias al esfuerzo de interacción entre las instituciones gubernamentales nacionales y provinciales/estaduales del sector, las empresas contratadas, los sectores académicos y de la sociedad civil involucrados. Otros actores cooperantes, como el Servicio Geológico de Alemania (BGR) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), colaboraron para alcanzar con éxito los objetivos del Proyecto. El PEA (PAE) continúa vigente, pero aún se requiere hacer mucho más para la gestión sostenible del agua subterránea y de los recursos del SAG. Fortalecer la gestión local para un abordaje mejor de los problemas y adecuación de las soluciones es uno de los grandes desafíos. La implementación de cada una de las acciones prioritarias definidas en el PEA será de importancia fundamental para cada país y para cada región.

Es por ello por lo que, a los fines de garantizar y armonizar la gestión del SAG, los cuatro países solicitaron un nuevo proyecto GEF para aplicar acciones del Programa de Acción Estratégica destinado a la sostenibilidad a largo plazo de este enorme recurso de agua dulce. En el año 2019 se obtuvo el apoyo financiero del GEF para la ejecución del proyecto “Implementación del Programa de Acción Estratégico (PEA/PAE) del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): posibilitando acciones regionales”. También, producto del conocimiento y la concientización de la importancia regional del SAG, se firma el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, celebrado entre la República Argentina, la República Federativa del Brasil, la República del Paraguay y la República Oriental del Uruguay, siendo uno de los primeros acuerdos internacionales para la gestión de un acuífero transfronterizo. En argentina, es la Ley N° 26.780, sancionada el 31-10-2012.

Proyecto de Porte Medio (PPM) "Implementación del Programa de Acción Estratégico (PAE) del Sistema Acuífero Guaraní (SAG): Posibilitando Acciones Regionales" (PPM/PAE-SAG).

El objetivo del GEF actual es ayudar a los países a implementar las acciones regionales del Plan de Acciones Estratégicas (PAE), estableciendo los marcos de coordinación técnica y las herramientas de gestión que permitirán la ejecución coordinada y armonizada de las acciones prioritarias en cada uno de los países, indispensables para el cumplimiento de las disposiciones del Acuerdo sobre el Sistema del Acuífero Guaraní que garantizarán la sostenibilidad a largo plazo del recurso.

<u>Implementación del Programa de Acción Estratégico del Sistema Acuífero Guaraní (PAE/SAG): posibilitando acciones regionales</u>

Proyecto de tamaño mediano (del tipo one-step Approval)

- Área: Aguas Internacionales
- Plazo de ejecución: 2 años
- Aprobado por GEF (Fondo Mundial para el Medio Ambiente) el 20 de noviembre de 2019
- Fecha de inicio: agosto de 2022
- Agencia de Implementación: CAF (Banco de Desarrollo de América Latina)
- Agencia de Ejecución: UNESCO PHI-LAC (Programa Hidrológico Intergubernamental de
- la UNESCO en América Latina y el Caribe) con apoyo técnico de CeReGAS (Centro

- Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas)
- Países: Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay
- Financiación: U$S 2.000.000 (1er año: U$S 1.200.000, 2do año: U$S 800.000

El proyecto tiene tres componentes:

- Consolidación de la cooperación técnica transfronteriza
- Diseño y prueba piloto de campo de redes y protocolos de monitoreo
- Participación de stakeholders, incorporación de perspectiva de género, difusión y
- creación de capacidades

En base a las recomendaciones del PAE se propone la institucionalización y conformación de dos Comités Técnicos.

Comité de Monitoreo y Modelos (CMM): Este comité incluye representantes de la comunidad científica y de las entidades responsables de los recursos hídricos de cada país. Los países nombran a sus representantes y exploran los instrumentos normativos que aseguren la sostenibilidad del monitoreo coordinado en áreas de influencia transfronteriza.

Comité de Intercambio de Información, Desarrollo de Capacidades y Difusión (CCD): Representan la institucionalización, de las Comisiones Técnicas creadas por PSAG y permiten la coordinación técnica necesaria durante la implementación de PAE. Ambos comités estarán conformados por especialistas técnicos nacionales designados por cada país. Cada comité tiene su propio cronograma de reuniones y plan de trabajo. La expectativa es que se reúnan presencialmente y/o virtualmente como mínimo una vez al año – frecuencia que puede incrementarse según necesidad. El propósito de las actividades es responder a la necesidad de información periódica fiable de los pozos a fin de producir conjuntos de datos sobre la calidad y cantidad del agua de manera similar a lo que están haciendo los países para las aguas superficiales y meteóricas, con mediciones sistemáticas y periódicas. El monitoreo del agua subterránea es una herramienta vital para la gestión del agua subterránea, ya que permite conocer lo que sucede en el acuífero, respecto a la cantidad y calidad del mismo. Esto permitirá poner en marcha una Red Regional de Monitoreo que requerirá de una fase piloto, lo cual ayudará a las instituciones de los cuatro países a desarrollar y aplicar la metodología de monitoreo. Esta implementación paso a paso hará posible ajustar los procedimientos y la metodología con base en la experiencia adquirida en el campo mientras se fortalece la capacidad de las instituciones relevantes en cada país. En esta fase se definen los pozos representativos a incluir en la red. El número total de pozos de monitoreo para la fase piloto será de 35 (15 en el Brasil, 8 en el Paraguay, 6 en la Argentina y 6 en el Uruguay). Los pozos que ya pertenecen a las redes nacionales de monitoreo del SAG se incluyen como parte de la contribución de contraparte.

<u>Principales actividades a cargo del Comité Técnico de Monitoreo y Modelación</u>

Definición de las áreas de interés prioritario, incluyendo las zonas de influencia transfronteriza como Pedro J. Caballero (Py) – Ponta Pora (Br) // Artigas (Uy) – Quaraí (Br), y otras identificadas en el Análisis de Diagnóstico Transfronterizo (ADT/PAE)

- Elección de los pozos de monitoreo.
- Adquisición e instalación de instrumentación automática de fondo de pozo,
- (piezometría, conductividad, temperatura), data-loggers y equipos de transmisión.
- Definición de procedimientos de muestreo de fondo de pozo de aguas subterráneas,
- análisis químico en laboratorios certificados.
- Definición de la frecuencia de monitoreo de acuerdo a las características
- hidrogeológicas del acuífero en el sitio seleccionado (afloramiento, confinado somero,
- etc.).
- Definición del sistema de almacenamiento de datos, y de los protocolos de intercambio
- y reporte de datos.

El monitoreo de los niveles y la calidad del agua subterránea brinda al propietario del pozo información importante para gestionar eficientemente el recurso, proteger la calidad del agua

(identificando posibles contaminantes o cambios en la composición química), cumplir con la normativa, ahorrar costos y tomar decisiones informadas, ayudando así a gestionar de manera más eficiente el uso del agua, evitando la sobreexplotación y garantizando su disponibilidad a largo plazo.

A los fines de establecer las perforaciones a monitorear para el piloto de la red de monitoreo regional del SAG en Argentina, se mantuvieron reuniones en el marco de la Mesa de Coordinación Federal del Sistema Acuífero Guaraní (Consejo Hídrico Federal COHIFE- Nación). Esta mesa está integrada por las autoridades del agua de las provincias del Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Misiones y Santa Fe, junto con la Subsecretaría de Planificación y Gestión Operativa de Proyectos Hídricos del Ministerio de Obras Públicas, como representante del Estado Nacional.

En estas instancias de diálogo con las provincias, se identificaron las perforaciones que llegaban al SAG, que cumplieran con el objetivo regional de pozo espejo con los países de Brasil, Uruguay y Paraguay (de ser posible). Para el caso de la provincia de Entre Ríos, se definió incorporar una de las perforaciones que integran y son parte del Sitio Piloto Salto-Concordia.

Principales actividades a cargo del Comité de Intercambio de Información, Desarrollo de Capacidades y Difusión (CCD):

- Participación de stakeholders
- Incorporación de perspectiva de género
- Difusión y creación de capacidades

El Comité de Capacitación y Difusión es el encargado de la actualización del Análisis de Diagnóstico Transfronterizo /Programa de Acción Estratégico (ADT)/(PAE), la sensibilización de los interesados, la difusión de información general sobre SAG y específica del proyecto, la implementación de iniciativas educativas, junto con la creación de capacidades y la incorporación de la perspectiva de género, estos aspectos son considerados por los países como de suma importancia para el éxito del proyecto y la sostenibilidad de la utilización de los recursos del SAG. Existe consenso entre los países respecto a la gestión y protección de las aguas subterráneas, la cual debe considerar los ecosistemas y los posibles impactos del cambio climático sobre el recurso, integrando la participación de todos los interesados, incluidas las mujeres, los pueblos indígenas, el sector privado y la sociedad civil. El resultado buscado es la participación plena y equilibrada en cuanto al género de las partes interesadas y de la sociedad civil, difusión de información general sobre el SAG y específica del proyecto, refuerzo de la capacidad e integración de la consideración del género, los ecosistemas y el clima en el PAE, mejorar la eficacia, la sostenibilidad a largo plazo y la replicación de los resultados del proyecto

Actividades a ejecutar:

- Implementación del plan de participación de las partes interesadas
- Preparar material de difusión y generar incentivo a la participación
- Difusión del proyecto SAG por medio de las redes sociales
- Realización de eventos regionales de sensibilización pública y creación de capacidad
- sobre gestión de aguas subterráneas y cuestiones ambientales, involucrando a las
- organizaciones, de la sociedad civil, pueblos indígenas, comités, consejos de cuenca, el
- sector privado, instancias locales – sub-nacionales del gobierno y otras partes
- interesadas

Lecciones aprendidas

- Beneficios de la cooperación entre países al crearse sinergias para abordar desafíos
- similares en la gestión del SAG.
- Las buenas prácticas adoptadas en los arreglos organizativos del PSAG analizadas y
- replicadas, con adaptaciones por las instancias institucionales existentes, de acuerdo
- con su propia experiencia como organismos ejecutores de los países.

- Valorar la oportunidad de acceder a información de datos y tendencias que ayuden a
- encontrar soluciones a situaciones futuras no detectadas previamente.
- The Guarani Aquifer Project-Lessons Learnt to an Aquifer Managment System:
- https://iwlearn.net/documents/24461

Información adicional

Links a información necesaria de cara a la inclusión del caso en la versión definitiva de la guía de planificación hidrológica.

- Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG) – CeReGAS – Centro Regional para la Gestión de Aguas Subterráneas
- Acuifero Guarani – Consejo Hidrico Federal
- https://iwlearn.net/iw-projects/974

PAIS: Brasil

Institución Responsable del caso: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Tema: Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos.

Subtema: Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos.

Título del Caso: Gestión integrada de los recursos hídricos en la cuenca amazónica

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

El **"Proyecto Amazonas: Acción Regional en el Área de Recursos Hídricos"** fue firmado el 6 de julio de 2012, con el objetivo de apoyar el uso sostenible de los recursos hídricos en la Región Hidrográfica Amazónica. La primera fase del proyecto fortaleció las capacidades de las instituciones responsables de la gestión de los recursos hídricos en los países miembros de la OTCA. El proyecto está alineado con la Agenda Estratégica para la Cooperación Amazónica y beneficia a las agencias nacionales, la sociedad civil y otras instituciones que trabajan con los recursos hídricos y el medio ambiente en la cuenca amazónica. La Agencia Nacional de Agua y Saneamiento Básico (ANA) y la Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores (ABC/MRE), con el apoyo del Servicio Geológico de Brasil (CPRM), son las instituciones coordinadoras, y la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) es la institución ejecutora.

El proyecto se inició en 2012 y aún está en curso, con el objetivo de promover la integración y la cooperación técnica entre los países miembros de la OTCA (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela) con respecto a la gestión de los recursos hídricos.

La primera fase del proyecto (julio de 2012 a junio de 2017) se centró en el intercambio de sistemas de información, capacitación de técnicos y apoyo para la estructuración de una red de monitoreo hidrológico en la cuenca amazónica. Uno de los principales resultados alcanzados en esta fase del proyecto fue el avance en los diálogos para la construcción de la integración y disponibilidad de datos hidrometeorológicos y de calidad del agua para la Región Amazónica. En esta fase, se adquirieron e instalaron seis estaciones de monitoreo con telemetría en Bolivia, Colombia y Perú, con el apoyo técnico de la Agencia Nacional del Agua (ANA) de Brasil.

En la segunda fase del proyecto (2017-2023), la atención se centra en el fortalecimiento de las acciones de cooperación técnica en la gestión de los recursos hídricos, incluida la implementación de

redes compartidas de monitoreo hidrometeorológico, la estructuración de una base de datos sobre recursos hídricos y cambio climático y la difusión de conocimientos. En este contexto, se produjo la implementación de la Red Hidrológica Amazónica (RHA) y la creación de la Red Regional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RR-MCA). Además, se están llevando a cabo estudios para profundizar el conocimiento sobre la gestión de los recursos hídricos en la cuenca amazónica, especialmente en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 6 (acceso al agua) y 13 (acción climática), y propuestas de protocolos para la instalación, adecuación y operación de estaciones hidrológicas para monitorear la cantidad y calidad de las aguas superficiales de la cuenca amazónica, buscando la armonización entre los países de la región. Uno de los principales resultados alcanzados hasta el momento (julio de 2023) fue la implementación del Módulo de Recursos Hídricos y el Módulo Integrador de Redes Amazónicas, ambos en el Observatorio Regional Amazónico (ORA, https://oraotca.org/).

También cabe destacar la conclusión del Informe sobre el Estado de la Calidad del Agua en la Cuenca Amazónica (Resumen Ejecutivo: http://otca.org/en/project/status-of-water-quality-in-the-amazon-basin/).

Lecciones aprendidas

1. Datos e información para la gestión integrada de los recursos hídricos analizados, sistematizados y puestos a disposición;
2. Promoción de la difusión del conocimiento sobre la realidad amazónica;
3. Mejora de la capacidad técnica de las instituciones responsables de la gestión de los recursos hídricos de los países.

El proyecto y sus resultados fortalecen el intercambio de información técnica y experiencias entre los países que comparten la cuenca amazónica, lo que ha llevado a una mayor integración en las acciones de gestión de los recursos hídricos en la región, así como a una mayor aproximación y espacio de negociación entre los países. En el caso específico de Brasil, el país está aguas abajo de los demás, lo que genera una mayor necesidad de obtener información hidrológica de los países ubicados aguas arriba para una gestión más eficiente de eventos críticos, como las inundaciones que ocurren en el río Madeira, y de usos como la navegación y la generación de energía hidroeléctrica.

Información adicional

https://www.oraotca.org/pt
https://unece.org/environment-policy/publications/good-practices-and-lessons-learned-data-sharing-transboundary

PAIS: Uruguay

Institución Responsable del caso: Ministerio de Ambiente. Dirección Nacional de Aguas

Tema: Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos

Subtema: Gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos

Título del Caso: Sistema Acuífero Guaraní

Descripción del caso (problemática /solución adoptada /resultados):

Los recursos hídricos de Uruguay se agrupan en tres regiones hidrográficas transfronterizas: Río Uruguay, Laguna Merín y Río de la Plata y Frente Marítimo. Dentro de la región hidrográfica del Río

Uruguay está comprendido el Sistema Acuífero Guaraní (SAG), cuyas aguas se comparten entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

Desde el año 2000 Uruguay cuenta con un Decreto 214/00 en donde se aprueba el Plan de Gestión del Acuífero Infrabasáltico Guaraní, para atender la problemática existente entre las perforaciones termales y reglamenta la explotación del SAG infrabasáltico aplicado para aguas termales en el territorio nacional. Por otro lado, la resolución 769/2001 del Poder Ejecutivo reglamenta el funcionamiento de la Junta Asesora del Acuífero Guaraní que se integra por el gobierno y los usuarios y tiene dentro de sus funciones asesorar y colaborar con la autoridad de aguas en lo relativo a la planificación, gestión y control del uso exclusivamente termal del agua del SAG, en el territorio nacional.

En el periodo de 2003-2009 se crea y ejecuta el Proyecto Ambiental y Desarrollo Sostenible del SAG (PSAG) como iniciativa de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay para aumentar el conocimiento referente al acuífero y proponer medidas de carácter técnico, legal e institucional para su gestión sostenible. El proyecto contó con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés), la implementación estuvo a cargo del Banco Mundial y la ejecución la realizó la Organización de los Estados Americanos (OEA).

El PSAG fue organizado en siete componentes con actividades interrelacionadas que permitieron caracterizar el Sistema Acuífero Guaraní en función de sus particularidades; comportamiento hidrogeológico, aprovechamiento, preservación, su relación con comunidades e instituciones, en particular las necesidades de planificación y ordenamiento del territorio para mejorar la gestión sostenible de sus aguas. Todo esto contribuyó a producir bases técnicas para el Programa Estratégico de Acción (PEA) que provee un marco de gestión para el manejo sostenible del agua subterránea en Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Como consecuencia de los avances mencionados se desarrolló regulación sobre aguas subterráneas en los cuatro países del SAG, se ajustó la normativa existente y se generó normativa con mayor precisión técnica.

Finalizado el PSAG en 2009, cada uno de los países comenzó un periodo de gestión del SAG por separado, pese a que en 2010 todas las partes firmaron el Acuerdo sobre el Acuífero Guaraní, este entró en vigor el 26 de noviembre de 2020. Si bien el acuerdo prevé la soberanía de cada Estado sobre los recursos en su territorio, también obliga a que se tomen todas las medidas necesarias para evitar que se causen perjuicios sensibles a las otras partes o al ambiente, teniendo como objetivo general la gestión sostenible del acuífero.

Paralelamente al PSAG, en Uruguay durante el año 2004 la reforma del Art. Nº 47 de la Constitución de la República, da lugar a una nueva Política Nacional de Aguas cuyos principios rectores se encuentran establecidos en la Ley Nº 18.610/009 y reglamentada entre otros por el Decreto 262/2011 que constituye, en la órbita del Ministerio de Ambiente (Ex-Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente), el Consejo Regional de Recursos Hídricos para la Cuenca del Río Uruguay y finalmente el Decreto Nº 183 del 20 de junio de 2013 crea la Comisión del Sistema Acuífero Guaraní a nivel nacional que se integra con representantes del gobierno, de los usuarios y de la sociedad civil en la planificación, gestión y control de los recursos hídricos. La Comisión del SAG liderada por la Dirección Nacional de Aguas del Ministerio de Ambiente es el espacio que toma las principales recomendaciones elaboradas por el PSAG y las comienza a implementar y plasmar en el Plan de Gestión Integrada del SAG a nivel país. De esta forma se asegura que los lineamientos que fueron consensuados entre los 4 países con la finalidad de realizar una gestión compartida del SAG son efectivamente aplicados a nivel del territorio uruguayo, contribuyendo desde el ámbito nacional a la gestión compartida del SAG.

Lecciones aprendidas

- Los organismos internacionales, tanto de financiamiento o de cooperación técnica, tienen un papel muy importante para promover la gestión integrada de las aguas transfronterizas.

- Los acuerdos internacionales deben ser alcanzados, pero eso no es condición suficiente para que se implemente la gestión conjunta.

- A nivel nacional los países deben de tener espacios de planificación, gestión y control que mantengan un diálogo de ida y vuelta incorporando en la definición internacional las definiciones nacionales, en incorporando los acuerdos internacionales en la toma de decisión local.

  Se debe contar a nivel nacional con recursos humanos y económicos adecuados para llevar adelante la tarea.

Información adicional

Información adicional en relación con la Comisión del Sistema Acuífero Guaraní, creada mediante el Decreto 183/013

Evaluación ambiental del plan

Institución Responsable del caso:

Tema: PROCESO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LOS PLANES HIDROLÓGICOS.

Subtema:

Título del Caso: Proceso de evaluación ambiental de los planes hidrológicos en Portugal

Descripción del caso(problemática /solución adoptada /resultados):

La gestión sostenible del agua y la prevención de riesgos asociados a inundaciones son prioridades fundamentales en la planificación territorial de Portugal. En este contexto, los Planes de Gestión Hidrográfica (PGRH) y los Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones (PGRI) para el ciclo 2022–2027 han sido sometidos a un proceso de Evaluación Ambiental Estratégica (AAE), conforme al Decreto-Ley nº 232/2007, que transpone la Directiva Europea 2001/42/CE al ordenamiento jurídico portugués.

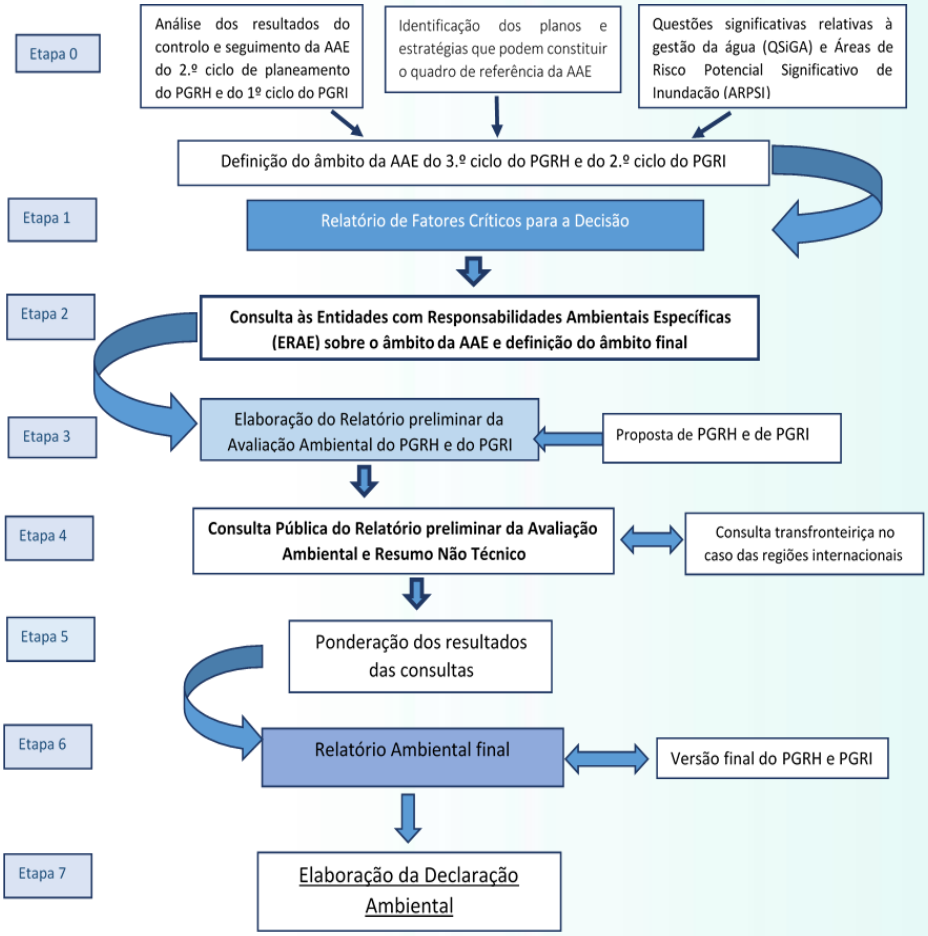
La problemática principal reside en la necesidad de garantizar que estos planes, que pueden tener impactos significativos sobre el medio ambiente, sean desarrollados de forma sostenible. Esto implica evaluar previamente sus efectos potenciales sobre el entorno natural, social y económico, y asegurar que se integren medidas de mitigación y seguimiento desde la fase inicial de planificación.

La solución adoptada consistió en aplicar una metodología estructurada y participativa para llevar a cabo la AAE. El proceso comenzó con la elaboración del Informe de Factores Críticos para la Decisión, que permitió identificar los elementos clave del territorio y los posibles impactos ambientales. Este informe fue sometido a consulta por parte de las Entidades con Responsabilidades Ambientales Específicas (ERAE), lo que permitió ajustar el alcance de la evaluación conforme a las prioridades ambientales nacionales.

Posteriormente, se elaboró el Informe Ambiental, que evaluó los efectos de los planes sobre el medio ambiente, incluyendo la compatibilidad de objetivos, los efectos acumulativos, sinérgicos y transfronterizos, y las recomendaciones para mitigar impactos negativos. Este informe fue objeto de consulta pública, incluyendo una consulta transfronteriza con España, en cumplimiento del Convenio de Albufeira, que regula la cooperación en cuencas hidrográficas compartidas.

La metodología aplicada se compuso de ocho etapas, que abarcan desde el análisis de resultados de ciclos anteriores hasta la elaboración de la Declaración Ambiental final. Estas etapas incluyen la definición del alcance, la identificación de alternativas, la evaluación de impactos, la consulta pública, la articulación institucional y el establecimiento de mecanismos de seguimiento. Este enfoque garantiza una integración efectiva de las consideraciones ambientales en la planificación hidrológica.

La siguiente imagen representa gráficamente la metodología general aplicada en el proceso de Evaluación Ambiental Estratégica:



Los resultados obtenidos fueron significativos. Se logró integrar las consideraciones ambientales en los planes desde su fase inicial, promoviendo la transparencia mediante consultas públicas y fortaleciendo la cooperación internacional con España. Además, se establecieron mecanismos de seguimiento y control para evaluar los efectos de la implementación de los planes, lo que permite corregir impactos no previstos y mejorar la gestión futura del agua y del riesgo de inundaciones.
Entre los beneficios esperados se encuentran una mayor resiliencia frente a fenómenos extremos, una planificación más coherente con los objetivos de sostenibilidad ambiental, y una mejora en la gobernanza del agua a nivel nacional y transfronterizo.

Información adicional

- Decreto-Ley nº 232/2007 (Portugal)
  https://pgdlisboa.pt/leis/lei_mostra_articulado.php?nid=1204&tabela=leis
- Texto consolidado del Convenio de Albufeira
  www.cadc-albufeira.eu/content/dam/albufeira/Libro%20ALBUFERA.pdf
- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo
  https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=oj:JOL_2001_197_R_0030_01

Lecciones aprendidas

A lo largo del desarrollo de los Planes de Gestión Hidrográfica y de Gestión del Riesgo de Inundaciones en Portugal, se ha evidenciado que la aplicación de la Evaluación Ambiental Estratégica no solo cumple una función normativa, sino que se convierte en una herramienta clave para mejorar la calidad de la planificación. Una de las principales lecciones aprendidas es que anticipar los impactos ambientales desde las primeras fases del diseño de los planes permite adoptar medidas más eficaces y sostenibles. Esta anticipación facilita la identificación de riesgos y oportunidades, y promueve una visión más integrada del territorio.
Otro aspecto fundamental ha sido la participación pública y la consulta a entidades especializadas. La inclusión de diversos actores en el proceso de evaluación ha fortalecido la legitimidad de los planes y ha permitido incorporar conocimientos técnicos y sociales que enriquecen las decisiones. En particular, la articulación con España en las demarcaciones hidrográficas internacionales ha demostrado que la cooperación transfronteriza

es indispensable para una gestión eficaz del agua. El Convenio de Albufeira, firmado en 1998, ha sido una base sólida para coordinar esfuerzos entre ambos países, especialmente en lo que respecta a la evaluación de efectos ambientales compartidos.

Además, se ha constatado que una metodología clara y estructurada, como la aplicada en este proceso, facilita la transparencia y el seguimiento. El uso de informes técnicos como el de Factores Críticos para la Decisión y el Informe Ambiental ha permitido sistematizar la información y orientar las decisiones hacia objetivos de sostenibilidad. La experiencia también ha puesto de relieve la importancia de establecer mecanismos de monitoreo posteriores a la aprobación de los planes, lo que permite corregir desviaciones y mejorar continuamente la gestión.

Finalmente, se ha reafirmado que la AAE no debe verse como una mera obligación legal, sino como una oportunidad para integrar la dimensión ambiental en la planificación estratégica. Esta integración contribuye a una gobernanza más coherente, resiliente y adaptada a los desafíos actuales, como el cambio climático y la presión sobre los recursos hídricos.

Implementación, seguimiento y revisión del plan

PAIS: Uruguay

Institución Responsable del caso: Ministerio de Ambiente. Dirección Nacional de Aguas

Tema: implementación, seguimiento y revisión del plan

Subtema: implementación, seguimiento y revisión del plan

Título del Caso: implementación y seguimiento del Plan Nacional de Aguas - Uruguay 2017-2021

Descripción del caso(problemática /solución adoptada /resultados):

Para la implementación y el seguimiento de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos o Planes de Agua, es fundamental contar con un marco normativo e institucional sólido de Política Nacional de Aguas. Un Plan Nacional de Aguas es el principal instrumento para la gestión integrada del agua y establece líneas de acción a escala nacional y local, facilitando la articulación, coordinación e implementación de medidas a diferentes escalas.

El Plan Nacional de Aguas de Uruguay cuenta con 3 objetivos a alcanzar, mediante la implementación de 10 programas y 30 proyectos. Los programas y los proyectos se formulan tomando en cuenta; el análisis de los principales aspectos vinculados al conocimiento y la gestión de las aguas en el país, los asuntos críticos identificados y las proyecciones en relación con el uso del agua, siempre tomando a los objetivos y a las directrices como orientadores de las acciones propuestas.

Las acciones propuestas como Programas y proyectos, con objetivo, actividades, metas a corto, mediano y largo plazo y organizaciones responsables, se acuerdan en diferentes instancias de trabajo tales como las sesiones de las Comisiones de Cuencas y Acuíferos, grupos de trabajo generados con tal fin, talleres, coordinaciones, otros

La agrupación de los primeros programas relacionados directamente con los tres objetivos del Plan y los demás programas se relacionan a productos y procesos y capacidades fundamentales para el logro de los objetivos planteados. Es relevante revisar el marco lógico de la planificación estratégica y que los Principios establecidos en la Política Nacional de Aguas y los conceptos de relevancia para la gestión integrada del agua guíen la definición de los Programas y Proyectos. En este sentido, en el PNA se definieron los siguientes Programas:P01 “Agua para el desarrollo sustentable” plantea varios proyectos con medidas para proteger los ecosistemas acuáticos y minimizar el impacto sobre el ciclo hidrológico y la calidad del agua en las cuencas y en los acuíferos. El P02 “Agua para el uso humano” para avanzar en el acceso universal y a los servicios de agua potable y saneamiento y al manejo sustentable del drenaje de aguas pluviales. El P03 “Aguas y sus riesgos asociados” desarrolla instrumentos y modelos para prevenir y gestionar los riesgos de inundaciones y sequías, considerando la variabilidad hidrológica y el cambio climático. Asimismo, son de relevancia los demás Programas con proyectos que incluyen medidas que promueven las mejoras de los instrumentos de gestión, monitoreo, sistemas de información hídrica, modelos, gestión del riesgo hídrico (inundaciones, sequías, considerando la variabilidad y el cambio climático), y el fortalecimiento institucional, de los ámbitos de participación, la comunicación, la investigación, la educación y desarrollo de capacidades. Así como el desarrollo de planes de gestión integrada con dichos lineamientos a escala de cuenca, acuífero, aguas urbanas y avanzar en la gestión de aguas transfronterizas.

El contenido de los Programas y Proyectos con una descripción con antecedentes, objetivos, metas y responsables organiza y orienta las acciones para su ejecución. Los proyectos incluyen instrumentos y actividades nuevas o existentes de diferentes instituciones que inciden directa o indirectamente en el uso, manejo y conservación del agua en las cuencas y en los acuíferos para el logro de un desarrollo sustentable en un marco de gestión integrada de los recursos hídricos. En este sentido, son varias las instituciones vinculadas a cada proyecto, a las cuales se les asigna el papel de “coor-

dinación" o de "actor clave", en relación con el grado de responsabilidad que tienen en la implementación del proyecto. A su vez, la organización a la interna de DINAGUA y del Ministerio de Ambiente con referentes de los Proyectos, así como grupos de trabajo con equipos técnicos de las instituciones con competencia y vinculadas a las temáticas, establece redes de trabajo y facilita su aplicación y seguimiento.

Tanto el Plan Nacional de Aguas como los Planes de cuenca y de acuífero para la gestión integrada de los recursos hídrico se elaboran e implementan con el apoyo de los Consejos Regionales de Recursos Hídricos y las Comisiones de Cuenca y Acuífero (integrados por gobierno, usuarios y sociedad civil) que por sus cometidos asesoran y apoyan en la planificación, gestión y control de los recursos hídricos. De esta forma se incorporan distintas visiones y se promueve el intercambio, el involucramiento y la coordinación de acciones regionales y locales que contribuyen a fortalecer la implementación de los planes para una gestión integrada del agua.

El ciclo de planificación en un marco adaptativo se completa con el monitoreo y evaluación de las acciones implementadas, en el cual surgen revisiones y actualizaciones, reprogramación y nuevos proyectos.

Anualmente se solicita a cada referente de proyecto que informe el grado de cumplimiento de su proyecto. Toda la información es compila en un documento que se publica en la web del Ministerio. Ver https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-aguas.

Los proyectos del PNA, tienen metas que permiten realizar un seguimiento anual del grado de implementación. Estas metas son de corto (hasta 2 años), de mediano (hasta 5 años) y de largo (de más de 5 años) plazo. La Dirección Nacional de Aguas es la responsable de realizar el informe de seguimiento del PNA, y en tal sentido cada proyecto tiene asignado un responsable, quien debe reportar año a año, el avance en las actividades y metas.

Los avances en la implementación de las metas planteadas en los Programas y Proyectos del Plan Nacional de Aguas se resumen en informes anuales que se puede encontrar en la web del Ministerio de Ambiente.

Lecciones aprendidas

- Los Proyectos tienen que contribuir al logro de los objetivos del Plan y a la ejecución de la Política Nacional de Aguas, con metas a corto, mediano y largo plazo para su implementación y para verificar su cumplimiento.
- El "ciclo de planificación" debe ser revisado y ajustado periódicamente
- La implementación y seguimiento de los proyectos de los planes de aguas se ve fortalecida con la asignación de responsables y el trabajo interinstitucional en red, más aún cuando se dan en el marco de los ámbitos de participación para la gestión integrada del agua.
- Los presupuestos nacionales deben considerar los lineamientos y metas a alcanzar a la hora de asignar recursos económicos y humanos para implementar los planes
- Los proyectos planteados son una oportunidad de búsqueda de financiación adicional para fortalecer el marco institucional.
- La institución responsable de la planificación debe contar con recursos humanos destinados a los procesos de seguimiento y evaluación y esto debe estar previsto dentro del plan.

Información adicional

Ver detalles del Plan Nacional de Aguas y su seguimiento en: https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/politicas-y-gestion/planes/plan-nacional-aguas**).**

ANEXO II: Guías Metodológicas existentes

codia
Conferência de Direções e Autoridades Ibero-americanas de Águas | Conferencia de Direcciones y Autoridades Iberoamericanas del Agua
Red Iberoamericana Rede Ibero-Americana
Gobierno de España · Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación · aecid
cooperación española
FCAS

ÍNDICE

Marco de Gobernanza.....1

Temas Técnicos 6

Temas sectoriales..... ….14

Financiación 16

Cambio Climático 17

Marco de Gobernanza

Título: Innovación social en el manejo de los recursos hídricos: transformación de conflictos y gobernanza adaptativa en el diseño de procesos de gestión colaborativa del agua.

País: Ámbito general.

Organismo: BID.

Año de publicación: 2024.

Páginas: 88.

https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Innovacion-social-en-el-manejo-de-los-recursos-hidricos-transformacion-de-conflictos-y-gobernanza-adaptativa-en-el-diseno-de-procesos-de-gestion-colaborativa-del-agua.pdf

Descripción General:

El objetivo del estudio es evaluar la importancia de gobernanza adaptativa (GA) al diseño de procesos colaborativos en la gestión del agua, a partir de la revisión de una serie de experiencias prácticas implementadas en países de ALC y el contraste con los resultados obtenidos, en términos de la gobernanza en sí misma y de su impacto en la gestión del agua, así como extraer lecciones que puedan ser relevantes y específicas para los países de la región.

El documento se estructura de la siguiente forma: la sección Marco conceptual presenta, a grandes rasgos, el modelo teórico que respalda la gestión colaborativa como mecanismo de gestión de los recursos comunes, el enfoque de TCPD y los principios fundamentales de la GA; la sección Esquema general y metodología para diseñar un proceso participativo expone un esquema general que integra estos dos enfoques (TCPD y GA) en el análisis y el diseño de procesos colaborativos; la sección Revisión y análisis de experiencias en ALC comprende una revisión alternativa de procesos colaborativos con la inclusión de prácticas asociadas a la TCPD y la GA; la sección Conformación y funcionamiento de organismos colaborativos gestores de cuencas hidrológicas en la región describe brevemente las iniciativas escogidas en cada país para el análisis; la sección Resultados de las experiencias en ALC reúne los resultados de la aplicación de los instrumentos seleccionados; la sección Evaluación y análisis de los casos presentados analiza los resultados y la última sección contiene un resumen y las conclusiones del estudio.

Evaluación institucional y gobernanza

Objetivo: analizar el marco institucional y los instrumentos de gestión existentes, identificando fortalezas y debilidades para la implementación efectiva de la GIRH.

Instrumentos:

1. **Lineamientos de evaluación de marcos institucionales – Van Hofwegen y Jaspers**
    - *Contenido* marco conceptual para la evaluación de la gobernanza del agua.
    - *Aplicación:* diagnóstico institucional y análisis de gobernanza.

- *Acceso*: Gestión Integrada de Recursos Hídricos – GS Agua

2. **Artículo académico sobre la aplicación de la GIRH en Brasil (Revista de Ciencias Sociales, 2025)**
   - *Contenido:* experiencias comparadas, instrumentos participativos, desafíos institucionales.
   - *Aplicación:* validación y contraste metodológico en contextos latinoamericanos.
   - *Acceso*: Artículo académico GIRH

Herramienta de gobernanza y participación

Objetivo: fortalecer capacidades, promover la educación ambiental y facilitar la participación social en la gestión del agua.

Instrumentos:

- **Plataforma de Gestión del Conocimiento en GIRH (gc-girh)**
  - *Contenido:* cartillas educativas, boletines, rotafolios, guías de facilitación.
  - *Aplicación:* apoyo a talleres y campañas de sensibilización en cuencas.
  - *Acceso:* gc-girh

Título: Manual de Normas y Procedimientos para la Gestión y Administración de Recursos Hídricos.

País: Chile.

Organismo: Dirección General del Agua.

Año de publicación: 2024.

Páginas: 320.

https://www.agroinchile.cl/post/manual-de-normas-y-procedimientos-para-la-gestion-recursos-hidricos

Descripción General:

Este manual incorpora cambios significativos que afectan directamente a los usuarios de derechos de aguas.

El nuevo manual incorpora las recientes modificaciones de las leyes Nº 21.435 y Nº 21.586, promulgadas en 2022 y 2023 respectivamente. Estas leyes priorizan el consumo humano y la preservación del

ecosistema, introduciendo cambios significativos en la administración de recursos hídricos. Estas modificaciones son esenciales para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible y garantizar la seguridad hídrica en el país.

El manual 2024 detalla las responsabilidades tanto a nivel central como regional, mejorando la eficiencia administrativa. Se ha establecido un equipo de trabajo interdisciplinario supervisado por Agentes de Expedientes, responsables de la gestión integral de los expedientes relacionados con los derechos de aprovechamiento de aguas.

Una de las innovaciones más destacadas del nuevo manual es el enfoque en la preservación del medio ambiente. Se han establecido criterios estrictos para los caudales ecológicos mínimos y la protección de áreas bajo protección oficial, humedales y glaciares. Esto no solo asegura el uso sostenible del agua, sino que también protege los ecosistemas vitales.

El manual introduce mejoras significativas en el SNIA, permitiendo un manejo más robusto y transparente de los datos. Esto facilita el acceso a la información y asegura que todos los usuarios de derechos de aguas puedan gestionar sus recursos de manera más eficiente y conforme a la normativa vigente.

Título: Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH) a nivel municipal.

País: Centro América

Organismo: GWP Centroamérica.

Año de publicación: 2013.

Páginas: 80.

https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/guia-girh-a-escala-municipal.pdf

---

Descripción General:

Esta Guía para la aplicación de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico(GIRH) a nivel municipal, va dirigida a técnicos y facilitadores que trabajan a nivel local y municipal. Se ha creado como un instrumento metodológico para ayudar a comprender y explicar las buenas prácticas de manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos, en el contexto de la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH). Para facilitar su uso se ha dividido en 7 partes:

1. Introducción
2. ¿Por qué es tan importante el agua y por qué es tan importante la GIRH?
3. ¿Qué sabemos del agua en Centroamérica?
4. ¿Qué es la GIRH?
5. ¿Qué relación tiene la gestión de cuencas a nivel municipal con la GIRH?
6. ¿Por qué debe aplicar la GIRH en su municipio?
7. ¿Cuáles son los pasos para seguir para aplicar la GIRH a nivel local?

Al final de la guía se encuentra un útil glosario básico de términos sobre GIRH.

Guías metodológicas existentes

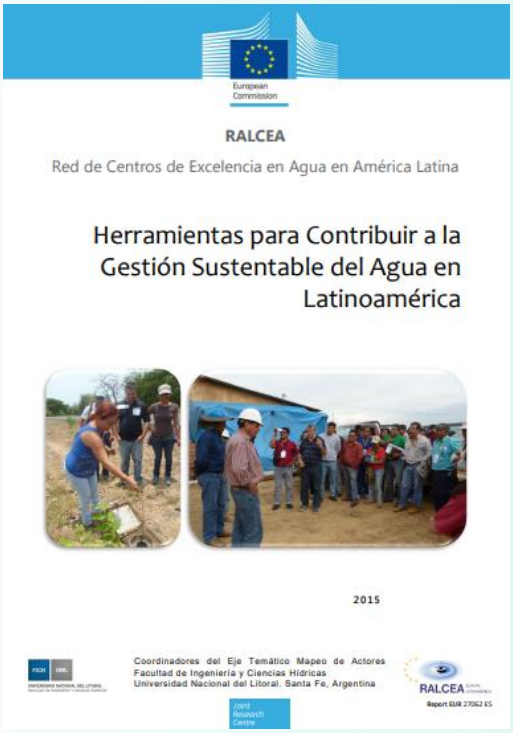
Título: Herramientas para Contribuir a la Gestión Sustentable del Agua en Latinoamérica.

País: América Latina.

Organismo: RALCEA, Red de Centros de Excelencia en Agua en América Latina.

Año de publicación: 2015.

Páginas: 78.



https://ralcea.org/wp-content/uploads/2021/08/RALCEA-Herramientas-para-Contribuir-a-la-Gestión-Sustentable-del-Agua-en-Latinoamérica-2015.pdf

Descripción General:

Los contenidos de este documento describen de manera sucinta los aspectos introductorios a la GIRH, resaltando las motivaciones que le han dado origen, sus principales características y algunos elementos destacados a la hora de su implementación. Si bien los contenidos son de orden general, su aplicación es válida a la gestión de cuencas hidrográficas ya que es la cuenca, precisamente, la unidad sistémica de análisis en donde se plasman los principios que desarrolla la GIRH. Se han brindado una guía para el diseño de una actividad de capacitación que introduzca a las organizaciones de cuenca hidrográfica en los conceptos de GIRH. Se señalan los aspectos de procedimiento a tener en cuenta para el diseño de una actividad que al tiempo que rescate los contenidos conceptuales que conlleva el documento, pudiera ser adaptado a las realidades de los actores involucrados.

Los temas más relevantes son:

- Aguas subterráneas. Estrategias para su gestión y monitoreo
- Actores clave para la gestión de una cuenca

Temas Técnicos

Título: Aguas subterráneas América Latina y Caribe.

País: Ámbito general.

Organismo: BID.

Año de publicación: 2024.

Páginas: 98.

https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/Aguas-subterraneas-en-America-Latina-y-el-Caribe-politicas-y-experiencias-para-la-gestion-y-conservacion-de-los-acuiferos.pdf

Descripción General:

El presente documento explora la importancia que tienen los recursos hídricos subterráneos en América Latina y el Caribe y reseña los instrumentos de gestión (tanto de la demanda como de la oferta), revisando experiencias en la región y proponiendo recomendaciones de política a manera de conclusión.

El documento aborda temas relevantes como la sobreexplotación de los acuíferos, la importancia de las aguas subterráneas en el abastecimiento poblacional, la adaptación al cambio climático y la resiliencia de los sistemas de agua. También se analizan los instrumentos de política para la gestión de aguas subterráneas, casos de estudio en la región y se presentan conceptos básicos sobre acuíferos, niveles estáticos y dinámicos, entre otros.

Título: Gestión de aguas subterráneas en la GIRH. Manual de capacitación.

País: Ámbito General.

Organismo: UNDP.

Año de publicación: 2010.

Páginas: 125.

https://www.argcapnet.org.ar/uploads/institucional/materiales/5a30385449880.pdf

Descripción General:

Guías metodológicas existentes

El objetivo de este manual es abordar las aguas subterráneas desde la perspectiva de la GIRH. El manual va dirigido a los expertos en aguas subterráneas donde se presenta un marco más amplio para la gestión de las mismas y los desafíos específicos de su gestión a otros profesionales del agua

Título: Calidad del agua. Caja de herramientas: manual de capacitación JAAPS - Módulo 7/7.

País: Ámbito General.

Organismo: FCAS-BID.

Año de publicación: 2022.

Páginas: 67.

https://publications.iadb.org/es/calidad-del-agua-caja-de-herramientas-manual-de-capacitacion-jaaps-modulo-77

Descripción General:

Este módulo está dirigido a los técnicos facilitadores de procesos de capacitación / formación como una herramienta de consulta la cual contiene la temática sobre calidad del agua, desde aspectos generales hasta llegar a temas específicos como ser: proceso de potabilización, enfermedades de origen hídrico, y los diferentes contaminantes que vuelven el agua no apta para el consumo humano.

Título: Protocolo para la gestión integral del agua Basado en el reglamento en materia de contaminación hídrica.

País: Bolivia.

Organismo: PNUD.

Año de publicación: 2024.

Páginas: 49.

https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-07/cartilla_agua_pdf_24.07.2024.pdf

Descripción General:

La Ley Nº 1333 de Medio Ambiente tiene por objeto la protección y conservación del Medio Ambiente y los recursos naturales. En base a lo descrito anteriormente, este protocolo busca ser una herramienta de apoyo donde se identifican los elementos clave establecidos en la normativa nacional y más específicamente, en el Reglamento en Materia de Contaminación Hídrica.

Guías metodológicas existentes

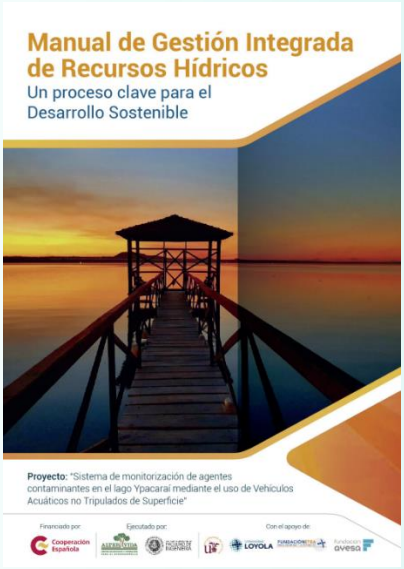
Título: Manual de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Sistema de monitorización de agentes contaminantes den el lago Ypacaraí.

País: Paraguay.

Organismo: Cooperación española.

Año de publicación: 2021.

Páginas: 192.



https://www.altervida.org.py/v5/wp-content/uploads/2021/06/Manual-de-gestion-Integrada-de-Recursos-Hidricos.pdf

Descripción General:

Este manual recopila los materiales didácticos que se generaron para el curso de formación Gestión Integrada de Recursos Hídricos: un proceso clave para el Desarrollo Sostenible, que se llevó a cabo en el marco del proyecto "Sistema de monitorización de agentes contaminantes en el lago Ypacaraí mediante el uso de Vehículos Acuáticos no Tripulados de Superficie".

Se trata de un material técnico-académico de consulta básica que incluye un compendio de aspectos fundamentales para la implementación de una adecuada GIRH. El mismo es producto de la recopilación de documentos técnicos y del propio conocimiento práctico de los diferentes autores. Los temas desarrollados se encuentran directamente vinculados al plan de trabajo establecido por la UNESCO en el Programa Hidrológico Intergubernamental (PHI) en su octava fase, el cual posee como lema: "Seguridad Hídrica: Respuestas a los desafíos Locales, Regionales, y Mundiales

El manual está separado por capítulos, abordados de manera sencilla, aunque manteniendo la rigurosidad técnica.

Los temas de los que se compone el Manual han sido compilados por los autores para desarrollarse en el marco del curso de formación "Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: un proceso clave para el desarrollo sostenible". Este curso a su vez está enmarcado en el proyecto "Sistema de monitorización de agentes contaminantes en el lago Ypacaraí mediante el uso de Vehículos Acuáticos no Tripulados de Superficie", financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), implementado en Paraguay por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción (FIUNA) y el Centro de Estudios y Formación para el Ecodesarrollo Alter Vida; y con el apoyo de la Universidad de Sevilla, entidad líder del proyecto, la Fundación ETEA para el Desarrollo y la Cooperación, la Fundación AYESA y la Universidad Loyola Andalucía.

En este proyecto se propone una tecnología que apunta a mejorar la gestión de recursos hídricos del Lago Ypacaraí, actualmente gravemente afectado por la contaminación. La tecnología a través de drones acuáticos contribuiría con el monitoreo de contaminantes, y la generación de una base de datos dinámica, de libre acceso para una evaluación multidisciplinar de los resultados con el fin de apoyar de manera técnico-científica a las instituciones involucradas en velar por el medioambiente y la salud pública.

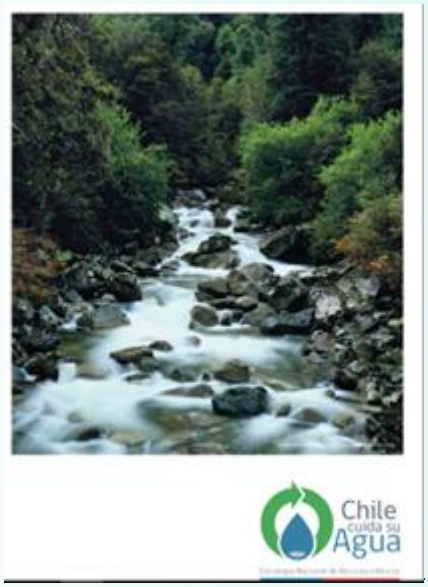
Título: Estrategia Nacional de Recursos Hídricos. 2012-2025.

País: Chile.

Organismo: Ministerio de Obras Púbicas..

Año de publicación: 2013.

Páginas: 320.



https://www.mop.gob.cl/archivos/2021/04/Estrategia_Nacional_Recursos

Descripción General:

La Estrategia Nacional de Recursos Hídricos ha sido elaborada por el Ministerio de Obras Públicas de Chile y representa la hoja de ruta clara en materia de gestión de los recursos hídricos con miras al 2025. El objetivo de este documento multisectorial, de alcance nacional, es asegurar la calidad y cantidad del recurso hídrico para las generaciones futuras, a través de la gestión eficiente y sustentable del agua.

La Estrategia fija cinco ejes sobre los cuales se enmarcará las actuaciones del Ministerio de Obras Públicas y, en especial, el de la Dirección General de Aguas, para conciliar los distintos intereses y usos, elaboración de políticas y generación de reformas: 1) gestión eficiente y sustentable, 2) mejorar la institucionalidad, 3) enfrentar la escasez, 4) equidad social, 5) ciudadanía informada.

La Estrategia incorpora la protección de la calidad de los recursos hídricos reduciendo al máximo posible la contaminación de éstos, incluso a través de la implementación de instrumentos para el control de la contaminación por medio de la elaboración de normas secundarias de calidad ambiental, de planes de prevención y de descontaminación asociados. Asimismo, constituye un objetivo prioritario prevenir la contaminación difusa de las aguas superficiales y subterráneas. En lo que dice relación con la protección de la cantidad de los recursos hídricos se fija como meta aumentar la eficiencia en el uso del agua mediante el incentivo a la inversión privada en la tecnificación de riego y recuperación de flujos mínimos, por la vía de destinar estos ahorros a caudales ecológicos.

Guías metodológicas existentes

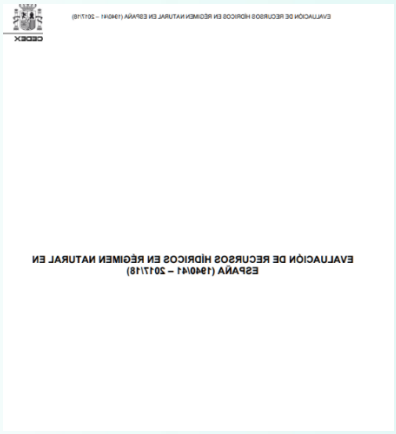
Título: Evaluación de los recursos hídricos en régimen natural.

País: España.

Organismo: CEDEX.

Año de publicación: 2020.

Páginas: 157.



https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/cedex-informeerh2019_tcm30-518171.pdf

Descripción General:

El documento presenta **la actualización de la evaluación de los recursos hídricos naturales de España** para el ciclo 2021–2027, conforme a la **Instrucción de Planificación Hidrológica (MARM, 2008).**

El estudio, encargado por la **Dirección General del Agua** al **CEDEX**, abarca el periodo **1940/41–2017/18** y utiliza el **modelo hidrológico SIMPA**, que simula el ciclo hidrológico mensual en más de **2 millones de celdas de 500 m**.

El modelo estima variables como precipitación, evapotranspiración, recarga y escorrentía (superficial y subterránea), generando series coherentes y homogéneas para todo el territorio español y sus demarcaciones hidrográficas.

La actualización incorpora mejoras en datos climáticos, tratamiento de nieve, interpolaciones, calibración y cartografía, asegurando una base técnica más precisa para la planificación hidrológica nacional.

Título: Guía para la elaboración de Planes de Manejo de Cuencas Hidrográficas.

País: Honduras.

Organismo: Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (IFC).

Año de publicación: 2021.

Páginas: 25.

https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2021/05/Guia-planes-de-manejo_version_final_1.pdf

Descripción General:

El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) a través del Departamento de Cuencas Hidrográficas y Ambiente (DCHA), lidera los procesos de declarar, restaurar y manejar las cuencas, subcuencas y microcuenca, así como, la normatividad para el ordenamiento de estas áreas, por medio de los planes de manejo integrado con énfasis en la

conservación de los recursos; suelo, bosque y agua, con el objetivo transversal que los bosques contribuyan al mantenimiento del régimen hidrológico, puesto que proveen de bienes y servicios ecosistémicos, especialmente, el recurso agua que abastece y benéfica a la población hondureña.

Con este Plan se intenta cumplir las metas del Sub programa 6.3 Servicios Ambientales, restauración de ecosistemas y cambio Climático, esto con el propósito de Consolidar acuerdos y arreglos interinstitucionales para la elaboración de planes maestros de las cuencas hidrográficas priorizadas, con énfasis en la producción de agua, tanto en calidad y cantidad como en oportunidad, conservación de suelos y otros servicios ambientales, mediante el manejo integrado de microcuencas hidrográficas priorizadas y la restauración de ecosistemas forestales degradados.

La estructura de la guía es: la Sección I un diagnóstico, la Sección II, se enfoca en la zonificación, de la cual se desprende varios programas encaminados a disminuir los impactos negativos y búsqueda de solución a los problemas a fin mantener la calidad, cantidad y continuidad del recurso hídrico y,la Sección III corresponde a la estrategia de implementación, monitoreo y ruta a seguir.

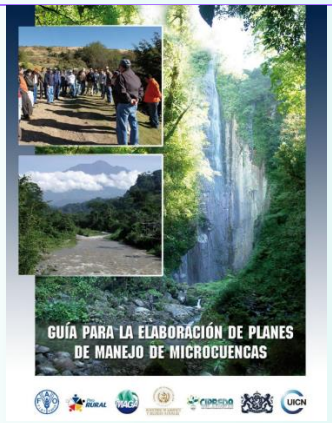
Título: Guías para la elaboración de planes de manejo de microcuencas.

País: Guatemala.

Organismo: Comisión Nacional de Microcuencas.

Año de publicación: 2009.

Páginas: 68.



https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2009-095.pdf

Descripción General:

Esta Guía se desarrolla para ayudar a la elaboración de Planes de Manejo de Microcuencas. La misma surge en el marco de los procesos desarrollados por la Comisión Nacional de Microcuencas de Guatemala. Instancia creada para contribuir con el desarrollo rural del país, mediante el enfoque de cuencas como base para la planificación de acciones para el uso de los recursos naturales.

Se trata de un documento que brinda los lineamientos generales y da a conocer las técnicas, elementos conceptuales y metodológicos para la elaboración de Planes de Manejo Protección y Conservación de Cuencas, Subcuencas y Microcuencas de la República de Guatemala.

Está diseñada como documento de consulta para implementar procesos participativos de desarrollo local, en los cuales se involucre directamente a las comunidades, por medio de los Consejos Comunitarios de Desarrollo –COCODE– u otras formas de organización social.

Guías metodológicas existentes

Título: Guía técnica para la Formación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

País: Colombia.

Organismo: Ministerio de Medioambiente y Desarrollo Sostenible.

Año de publicación: 2021.

Páginas: 354.

https://www.andi.com.co/Uploads/Guía%20POMCA_Borrador_Oct_2021%20(2).pdf

Descripción General:

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió mediante la Resolución 1907 de diciembre de 2013, la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, atendiendo a la necesidad de incorporar los lineamientos y directrices de la Política Nacional para la Gestión Integral de Recurso Hídrico – PNGIRH - del 2010 en relación con la estructura de planificación de cuencas hidrográficas, y a lo establecido en el Decreto 1640 de agosto de 2012 (Compilado en el Decreto Único Reglamentario sector ambiente 1076 de 2015). Fue elaborada con insumos técnicos proporcionados por el IDEAM, los demás institutos adscritos y vinculados al Ministerio, las Autoridades Ambientales y aportes de expertos nacionales e internacionales; se estructuró en tres capítulos y dos anexos con la descripción del marco metodológico para llevar a cabo cada una de las fases del Plan (aprestamiento, diagnóstico, prospectiva y zonificación, formulación, ejecución y seguimiento y evaluación).

La actualización de la Guía técnica atiende a la necesidad de articular los nuevos marcos de política y normativos generados a partir del año 2014 en lo relacionado con el instrumento, y a las lecciones aprendidas por parte de las Autoridades Ambientales en la aplicación de los lineamientos en los procesos de ordenación adelantados en sus jurisdicciones.

En ese sentido, este documento busca afianzar y complementar los criterios, procedimientos y metodologías de la guía expedidos en el año 2013, con énfasis en las temáticas de participación, prospectiva y zonificación ambiental, gestión del riesgo, consideraciones para la incorporación de medidas de adaptación al cambio climático y la articulación del proceso de ordenación de la cuenca con los diferentes instrumentos de planificación y administración de los recursos naturales renovables; para el desarrollo de los procesos de ordenación y manejo de cuencas por parte de las autoridades ambientales competente.

Esta guía se estructura en tres capítulos: El primer capítulo contiene los aspectos generales donde se definen el propósito y alcance de la guía y se propone la planeación prospectiva estratégica como enfoque de los procesos de ordenación, se describen el marco normativo y la Política Nacional de Gestión Integral de Recurso Hídrico en lo relacionado con la estructura hidrográfica para la planificación de cuencas.

El segundo capítulo establece los temas transversales al proceso, que son la gestión de la participación hacia la gobernanza del agua, consideraciones para la incorporación del cambio climático en el POMCA, la gestión del riesgo de desastres y la gestión de la información en el proceso de ordenación de cuencas.

Guías metodológicas existentes

El tercer capítulo desarrolla el marco metodológico para el desarrollo de cada una de las fases del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica.

De manera complementaria, se incluyen dos anexos que profundizan en los lineamientos técnicos: A. Metodología para la caracterización de la cuenca y B. Caracterización de las Condiciones de riesgo de desastres.Con este Plan se intenta cumplir las metas del Sub programa 6.3 Servicios Ambientales, restauración de ecosistemas y cambio Climático, esto con el propósito de Consolidar acuerdos y arreglos interinstitucionales para la elaboración de planes maestros de las cuencas hidrográficas priorizadas, con énfasis en la producción de agua, tanto en calidad y cantidad como en oportunidad, conservación de suelos y otros servicios ambientales, mediante el manejo integrado de microcuencas hidrográficas priorizadas y la restauración de ecosistemas forestales degradados.

La estructura de la guía es: la Sección I un diagnóstico, la Sección II, se enfoca en la zonificación, de la cual se desprende varios programas encaminados a disminuir los impactos negativos y búsqueda de solución a los problemas a fin mantener la calidad, cantidad y continuidad del recurso hídrico y,la Sección III corresponde a la estrategia de implementación, monitoreo y ruta a seguir.

Título: Guía análisis y zonificación de cuencas hidrográficas para el ordenamiento territorial.

País: Chile.

Organismo: CEPAL.

Año de publicación: 2013.

Páginas: 320.

https://repositorio.cepal.org/entities/publication/5d64a954-42cf-4232-98e1-0fab226da2f2

Descripción General:

El Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF) a través del Departamento de Cuencas Hidrográficas y Ambiente (DCHA), lidera los procesos de declarar, restaurar y manejar las cuencas, subcuencas y microcuenca, así como, la normatividad para el ordenamiento de estas áreas, por medio de los planes de manejo integrado con énfasis en la conservación de los recursos; suelo, bosque y agua, con el objetivo transversal que los bosques contribuyan al mantenimiento del régimen hidrológico, puesto que proveen de bienes y servicios ecosistémicos, especialmente, el recurso agua que abastece y benéfica a la población hondureña.

Con este Plan se intenta cumplir las metas del Sub programa 6.3 Servicios Ambientales, restauración de ecosistemas y cambio Climático, esto con el propósito de Consolidar acuerdos y arreglos interinstitucionales para la elaboración de planes maestros de las cuencas hidrográficas priorizadas, con énfasis en la producción de agua, tanto en calidad y cantidad como en oportunidad, conservación de suelos y otros servicios ambientales, mediante el manejo integrado de microcuencas hidrográficas priorizadas y la restauración de ecosistemas forestales degradados.

La estructura de la guía es: la Sección I un diagnóstico, la Sección II, se enfoca en la zonificación, de la cual se desprende varios programas encaminados a disminuir los impactos negativos y búsqueda de solución a los problemas a fin mantener la calidad, cantidad y continuidad del recurso hídrico y, la Sección III corresponde a la estrategia de implementación, monitoreo y ruta a seguir.

Guías metodológicas existentes

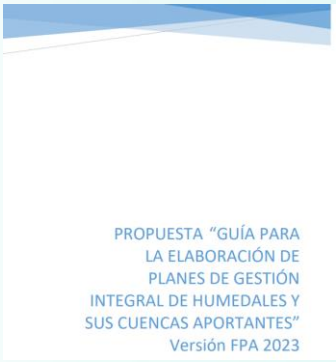
Título: Propuesta de Guía para la elaboración de Planes de Gestión de humedales y sus cuencas aportantes.

País: Chile.

Organismo: Ministerio del Medioambiente.

Año de publicación: 2023.

Páginas: 54.



https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2023/03/Guia-Planes-de-Gestion-humedales.pdf

Descripción General:

Esta guía tiene como objetivo dar una orientación para facilitar la elaboración de planes de gestión integral de humedales y sus cuencas aportantes (PGI), en el marco del proyecto GEFSEC ID: 9766 *"Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportantes, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad".*

El Plan de Gestión Integral se consolida como un instrumento que permite a las organizaciones y gobiernos locales, realizar de manera sistemática, gradual y escalable la gestión de sus humedales y unidades de cuencas aportantes.

La propuesta presentada en esta guía se elabora sobre las bases de la experiencia del Laboratorio de Planificación Territorial de la UCTemuco (LPT-UCT) en diversos trabajos de humedales siendo estas comprobadas con la publicación en revistas científicas de cada una de las metodologías y propuestas en relación a los humedales costeros, en especial en el área de estudio del borde costero de la región de la Araucanía.

Caja de Herramientas para la GIRH – Global Water Partnership (GWP)

Objetivo: disponer de instrumentos prácticos para la planificación, gestión de la demanda, y diseño de medidas en planes hidrológicos.

Caja de Herramientas para la GIRH – Global Water Partnership (GWP)

Contenido: planificación por cuencas, gestión de la demanda, marcos institucionales, instrumentos económicos.

Aplicación documento base para estructurar el plan hidrológico, integrando los módulos de diagnóstico con casos latinoamericanos.

Acceso: **GWP Toolbox**

Temas sectoriales

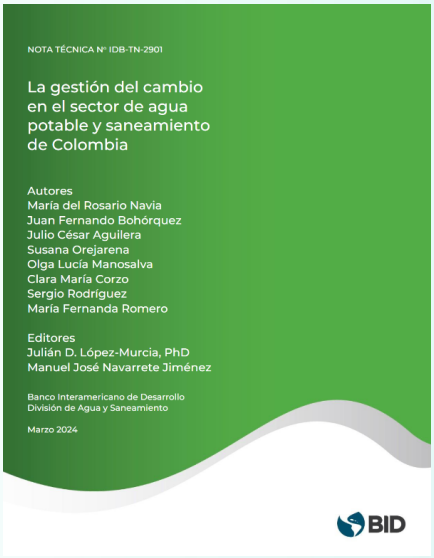
Título: La Gestión del cambio en el sector del agua potable y saneamiento de Colombia.

País: Colombia.

Organismo: BID.

Año de publicación: 2024.

Páginas: 101.



https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/viewer/La-gestion-del-cambio-en-el-sector-de-agua-potable-y-saneamiento-de-Colombia.pdf

Descripción General:

Esta publicación describe el proceso y las lecciones aprendidas de los esfuerzos realizados hacia la gestión del cambio en el sector de agua y saneamiento en Colombia, a través de la implementación del Programa COMPASS. Se muestra el trabajo a nivel empresarial de manera integral, partiendo de la evaluación de AquaRating e incorporando estándares internacionales y buenas prácticas de planeación, modelación financiera, priorización de inversiones, gestión financiera y de costos, gestión de pérdidas de agua, gestión de activos, eficiencia energética, seguridad hídrica, optimización de procesos, gestión del capital humano, gobernanza y financiación. Adicionalmente, se muestra la gestión de cambio a nivel de entidades del sector de agua, centrado en el desarrollo de políticas focalizadas, fortalecimiento institucional, acceso a financiación y gestión de conocimiento. Se espera que el modelo de gestión del cambio utilizado sea replicable en otros países de la región.

Título: Diagnóstico de la prestación de servicios de agua potable y saneamiento en México.

País: México.

Organismo Financiador: CEPAL

Año de publicación: 2023

Páginas: 23.

https://www.cepal.org/es/publicaciones/49001-diagnostico-la-prestacion-servicios-agua-potable-saneamiento-mexico

Descripción General:

En este documento se examina el estado de la prestación de servicios de agua potable y saneamiento en México, incluidos los marcos normativos e institucionales, la inversión en el sector, la cobertura del servicio y las tarifas aplicadas. En México existe una clara diferenciación de funciones entre los principales actores del sector. Sin embargo, la regulación tarifaria y económica varía en cada estado, lo que

subraya la importancia de considerar unos costos reales y eficientes y evitar criterios políticos al establecer las tarifas.

El documento se compone de.

Resumen .-- Introducción .-- México. A. Marco legal e institucional del sector. 1. Marco legal. 2. Marco institucional. B. Inversión sectorial. C. Coberturas. D. Tarifas. E. Conclusiones.

Financiación

Título: Implementando Mecanismos Financieros Redistributivos. Gestión de Cuencas.

País: Ámbito General.

Organismo: Ecocuentas.

Año de publicación: 2017.

Páginas: 83.

https://www.ecologic.eu/sites/default/files/publication/2018/guia_ecocuencas_espanol_final.pdf

Descripción General:

La Guía del proyecto EcoCuencas ofrece un recurso valioso para la gestión de cuencas hidrográficas en América Latina, especialmente en el contexto de la resiliencia al cambio climático y el desarrollo sostenible. Tiene como objetivo apoyar la implementación de dos instrumentos financieros clave para la gestión de recursos hídricos: cánones y pagos por servicios ambientales (PSA). La guía se basa en experiencias internacionales y está diseñada para ser una herramienta práctica para administradores de recursos hídricos en Brasil, Colombia, Ecuador y Perú.

A continuación, se presenta un resumen de su contenido y estructura:

- Capítulo 1: Visión General del Financiamiento
  - Contexto de la gestión de recursos hídricos.
  - Aspectos clave para las autoridades del agua.
- Capítulo 2: Cánones
  - Tipos de cánones y sus características.
  - Opciones de diseño y gobernanza.
- Capítulo 3: Pagos por Servicios Ambientales (PSA)
  - Estructura similar al capítulo sobre cánones.
  - Discusión sobre características y diseño de PSA.
- Capítulo 4: Implementación de Instrumentos
  - Aspectos prácticos para llevar a cabo la implementación de cánones y PSA.
- Anexos: Ejemplos Internacionales
  - Buenas prácticas que sirven como referencia y guía.

Utilidad de la Guía

La guía es tanto un recurso de ideas como una fuente de referencias prácticas. Los ejemplos y buenas prácticas incluidos son herramientas útiles para las autoridades de agua y organismos de cuencas en la mejora y reforma de sus estrategias de gestión.

Complemento

La “Revisión de la experiencia de política internacional con instrumentos económicos para la gestión del agua” de la OCDE proporciona un análisis económico más profundo que complementa la Guía.

Esta combinación de teoría y práctica busca facilitar una gestión más efectiva y sostenible de los recursos hídricos en la región, promoviendo la colaboración entre diferentes actores y el uso de instrumentos económicos que favorezcan el desarrollo sostenible.

Cambio Climático

Título: Guía para la gestión de recursos hídricos en cuencas de montaña bajo el efecto del cambio climático.

País: América Latina y el Caribe.

Organismo: Banco de Desarrollo de América Latina.

Año de publicación: 2014.

Páginas: 216.

https://scioteca.caf.com/handle/123456789/544

Descripción General:

La Guía ofrece un enfoque integral para la gestión de recursos hídricos en cuencas, incorporando la adaptación al cambio climático de manera sistemática. A continuación, se resumen los puntos clave sobre el proceso de identificación de la disponibilidad de agua y la gestión integral:

Proceso de Identificación de la Disponibilidad de Agua.

1. Diagnóstico Ambiental:
    a. Análisis de las condiciones físicas, bióticas y humanas de la cuenca.
    b. Identificación de alteraciones causadas por el cambio climático.
2. Enfoque de Adaptación:
    a. Incorporación de medidas de adaptabilidad al cambio climático dentro de la gestión integral.
    b. Estrategias diseñadas para mitigar los efectos negativos del cambio climático sobre los recursos hídricos.
3. Metodología de Gestión Integral:
    a. Participación Activa.
    b. Acompañamiento a los actores sociales durante todo el proceso.
    c. Fomento de la participación de los pobladores locales y recuperación de saberes tradicionales.
    d. Estructuración conjunta de programas para un uso sostenible del agua.
4. Innovación en Priorización:
    a. Metodología para priorizar intervenciones en la cuenca mediante un análisis multicriterio, permitiendo tomar decisiones informadas sobre dónde y cómo actuar.
5. Estudio de Casos y Experiencias:
    a. La Guía incluye estudios de caso de países andinos y sistematiza experiencias similares, lo que proporciona un contexto práctico y adaptado a las realidades locales.
6. Conclusiones.

La Guía no solo busca identificar y gestionar la disponibilidad de agua en las cuencas, sino también asegurar que estas acciones sean sostenibles y resilientes frente al cambio climático. Este enfoque colaborativo y multidimensional es fundamental para el desarrollo de políticas efectivas y la implementación de estrategias que beneficien tanto a los recursos hídricos como a las comunidades que dependen de ellos.

Título: Análisis de decisiones basadas en el riesgo climático (CRIDA): planificación colaborativa de los recursos hídricos para un futuro incierto.

País: Internacional.

Organismo: UNESCO. Centro Internacional para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.

Año de publicación: 2020.

Páginas: 161.

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375241.locale=es

Descripción General:

El Análisis de decisiones basadas en el riesgo climático (CRIDA) es una metodología para la planificación y gestión de los recursos hídricos cuando existe una incertidumbre significativa sobre las condiciones futuras. Ya existen técnicas de larga data para incorporar las variabilidades climáticas e hidrológicas "conocidas", así como las incertidumbres económica, demográfica y financiera en las directrices de agencias como el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE.UU., el Banco Mundial y el Ministerio Holandés de Medio Ambiente e Infraestructura (Rijkswaterstaat).Lo que ha estado faltando es un enfoque coherente y consistente para hacer frente a los cambios anticipados, pero sin cuantificar a causa de las "incógnitas desconocidas", como el cambio climático, que impactan en la planificación de los proyectos, la justificación socioeconómica, la gestión de los recursos y el diseño de la ingeniería. Dichas incertidumbres afectan la selección de las opciones de reducción de riesgos de los tomadores de decisiones. En consecuencia, un proceso que incorpore las incógnitas desconocidas en la planificación de soluciones confiables y resilientes durante la vida útil de un proyectuo se torna crítico para poder seleccionar soluciones efectivas desde los puntos de vista del riesgo y los costos.Para abordar esta necesidad, CRIDA proporciona un proceso de colaboración para la toma de decisiones informada sobre los riesgos: evaluar, gestionar y comunicar de manera efectiva los riesgos a las partes interesadas y los tomadores de decisiones, incluidos los riesgos evitados exitosamente y los riesgos residuales que no puedan ser evitados, cuantificados o aislados.

La GIRH como herramienta para la adaptación al cambio climático

Manual "La GIRH como herramienta para la adaptación al cambio climático" – Cap-Net / GWP

- *Contenido:* módulos didácticos, ejercicios participativos, medidas adaptativas frente a sequías e inundaciones.
- *Aplicación:* integrar en las fases de diagnóstico y programa de medidas, fortaleciendo la resiliencia climática.
- *Acceso:* ***Manual adaptación y GIRH***

ANEXO III: Fichas de Recursos Técnicos

Fichas de Recursos Técnicos – Guía de Planificación Hidrológica

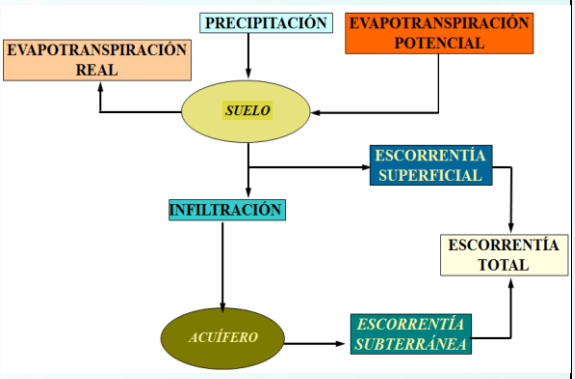
CLAVE:	001	NOMBRE:	Sistema Integrado de Modelación Precipitación – Aportación (SIMPA)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Inventario de los recursos hídricos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

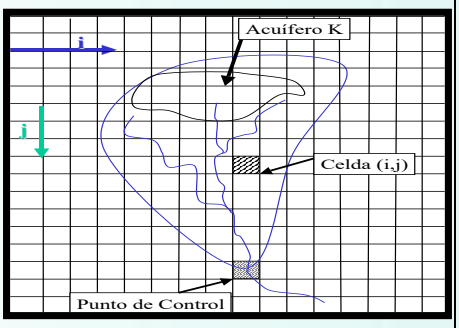
Presentación: El modelo SIMPA realiza el cálculo numérico del balance hidrológico de forma distribuida, en celdas cuadradas que cubren todo el territorio. Está basado sobre el modelo agregado de Témez (1977). Con ello permite simular la transformación de la precipitación en escorrentía en cada celda, considerando el almacenamiento de nieve, en el suelo y en los acuíferos.

Incorpora diversas herramientas complementarias que ayudan a la preparación y análisis de los datos de entrada, así como de los resultados.



El modelo ha sido desarrollado en el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX para su aplicación en toda España. Actualmente es la herramienta de cálculo de referencia para mantener el inventario de recursos hídricos en régimen natural en España.

Resultados que produce: El modelo produce como resultado mapas ráster mensuales para: evapotranspiración real, humedad del suelo infiltración, escorrentía superficial, escorrentía subterránea y total. Para traducir esta información ráster a series temporales de datos (caudales mensuales, por ejemplo) es preciso acumular la información de cada uno de los meses en los recintos y puntos finales de descarga que se desee considerar. Para ello es necesario disponer de un modelo topográfico de acumulaciones suficientemente consistente.



Información necesaria para utilizar el recurso: El modelo precisa datos de precipitación y evapotranspiración potencial, información que se proporciona tras su interpolación y completado mediante mapas ráster con datos de cada mes. La ejecución para la preparación del inventario de recursos de los planes hidrológicos españoles de cuarto ciclo, que abarcó el periodo que va desde octubre de 1940 a septiembre de 2022, utilizó de 982 mapas de precipitación y 982 mapas de evapotranspiración, que discretizan la península ibérica en celdas de 500 m de lado (2.230 filas y 2.920 columnas). Además, también se precisa un mapa ráster de humedad máxima del suelo (Hmax), un mapa ráster de infiltración máxima (Imax) y un mapa ráster de las condiciones iniciales de humedad (H0). Tam-

bién, se requieren otros mapas: uno de delimitación de acuíferos con información sobre sus coeficientes de descarga (α) y las condiciones iniciales (G0), otros para incorporar el efecto de las acumulaciones de nieve y otros de parámetros con la delimitación de las cuencas hidrográficas.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

Entre las aplicaciones más destacadas de este modelo destaca la evaluación de los recursos hídricos en España, que se realizó de manera general para la preparación del Plan Hidrológico Nacional, en el año 2000 y, posteriormente, se viene actualizando episódicamente con cada ciclo sexenal de planificación hidrológica. Estos resultados pueden consultarse en: https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/simpa.html

También se ha utilizado para la evaluación del impacto del cambio climático sobre los recursos hídrico en España (CEDEX, 2010 y CEDEX, 2025) y en otros múltiples ejemplos.

En el ámbito latinoamericano se ha usado, por ejemplo, para la evaluación de recursos hídricos de Honduras.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Autores: El modelo SIMPA fue inicialmente desarrollado por técnicos del Centro de Estudios Hidrográficos (Estrela y Quintas, 1996), con diversos apoyos externos. Numerosas personas han continuado los desarrollos de SIMPA hasta la actualidad, en que se está trabajando en la preparación de una nueva versión que incorporará varias mejoras, entre las que sobresale una consideración más detallada de la escorrentía subterránea.

Condiciones de utilización: SIMPA se ha desarrollado sobre el sistema operativo LINUX Fedora Core 7 y utiliza el SIG ráster GRASS. Todo el software utilizado es gratuito y de libre difusión. No es un producto comercial, y no está preparado al afecto. Para posibilitar su utilización al caso de que se trate se requiere establecer un acuerdo específico con el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Enlace para descarga: No está disponible para descarga.

Contacto: Centro de Estudios Hidrográficos (ceh_comunicacion@cedex.es).

REFERENCIAS

Estrela, T. y Quintas, L (1996) *El sistema integrado de modelización Precipitación-Aportación SIMPA.* Revista de Ingeniería Civil 104:43-52.

Álvarez, J.; Barranco, L.M.; García, N.; Potenciano, A. y Villaverde, J.J (2016): *Evaluación de los recursos hídricos en España*. Monografías M-129. CEDEX. ISBN: 978-84-7790-578-3.

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	03/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	002	NOMBRE:	BALAN / Visual BALAN / GIS BALAN

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Inventario de los recursos hídricos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: BALAN, o en su configuración más reciente, GIS-BALAN, es un código hidrológico semidistribuido acoplado a un SIG, que ha sido específicamente diseñado para la evaluación de recursos hídricos. El modelo resuelve, con paso diario, el balance en el suelo edáfico, en la zona no saturada y en el acuífero, estimando de manera secuencial sus diversas componentes.

El modelo original (Visual BALAN) permitía realizar el balance en varias subcuencas, donde cada una constituye una unidad de balance independiente. GIS-BALAN aprovecha la funcionalidad GIS para posibilitar la discretización del terreno en unidades homogéneas más pequeñas que la subcuenca, de forma que el balance global se realiza agregando los resultados de las unidades homogéneas en la subcuenca correspondiente.

La herramienta consta de tres módulos: 1) preprocesador, que ayuda a preparar los datos de entrada; 2) procesador, que realiza los cálculos, y 3) postprocesador, que ayuda a preparar los resultados. Los módulos de pre y postproceso son los que van acoplados al SIG.

Resultados que produce: El modelo genera resultados diarios de los distintos términos del balance, que el postprocesador puede agregar para obtener series de datos mensuales, anuales y medias areales de las subcuencas correspondientes, tanto en forma tabular como gráfica.

Información necesaria para utilizar el recurso: Para utilizar GIS-BALAN se precisa disponer de un modelo digital del terreno y de un mapa de rugosidad, además de mapas de uso y tipo de suelo y de mapas geológicos. Por otra parte, se precisan series temporales en estaciones meteorológicas y foronómicas, niveles piezométricos en acuíferos y dotaciones de riego. El programa utiliza una interfaz de proceso que permite la introducción de datos desde ArcGIS.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
A lo largo de los más de treinta años transcurridos desde las primeras versiones del programa BALAN, la herramienta ha sido ampliamente utilizada y contrastada en numerosos casos reales, tanto de la península Ibérica (en la cuenca del Ebro, por ejemplo), como de Latinoamérica.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: El código BALAN fue inicialmente desarrollado por Javier Samper Calvete, con apoyo de diversos colaboradores como M. Ángel García Vera, en la Universidad de Barcelona. Después ha continuado su desarrollo en la Universidad de A Coruña, donde el profesor Samper ostenta una cátedra en el Departamento de Ingeniería Civil. Bruno Pisani, también en la Universidad de A Coruña, es en la actualidad uno de los principales responsables del modelo.
Condiciones de utilización: El uso de GIS-BALAN o VISUAL-BALAN debe tramitarse a través de la Oficina de Transferencia del Conocimiento de la Universidad de A Coruña, en: https://oferta-tec.udc.gal/directorio/empresa/gis-balan-v1-0/
Enlace para descarga: No está disponible para descarga.
Contacto: Javier Samper Calvete (j.samper@udc.es) y Bruno Pisani Veiga (bpisani@udc.es). También otri@udc.es

REFERENCIAS
Samper, J. (1997): *Métodos de evaluación de la recarga por la lluvia por balance de agua: Utilización, calibración y errores*. En: Seminario sobre la evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica. Las Palmas de Gran Canaria. Ed. ITGE. Pág. 41-81. **Samper, J. y García-Vera, M.A. (2004)**: *VISUAL-BALAN, un modelo interactivo de balance hidrológico: Estado actual y desarrollos futuros*. VIII Simposio de Hidrogeología. Zaragoza. Pág. 595-604. **Samper, J.; Pisani, B.; Alvares, D., y García, M.A. (2007)**: *GIS-BALAN: Un modelo hidrológico semi-distribuido acoplado a un sistema de información geográfica para la estimación de los recursos hídricos*. Estudios de la zona no saturada del suelo. Vol. VIII. Pág. 854-864.

VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	10/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	003	NOMBRE:	Cálculo Hidrometeorológico de Aportaciones y Crecidas (CHAC)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Elaboración del inventario de los recursos hídricos
3.6.1.	Consideración de fenómenos extremos: sequías e inundaciones

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: El modelo CHAC reúne diversas aplicaciones que fueron desarrolladas en el marco del Curso Internacional de Hidrología General y Aplicada, impartido en el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX a lo largo de unos 40 años. CHAC está orientado al análisis de procesos hidrológicos sencillos y a la formación académica.

La herramienta permite el análisis y completado de series temporales de datos hidrometeorológicos, el estudio de sus distribuciones bajo distintas leyes de frecuencia, el cálculo de aportaciones en una cuenca mediante la estimación de la ETP por distintos métodos (Thornthwaite, Blaney Criddle o Penman Monteith) y la simulación de crecidas en pequeñas cuencas con tiempos de concentración menores de 24 horas y tamaño menor de 3.000 km2 utilizando para ello el método racional modificado (Témez, 1991).

Resultados que produce: El modelo produce resultados en forma de tablas y gráficos fruto de las utilidades que se hayan usado. Entre ellas destacan las antes mencionadas de relleno de series temporales, presentación de estadísticos sobre los datos disponibles, cálculos de la ETP y ETR, caudales totales simulados y caudales de escorrentía subterránea. Por otra parte, en el marco de la simulación de crecidas, se obtienen los caudales máximos para distintos periodos de retorno.

Información necesaria para utilizar el recurso: Una de las virtudes de la herramienta es que puede funcionar con pocos datos de entrada. Lógicamente, los requerimientos dependerán de la funcionalidad a utilizar, pero en general la simulación hidrológica se puede estimar con datos mensuales de precipitación y temperatura, así como con datos de aportaciones mensuales para verificar el ajuste de los resultados. Además, CHAC cuenta con diversas rutinas que ayudan en la evaluación y relleno de los datos de entrada.

En el caso de la simulación de crecidas se requieren algunos descriptores de la cuenca vertiente, ciertos coeficientes que pueden ajustarse y, fundamentalmente, precipitaciones máximas para distintos periodos de retorno.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
CHAC ha sido ampliamente utilizado en el campo de la docencia, especialmente en el curso de hidrología que se impartía en el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX. Además, la herramienta ha sido ampliamente utilizada en el ámbito latinoamericano tanto en el marco docente como en el práctico, para estudios sencillos llevados a cabo en varios países. Las numerosas descargas de la herramienta, desde el repositorio del CEDEX, evidencian el interés que despierta.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: La herramienta CHAC reúne diversos cálculos didácticos utilizados en el curso de hidrología que se impartió en el curso de hidrología del Centro de Estudios Hidrográficos durante cuatro décadas. La autoría original de los modelos teóricos puede atribuirse a José Ramón Témez, la programación a diversos autores entre los que se puede mencionar a Luis Quintas, Teodoro Estrela o Javier Ferrer como autores de las primeras versiones; y más recientemente a Javier Álvarez o Luis M. Barranco, como responsables de las últimas actualizaciones.
Condiciones de utilización: CHAC es de libre distribución, por lo que puede descargarse y utilizarse sin restricciones. Con la descarga se incluye un manual de instalación y uso, actualizado en septiembre de 2021, que facilita su uso. Se trata de una aplicación desarrollada en Visual Basic para MS Windows, con subrutinas de cálculo en Fortran 77, de fácil manejo a través de su interfaz gráfica.
Enlace para descarga: https://ceh.cedex.es/web/chac.htm
Contacto: ceh_comunicacion@cedex.es

REFERENCIAS
Témez, J.R. (1977): *Modelo matemático de precipitación-aportación*. Asociación de Investigación Industrial Eléctrica. Madrid. **Témez, J.R. (1991)**: *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Dirección General de Carreteras. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. Madrid.

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	05/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

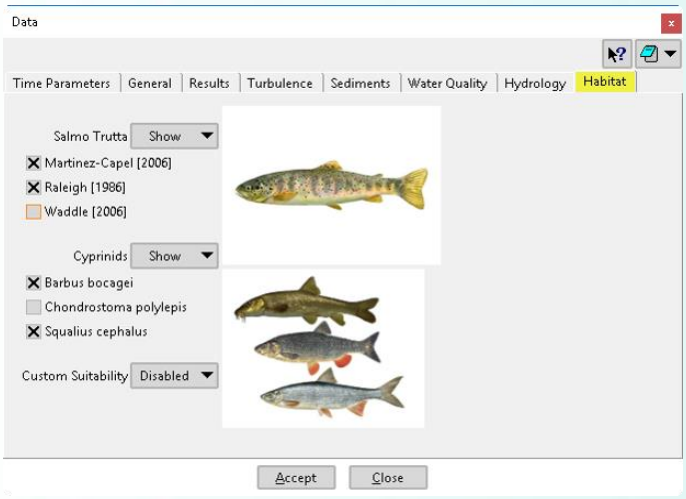
CLAVE:	004	NOMBRE:	Iber: Herramienta de simulación numérica del flujo en ríos

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.6.1	Gestión de los riesgos de inundación
3.4.3	Definición de los regímenes de caudales ecológicos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: Iber es un modelo matemático bidimensional para la simulación del flujo en lámina libre, los procesos morfodinámicos, de transporte y simulación del hábitat y de la calidad del agua en ríos y estuarios, que está basado en la discretización mediante elementos finitos. Para ello la herramienta consta de diversos módulos de cálculo acoplados entre sí que se utilizan en función del tipo de estudio que se desee realizar. El módulo de cálculo hidrodinámico bidimensional se completa con otros módulos para estudio de turbulencias, transporte de sedimentos, calidad del agua, procesos hidrológicos y simulación del hábitat. Con todo ello, algunos de los campos de aplicación de la versión actual de Iber son:

- Simulación del flujo en lámina libra en cauces naturales.
- Evaluación de zonas inundables. Cálculo de las zonas de flujo preferente.
- Cálculo hidráulico de encauzamientos.
- Cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre.
- Cálculo de corrientes de marea en estuarios.
- Estabilidad de los sedimentos del lecho.
- Procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.
- Disponibilidad de hábitat para la ictiofauna.

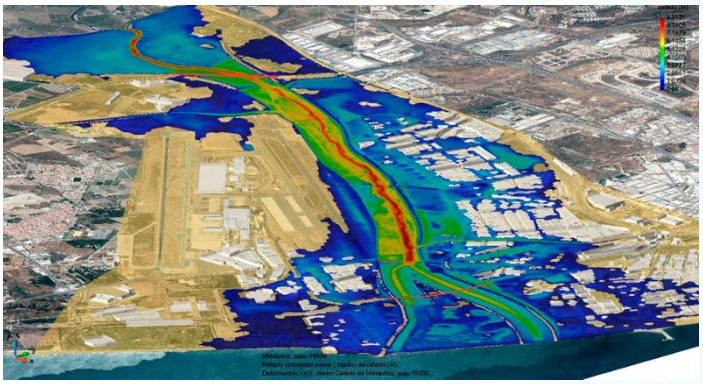


Resultados que produce: Los resultados dependen del tipo de estudio que se realice y, en consecuencia, de los módulos utilizados. Se dispone de un programa de postproceso que facilita la interpretación de esos resultados. Como ejemplos de aplicación, entre otros que pueden encontrarse en Bladé y otros (2014), se describe el cálculo de velocidades en un tramo de río con azud y escala de peces, el cálculo de zonas inundables en un tramo de río con un puente anegado, un canal de eslalon dentro del cauce de un río o el efecto de una infraestructura en los niveles de inundación.

Información necesaria para utilizar el recurso: La interfaz de preproceso facilita la construcción y documentación de la malla de cálculo, conforme a los requisitos del modelo numérico a utilizar, partiendo para ello de información preparada en formatos GIS.

Lleva asociada información de referencia para diversos cálculos. Por ejemplo, incorpora una amplia colección de curvas de preferencia de hábitat para la fauna de peces.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO



Entre las aplicaciones más destacadas del modelo Iber debe mencionarse la cartografía de las zonas catalogadas como con riesgo significativo de inundación.

El modelo ha sido ampliamente utilizado tanto por empresas de ingeniería como por Administraciones públicas. También en el mundo académico cuenta con un gran número de usuarios en Europa e Iberoamérica, con muy diversas finalidades.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Autores: Iber ha sido desarrollado a partir de la colaboración del Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente de la Universidad de A Coruña, del Grupo de Ingeniería Matemática de la Universidad de Santiago de Compostela y del Instituto Flumen, en el que participan la Universidad Politécnica de Cataluña y el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Además, la herramienta ha sido impulsada por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

Condiciones de utilización: Iber es un modelo de uso libre que puede descargarse sin dificultad registrándose en la plataforma de Iberaula (www.iberaula.es).
Su motor numérico es el código de FORTRAN F90. Se puede descargar en versiones para Windows o Linux. La actualización más reciente corresponde con la V 3.4.0.

Enlace para descarga: www.iberaula.es
Junto al modelo se ofrece documentación adicional, soporte a través de un foro de discusión y cursos de formación, tanto presenciales como *on-line*.

Contacto: collaborations@iberaula.es, o bien, ceh_comunicacion@cedex.es

REFERENCIAS

Bladé, E.; Cea, L.; Corestein, G.; Escolano, E.; Puertas, J.; Vázquez-Cendón, E.; Dolz, J., y Coll, A. (2014)*: Iber: herramienta de simulación numérica del flujo en ríos*. Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería 30 (1): 1-10.

Sanz-Ramos, M.; Bladé, E.; Palau, A.; Vericat, D., y Ramos-Fuertes, A. (2019): *IberHABITAT: Evaluación de la idoneidad del hábitat físico y del hábitat potencial útil para peces. Aplicación en el río Eume*. Ribagua, 6:2, 158-167.

Sanz-Ramos, M.; Sañudo Costoya, E.; López-Gómez, D.; García-Feal, O.; Bladé, E. y Cea, L. (2025): *Evolución de la modelización numérica bidimensional del flujo en lámina libre a través del software Iber*. Revista Ingeniería del Agua, 29(2): 114-131.

VERSIONES DE ESTA FICHA

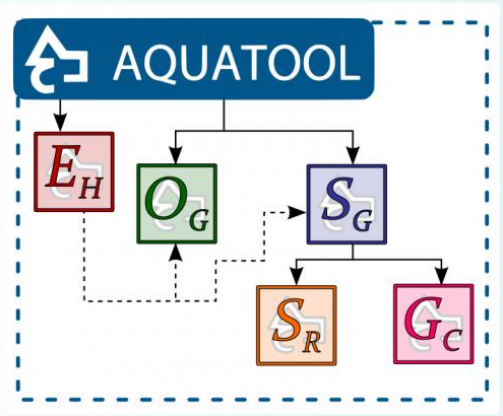
Edición	Fecha	Modificaciones
1	19/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	005	NOMBRE:	Entorno de desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación hidrológica (AQUATOOL)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Elaboración del inventario de recursos hídricos
3.4.3	Definición de los regímenes de caudales ecológicos
3.4.2	Inventario de presiones y análisis de presiones e impactos
3.5.2	Evaluación del estado de la calidad de las aguas y objetivos de calidad
3.4.4	Balances entre recursos y demandas

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: AQUATOOL es un interfaz o entorno de trabajo para el desarrollo y análisis de sistemas de ayuda a la decisión en planificación y gestión de cuencas. El contenido del programa es una serie de fichas interactivas que permiten la edición de los datos necesarios para el análisis de alternativas de gestión de los recursos hídricos de cuencas hidrográficas. Como entorno de trabajo proporciona acceso directo a otros programas que realizan funciones específicas relacionadas con el análisis de la gestión de una cuenca. Todos estos programas, que son objeto de presentación en otros recursos técnicos igualmente desarrollados (6-EvalHid, 8-OPTIGES, 7-SIMGES, 9-SIMRISK, 10-GESCAL), quedan integrados y coordinados bajo la interfaz AQUATOOL, facilitando que el usuario pueda manejarlos sin notar que está cambiando de programa. Existe además otro software relacionado, que permite resolver algunos problemas específicos, vinculados con este tipo de trabajo, algunos de cuyos principales elementos también se describen entre los recursos técnicos que acompañan a esta Guía.



Resultados que produce: Las salidas dependen de los programas que se utilicen. SIMGES facilita la simulación de la gestión de cuencas incluyendo la utilización conjunta de agua superficial y subterránea, GESCAL simula la calidad de las aguas a escala de la cuenca hidrográfica, OPTIGES busca una solución óptima para la gestión, SIMRISK realiza una simulación múltiple de la gestión de los sistemas para calcular los riesgos ligados a dicha gestión, EvalHid calcula la transformación de precipitación en aportación para alimentar los otros módulos. Además, eGraf es un programa de tratamiento de resultados gráficos de la información generada por los otros módulos y exTopo permite la exportación de la topología del grafo de simulación a formato vectorial.

Información necesaria para utilizar el recurso: La información requerida depende de los módulos o modelos a utilizar. En esencia se precisarán datos de aportaciones, que si son estimados con EvalHid se precisará información sobre precipitaciones y ETP. Además, se precisará configurar el grafo del sistema de simulación, añadiendo una serie de nudos y conducciones cuyas características dependerá de su tipología y que, en esencia, deben contener la información necesaria y suficiente para simular el balance entre aportaciones y demandas, considerando la posible existencia de embalses, de acuíferos y de conducciones naturales (ríos) o artificiales.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
El conjunto de herramientas AQUATOOL ha sido usado como soporte general de la planificación hidrológica llevada a cabo en España desde finales del siglo XX a la actualidad. Además, estas herramientas han sido usadas con profusión en Latinoamérica, en diversas zonas de Europa y en otros territorios. Entre todos ellos, además de España, pueden citarse, entre otros, los siguientes países: Argentina, Brasil, Italia, México, Bosnia, Chile, Marruecos, Argelia, Ecuador, Perú y otros.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: AQUATOOL ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia, dirigidos inicialmente por el profesor Joaquín Andreu, y actualmente por los profesores Abel Solera y Javier Paredes. Es un software en continuo desarrollo, las versiones más recientes GeoAquaTool y Aquatool 2025 suponen una nueva generación de programas donde el paso temporal es libre, configurable por el usuario, desde diario a mensual. Ver: AQUATOOL2025 - Manual Tecnico.pdf
Condiciones de utilización: Existen versiones gratuitas para estudiantes, y otras plenamente operativas para instituciones de carácter público que hagan utilización del sistema para fines no lucrativos. Las versiones para uso comercial requieren un pago de licencia según las condiciones que se explican en: https://aquatool.webs.upv.es/aqt/licencias/
Enlace para descarga: El paquete Aquatool, en la versión 6.7.21, de 20 de enero de 2024, se puede descargar en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/AquaToolPlus_Setup.zip
Contacto: Javier Paredes Arquiola (jparedea@hma.upv.es) o Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS
Andreu, J.; Capilla, J., y Sanchís, E. (1996): *AQUATOOL, a generalized decision-support system for water-resources planning and operational management*. Journal of Hidrology, 177 (3-4). Pág: 269-291. **Solera, A.; Paredes, J., y Andreu, J. (2015)***: AQUATOOL+ Entorno de desarrollo de sistemas de ayuda a la decisión en materia de planificación de la gestión de cuencas hidrográficas incluyendo utilización conjunta y criterios de calidad de aguas. Manual de Usuario. v.1.0*. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquatool/ManualAquaToolPlus.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	10/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	006	NOMBRE:	Evaluación de los recursos hídricos (EVALHID)

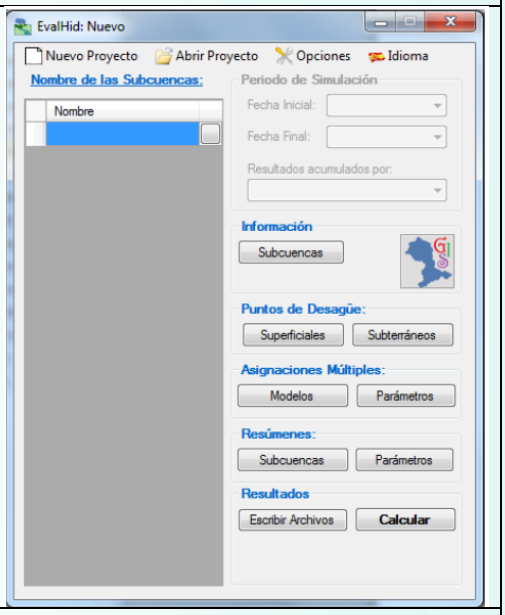
TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Elaboración del inventario de recursos hídricos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: EVALHID es una herramienta, actualmente integrada en la interfaz AQUATOOL, que permite el cálculo de la transformación de la precipitación en escorrentía. Realiza el cálculo de forma agregada, en cuencas complejas, con el objetivo de estimar la cantidad de recurso hídrico que producen.

El módulo cuenta con varios tipos de modelos hidrológicos (Témez, HBV y Sacramento, entre otros) y dos modelos de nieve, que se pueden escoger en función de los datos disponibles, de la complejidad y características de la cuenca a estudiar y de la práctica del usuario en el desarrollo y calibración de modelos hidrológicos. Todos ellos se pueden aplicar de forma semidistribuida.

El paso temporal en que se realiza el balance, diario, semanal o mensual, es configurable, dependiendo de la información disponible.



Resultados que produce: Las salidas del programa son los valores de aportaciones calculados y también, opcionalmente, de infiltraciones. La herramienta proporciona datos en forma de tablas y gráficos que permiten analizar la bondad de los resultados.

Información necesaria para utilizar el recurso: El programa requiere datos en series temporales de precipitación y ETP, también temperaturas en el caso de utilizar los módulos de fusión nival. Además, se precisa un archivo de datos generales, otro de configuración y otro de etiquetas. El programa dispone de una interfaz que ayuda en la creación de estos archivos.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

Este recurso es comúnmente utilizado por diversas autoridades de cuenca españolas para ajustar la información del inventario de recursos, previamente a su inclusión en modelos de simulación de la gestión de cuencas, en el marco de la revisión sexenal de los planes de los planes hidrológicos. También ha sido ampliamente utilizado en Latinoamérica.

En el ámbito latinoamericano se ha usado, por ejemplo, para la evaluación de recursos hídricos de Honduras.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: El módulo EvalHid ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.
Condiciones de utilización: Licencia gratuita para cualquier usuario, siendo necesario registrase en https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/licencias/registro_es.php. Se puede instalar y ejecutar en ordenadores PC sin especiales requerimientos.
Enlace para descarga: Evalhid se descarga con el paquete Aquatool+ en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/AquaToolPlus_Setup.zip Además, también puede disponerse de la última versión individualizada, de julio de 2016, en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/EvalHid_Setup.zip
Contacto: Javier Paredes Arquiola (jparedea@hma.upv.es) o Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS
Paredes, J.; Solera, A.; Andreu, J. y Lerma, N. (2017)*: Herramienta EvalHid para la evaluación de recursos hídricos. Manual Técnico v.1.1*. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquatool/Manual_Tecnico_EvalHid.pdf

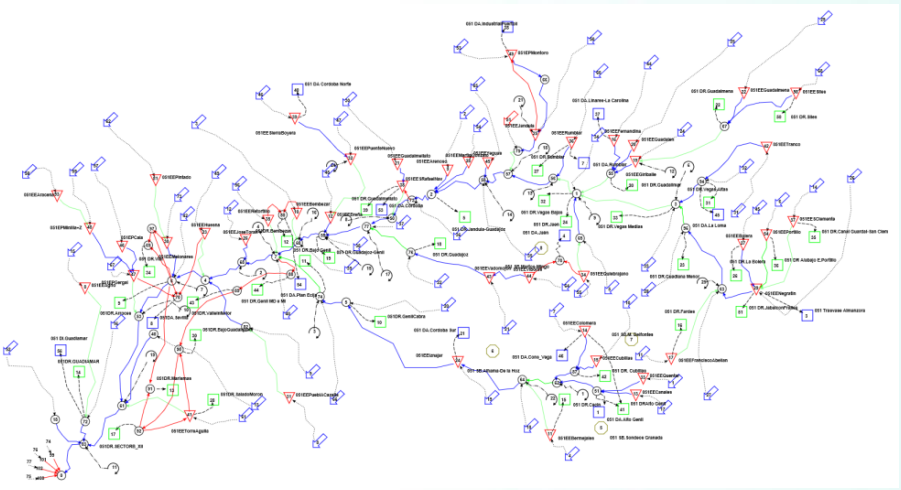
VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	10/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	007	NOMBRE:	Modelo General para la Simulación de la Gestión de Cuencas (SIMGES / AQT-SIM)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.4.4	Balances entre recursos y demandas
3.4.4	Asignación y reserva de recursos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: SIMGES es la herramienta general de simulación del comportamiento de sistemas de explotación de recursos hídricos complejos, en los que se dispone de elementos de regulación o almacenamiento tanto superficiales como subterráneos, de captación, de transporte, de utilización y consumo, y de dispositivos de recarga artificial. El modelo admite cualquier configuración dentro de unos límites impuestos por las capacidades del hardware. La simulación se efectúa con paso mensual (o a definir por el usuario en la versión AQT-SIM), reproduciendo el paso del agua a través del sistema. En los subsistemas superficiales el flujo se calcula por continuidad o balance.



Los acuíferos y las relaciones río-acuífero se simulan con diversos tipos de modelos. SIMGES considera también los retornos a las aguas superficiales y los que se infiltran en los acuíferos, así mismo tiene en cuenta las pérdidas por evaporación y filtración en embalses y cauces, y las relaciones entre las aguas superficiales y las subterráneas. La gestión se simula con unas reglas de operación tendentes a mantener un determinado nivel de llenado en los embalses. Admite la definición de caudales mínimos ecológicos, y de diferentes prioridades de los usuarios para el aprovechamiento del agua. Un algoritmo de optimización se encarga de buscar la satisfacción de los múltiples objetivos de minimización de los déficits y de máxima adaptación a las curvas objetivo de embalse.

Resultados que produce: El modelo ofrece datos mensuales (o de otro paso temporal en AQT-SIM) a lo largo de todo el periodo de simulación sobre los caudales circulantes por todos los arcos y los volúmenes almacenados en los nodos capacitivos. Complementariamente ofrece información procesada que informa sobre déficits, demanda servida, producción hidroeléctrica, número de fallos bajo determinados criterios, etc. SIMGES es un paso previo y necesario para poder utilizar otros módulos de AQUATOOL, como son SIMRISK o GESCAL, que trabajan con los resultados del primero.

Información necesaria para utilizar el recurso: Se precisan los datos mínimos pertinentes para configurar el esquema físico de simulación, y series mensuales (o del periodo temporal seleccionado en AQT-SIM) de aportaciones con la longitud del periodo que se desee simular.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

Este recurso es comúnmente utilizado por diversas autoridades de cuenca españolas para el cálculo de los balances recogidos en los planes hidrológicos y, con base en ellos, establecer la asignación de recursos a las correspondientes demandas.

Asimismo, SIMGES es también muy utilizado en estudios de alternativas de regulación, donde se quiere valorar la eficacia de unas soluciones frente a otras, valorando, por ejemplo, la satisfacción de determinados criterios de garantía en la satisfacción de las demandas.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Autores: El módulo SIMGES ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.

Condiciones de utilización: Existen versiones gratuitas para estudiantes, y otras plenamente operativas para instituciones de carácter público que hagan utilización del sistema para fines no lucrativos. Las versiones para uso comercial requieren un pago de licencia según las condiciones que se explican en: https://aquatool.webs.upv.es/aqt/licencias/

Enlace para descarga: SIMGES se descarga con el paquete Aquatool+ (versión 6.7.21, de 20 de enero de 2024) en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/AquaToolPlus_Setup.zip
Se encuentra en desarrollo la nueva versión GeoAquaTool (Aquatool 2025), que incluye AQT-SIM (AQT-SIM – AquaTool).

Contacto: Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o Javier Paredes Arquiola (jparedea@hma.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS

Andreu, J.; Solera, A.; Capilla, J. y Ferrer, J. (2008)*: Modelo SIMGES de Simulación de la Gestión de Recursos Hídricos, incluyendo Utilización Conjunta.* Manual del Usuario. Versión 3.03.01. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquatool/ManualSimGesEsp.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	10/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	008	NOMBRE:	Optimización del reparto mensual de agua en una cuenca (OPTIGES)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.4.4	Balances
3.4.4	Asignación y reserva de recursos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: El módulo OPTIGES de AQUATOOL está diseñado para resolver el problema del reparto mensual de agua en una cuenca. A partir de la versión AQT-OPT el paso de tiempo es variable, de diario a mensual. El modelo realiza la optimización de ese reparto para los periodos de tiempo establecidos por el usuario. Así, calcula la distribución óptima del agua precisando pocos datos de entrada: aportaciones, conexiones, embalses y demandas. Esto supone una gran ventaja para su uso en sistemas complejos de los que se dispone de una limitada información o cuando se pretende obtener conclusiones generales a escala anual, valorando unas soluciones frente a otras.

La versión AQT-OPT permite la optimización de un modelo previamente desarrollado con SIMGES o AQT-SIM. Esto es, con todo el detalle en la definición de elementos que tenía el primero.

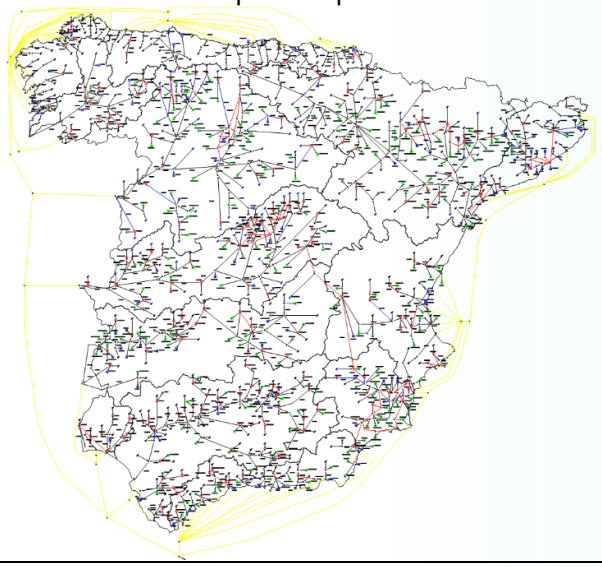
A la hora de analizar los resultados, hay que considerar que la gestión óptima calculada no es comparable a la realidad, ya que el modelo conoce con antelación cuáles van a ser las aportaciones hídricas futuras, circunstancia que no se da en condiciones reales.

Resultados que produce: El modelo proporciona las soluciones óptimas de acuerdo con su función objetivo, dando como resultado valores de volúmenes embalsados, caudales circulantes y déficits, en cada mes para cada año, así como un resumen final que incluye valores medios, mensuales y anuales de todas las variables, número de fallos y garantías según distintos criterios, y déficits máximos. Estos resultados, en forma de tabla, pueden leerse con el módulo de gráficos eGraf, de la interfaz de AQUATOOL, que facilita su representación.

Información necesaria para utilizar el recurso: Se precisan los datos mínimos pertinentes para configurar el esquema físico del modelo (nodos y conducciones), incluyendo las características de las demandas, y también las series mensuales (o del periodo temporal seleccionado en AQT-OPT) de aportaciones con la longitud del periodo con que se desee trabajar.
A partir de la versión (3.0) se permite considerar acuíferos. Para usar esta posibilidad es preciso incorporar los elementos básicos que los describen, así como los que controlan la relación río-acuífero.
AQT-OPT puede usar todos los elementos incorporados en SIMGES o AQT-SIM.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

OPTIGES ha sido, y sigue siendo, una herramienta muy usada, especialmente en España, Europa y Latinoamérica. Es la herramienta de optimización con la que se estudian los esquemas simplificados de las cuencas españolas para su consideración conjunta, tal y como fue inicialmente planteado en el Libro Blanco del Agua, publicado por el Ministerio de Medio Ambiente en el año 2000, y que es actualmente mantenido y actualizado en el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.



También es la herramienta utilizada para estudiar determinados problemas complejos, como puede ser la regla de operación del trasvase por el Acueducto Tajo-Segura.

Además, OPTIGES también se ha utilizado para analizar los efectos del cambio climático sobre los sistemas de explotación de los recursos hídricos en diversas cuencas españolas.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Autores: El módulo OPTIGES ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.

Condiciones de utilización: Existen versiones gratuitas para estudiantes, y otras plenamente operativas para instituciones de carácter público que hagan utilización del sistema para fines no lucrativos. Las versiones para uso comercial requieren un pago de licencia según las condiciones que se explican en: https://aquatool.webs.upv.es/aqt/licencias/

Enlace para descarga: OPTIGES se descarga con el paquete Aquatool+ (versión 6.7.21, de 20 de enero de 2024) en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/AquaToolPlus_Setup.zip
Se encuentra en desarrollo la nueva versión GeoAquaTool (Aquatool 2025), que incluye AQT-OPT (https://aquatool.webs.upv.es/aqt/aqt-opt/).

Contacto: Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS

Andreu, J.; Solera, A.; Capilla, J. y Ferrer, J. (2008)*: Modelo SIMGES de Simulación de la Gestión de Recursos Hídricos, incluyendo Utilización Conjunta.* Manual del Usuario. Versión 3.03.01. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquatool/ManualSimGesEsp.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	11/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	009	NOMBRE:	Modelo SIMRISK de Simulación de la Gestión de los Recursos Hídricos con Estimación del Riesgo.

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.6.1	Consideración de los fenómenos extremos: sequías e inundaciones
3.4.4	Balances de recursos-demandas. Asignación y reserva de recursos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: El módulo SIMRISK de AQUATOOL, y en particular su reciente versión AQT-RISK, es un modelo general para la simulación de la gestión de cuencas, o sistemas de recursos hídricos complejos, específicamente preparado para la estimación del riesgo por razón de sequía en la gestión a corto o medio plazo de estos sistemas complejos.

El programa trabaja con sistemas en los que se dispone de elementos de regulación o almacenamiento, tanto superficiales como subterráneos, de captación, de transporte, de utilización o consumo y de dispositivos de recarga artificial. Este módulo ha sido desarrollado con base en el modelo SIMGES (Ver ficha 007), con el que guarda una estrecha relación.

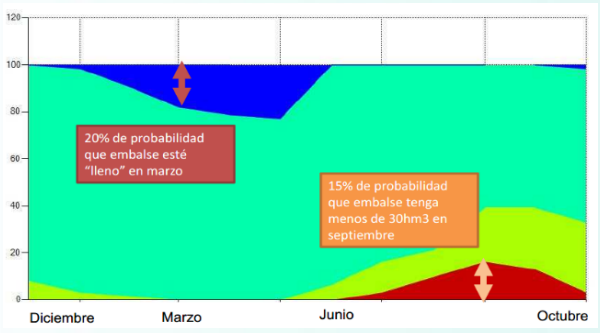
SIMRISK trabaja sobre la base de SIMGES pero, en este caso, repitiendo numerosas simulaciones con un periodo de tiempo de longitud dada y múltiples series hidrológicas, que pueden ser generadas con MASHWIN (ver ficha 014).

A partir de los resultados de estas simulaciones, que son de paso temporal variable, desde diario hasta mensual, confecciona índices estadísticos que evalúan la situación de riesgo hidrológico del sistema para horizontes temporales de días, semanas o meses.

También permite analizar el efecto de introducir determinadas medidas de restricción de la disponibilidad mediante, por ejemplo, coeficientes de reducción de las demandas.

Resultados que produce: El modelo proporciona como resultado diversos indicadores de riesgo respecto al fallo de las demandas y respecto a alcanzar determinados niveles de vaciado o llenado de los embalses del sistema, que pueden representarse gráficamente.

La versión AQT-RISK permite también determinar la probabilidad de fallo de un caudal ecológico de la calidad de las masas de agua para periodos futuros.



Información necesaria para utilizar el recurso: SIMRISK precisa de un modelo SIMGES previo, por lo que es necesario contar con los datos que esta segunda herramienta precisa. Además, SIMRISK requiere algunos datos adicionales con los que organizar la simulación múltiple y las potenciales restricciones, y por supuesto las múltiples series de aportaciones con las que se haya decidido trabajar.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
SIMRISK ha sido utilizado para valorar riesgos en situaciones de sequía, en particular en las cuencas españolas del Júcar, Tajo, Segura o Duero; orientando la toma de decisiones sobre el nivel aconsejable en los embalses y la identificación del momento en que se deberán adoptar medidas para la mitigación de los efectos de las sequías. Ha sido un instrumento eficaz para ajustar reglas de explotación en algunos de los planes especiales de sequía que se preparan en España regularmente, para los mismos ámbitos territoriales que el de los planes hidrológicos de cuenca.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: El módulo SIMRISK ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.
Condiciones de utilización: Existen versiones gratuitas para estudiantes, y otras plenamente operativas para instituciones de carácter público que hagan utilización del sistema para fines no lucrativos. Las versiones para uso comercial requieren un pago de licencia según las condiciones que se explican en: https://aquatool.webs.upv.es/aqt/licencias/
Enlace para descarga: SIMRISK se descarga con el paquete Aquatool+ en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/AquaToolPlus_Setup.zip Se encuentra en desarrollo la nueva versión GeoAquaTool (Aquatool 2025), que incluye AQT-RISK (https://aquatool.webs.upv.es/aqt/aqt-risk/).
Contacto: Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS
Andreu, J.; Solera, A.; Capilla, J. y Sánchez, S.T. (2008): *Modelo SIMRISK de Simulación múltiple de la Gestión de Recursos Hídricos con estimación del riesgo, incluyendo Utilización Conjunta.* Manual del Usuario. Versión 2.4. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquatool/ManSimriskEsp.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	11/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

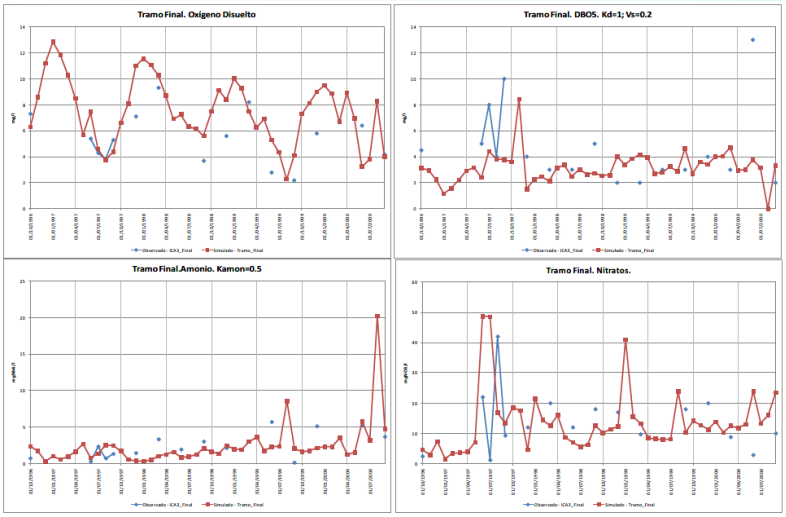
CLAVE:	010	NOMBRE:	Modelo GESCAL para la simulación de la calidad del agua en sistemas de recursos hídricos.

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.4.2	Inventario de presiones y análisis de presiones e impactos
3.5.2	Evaluación del estado de las aguas y objetivos de calidad

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: El módulo GESCAL de AQUATOOL es una herramienta para la modelación de la calidad del agua en tramos concretos y, también, a escala de cuenca. Este programa no intenta representar la evolución de la calidad frente a eventos puntuales, sino reflejar la evolución espacio temporal de la calidad del agua en los sistemas modelados, como fruto de las distintas soluciones alternativas de gestión, tratamiento de las aguas, contaminación o uso del recurso que se consideren.

Aunque el programa ha sido diseñado para modelar la calidad del agua en sistemas complejos que hayan sido simulados con SIMGES (Ver ficha 007), no deja de ser muy interesante su aplicación a pequeña escala, como pueden ser tramos específicos de río o el análisis de un único embalse. En este contexto, GESCAL considera exclusivamente la modelización de la calidad en tramos de río o canal (conducciones) y embales o lagos, y lo hace simultáneamente, de forma integrada con el resto de los elementos del sistema. Así, la calidad en un tramo de río o en un embalse no solo depende de los procesos que en ellos acontecen sino también de la gestión del sistema en su conjunto y del estado de los distintos elementos relacionados con el elemento en estudio.



Resultados que produce: Los constituyentes que se pueden modelar, y sobre los que produce resultados, a la escala de tiempo seleccionada por el usuario, de diario a mensual, vinculados a los ya proporcionados por el módulo SIMGES, son los siguientes: temperatura, contaminantes específicos conservativos, oxígeno disuelto y materia orgánica carbonosa, ciclo del nitrógeno y eutrofización (nitrógeno, clorofila-a, fósforo orgánico e inorgánico).

Información necesaria para utilizar el recurso: GESCAL precisa de un modelo SIMGES previo, por lo que es necesario contar con los datos que esta segunda herramienta precisa. Además, requiere información específica adicional, en concreto las concentraciones de los constituyentes que se deseen modelar. Si no se introduce la concentración, la sustancia no se modela. Lógicamente, algunas sustancias están vinculadas entre sí; por ejemplo, para simular el ciclo del nitrógeno se

precisan datos de nitrógeno, amonio y nitrato. Así mismo, es de interés disponer de información de redes de control para el contraste de resultados y la calibración del modelo.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

Las aplicaciones de GESCAL han sido muy diversas, desde las generales para cuencas o sistemas de explotación de cara a la estimación de los objetivos ambientales alcanzables bajo un determinado programa de medidas, al tratamiento de problemas específicos de contaminación o eutrofización. En España ha sido utilizado por la práctica totalidad de las autoridades de cuenca para los fines descritos, además también ha sido aplicado internacionalmente, destacando en particular diversos casos de uso en Latinoamérica.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Autores: El módulo GESCAL ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.

Condiciones de utilización: Existen versiones gratuitas para estudiantes, y otras plenamente operativas para instituciones de carácter público que hagan utilización del sistema para fines no lucrativos. Las versiones para uso comercial requieren un pago de licencia según las condiciones que se explican en: https://aquatool.webs.upv.es/aqt/licencias/

Enlace para descarga: GESCAL se descarga con el paquete Aquatool+ en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/AquaToolPlus_Setup.zip.
Se encuentra en desarrollo la nueva versión GeoAquaTool (Aquatool 2025), que incluye AQT-CAL (https://aquatool.webs.upv.es/aqt/aqt-cal/).

Contacto: Javier Paredes Arquiola (jparedesa@upvnet.upv.es), o Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS

Paredes, J.; Solera, A. y Andreu, J. (2013): *Modelo GESCAL para la simulación de la calidad del agua en sistemas de recursos hídricos.* Manual del Usuario. Versión 2.0. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquatool/ManualGescal.pdf

Paredes, J. y Solera, A. (sf**)**: *Desarrollo de un modelo de control de vertidos con la herramienta GESCAL del sistema de apoyo a la decisión AQUATOOL*. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/ejercicios/ejercicio2gescal/EnunciadoVertido.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	11/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	011	NOMBRE:	RStudio: *Integrated development environment* (IDE)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Inventario de los recursos hídricos

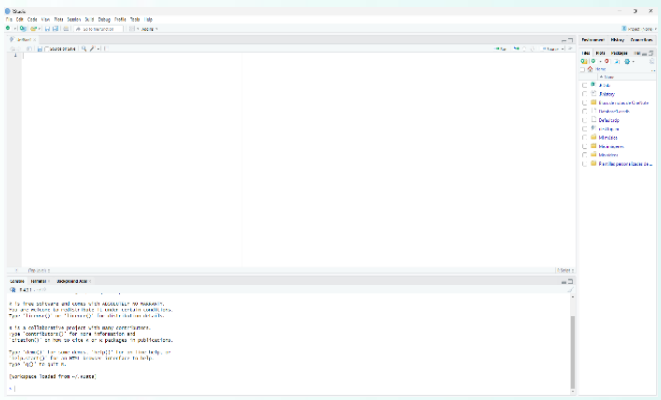
DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: RStudio es un entorno de desarrollo integrado (IDE) especialmente diseñado para trabajar con el lenguaje de programación R, el cual es ampliamente utilizado en análisis estadístico, ciencia de datos, minería de datos, *machine learning* y visualización de datos.

RStudio proporciona una interfaz gráfica amigable que facilita la escritura, ejecución, depuración y organización del código R. Está pensado para mejorar la productividad tanto de usuarios principiantes como avanzados, permitiendo desarrollar proyectos complejos de forma más ordenada y eficiente.

Además, RStudio se puede utilizar tanto en versión de escritorio como en versión web (RStudio Server), lo cual lo hace accesible en distintos entornos de trabajo, incluyendo laboratorios académicos, servidores remotos y plataformas colaborativas.

- Editor de scripts con resaltado de sintaxis.
- Consola interactiva para ejecutar código R directamente.
- Panel de entorno para visualizar objetos y variables.
- Soporte para gráficos, vistas previas de datos y resultados en tiempo real.
- Integración con R Markdown para crear informes reproducibles.
- Compatible también con Python y otras herramientas de ciencia de datos.



Resultados que produce: Los resultados que se obtienen con RStudio varían según el tipo de análisis realizado y los paquetes utilizados. Entre ellos se incluyen salidas numéricas, modelos estadísticos, gráficos y documentos que integran texto, código y resultados. También es posible generar informes en distintos formatos (como PDF o HTML), exportar datos procesados o crear aplicaciones interactivas con la herramienta Shiny. Esta variedad de resultados hace de RStudio una herramienta muy versátil tanto para el análisis exploratorio como para la presentación y automatización de informes en entornos académicos y profesionales. Por ejemplo, en estudios hidrográficos, RStudio puede emplearse para analizar series temporales de caudales, calcular umbrales de alerta por crecidas o representar gráficamente perfiles longitudinales de un río a partir de datos topográficos y batimétricos.

Información necesaria para utilizar el recurso: Para utilizar RStudio es necesario contar con el lenguaje de programación R instalado previamente, así como disponer de los conjuntos de datos que se desean analizar, preferiblemente en formatos compatibles como CSV o Excel. La interfaz

permite cargar y manipular estos datos fácilmente, apoyándose en paquetes especializados según el tipo de análisis requerido. Además, se recomienda tener conocimientos básicos de programación en R y una estructura organizada de carpetas y archivos para facilitar la gestión del proyecto.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

RStudio tiene capacidad para gestionar grandes volúmenes de datos, automatizar procesos y generar análisis reproducibles. Entre sus aplicaciones más destacadas se encuentra el análisis de series temporales de caudales y precipitaciones, el cálculo de indicadores hidrológicos como el Q95 o el índice de escasez, la modelización estadística de eventos extremos mediante distribuciones de probabilidad, y la representación gráfica de resultados mediante mapas o perfiles longitudinales. También se utiliza en la elaboración de balances hídricos, evaluación de la demanda y oferta de recursos, y en la integración con SIG mediante paquetes como *sf* o raster, lo que facilita el análisis espacial aplicado a cuencas hidrográficas.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN

Autores: RStudio fue creado por **J.J. Allaire**, fundador de la empresa RStudio, PBC (antes llamada RStudio, Inc.). J.J. Allaire es un desarrollador de software y empresario reconocido por su trabajo en herramientas para programación y análisis de datos. El desarrollo de RStudio contó con un equipo de ingenieros y colaboradores que han ido ampliando y mejorando la plataforma desde su lanzamiento inicial en 2011.

Condiciones de utilización: RStudio es un lenguaje de programación de código abierto y uso libre que puede descargarse fácilmente desde su repositorio oficial. Su núcleo está desarrollado en C y Fortran, garantizando un rendimiento eficiente. Está disponible para sistemas operativos Windows, Mac y Linux.

Enlace para descarga: https://posit.co/download/rstudio-desktop/

REFERENCIAS

Slater, L. J., Freer, J. E., & Wagener, T. (2019). *Using R in hydrology: A review of recent developments and future directions.* Hydrology and Earth System Sciences, *23*(7), 2.939–2.963.

Astagneau, P. C., Thirel, G., Delaigue, O., Guillaume, J. H. A., Parajka, J., Brauer, C. C., Viglione, A., Buytaert, W., & Beven, K. J. (2021). *Technical note: Hydrology modelling R packages – a unified analysis of models and practicalities from a user perspective*. Hydrology and Earth System Sciences, 25(7), 3.937–3.973.

CRAN Task View: Hydrological Data and Modeling. (2019). *CRAN*. Recuperado de https://cran.r-project.org/web/views/Hydrology.html

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	07/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	012	NOMBRE:	Respuesta Rápida al Estado Ambiente (RREA)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.4.2	Inventario de presiones y análisis de presiones e impactos
3.5.2	Establecimiento de objetivos ambientales

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: El modelo RREA tiene como objetivo estimar el efecto de diferentes presiones ambientales sobre la calidad del agua de masas de agua superficial continentales. Está pensado para su aplicación a escala de grandes sistemas de recursos hídricos en el ámbito de la planificación hidrológica. Su utilidad es muy variada permitiendo, por ejemplo: estimar las condiciones fisicoquímicas en zonas o masas de agua no muestreadas, estimar la eficacia de las medidas de tratamiento de aguas residuales o calcular la situación del sistema ante diferentes escenarios (cambio climático, épocas de sequía, etc.).

El programa estima concentraciones de contaminantes en las masas de agua superficial teniendo en cuenta la carga contaminante que se genera en la cuenca vertiente a la masa, la contaminación que proviene de aguas arriba y la degradación que se produce en la propia masa de agua.

Parametro	Opcion	Obs
Fecha	01/10/2020	Fecha inicial de simulación
Num_sim	2	Número de tiempos a simular
Op_Dem	0	1 Simula demandas, 0 no simula
Op_Qeco	0	1 Calcula cumplimientos caudales ecológico, 0 no considera
Op_Tagua	0	1 Tiene en cuenta la temperatura del agua, 0 no la tiene en cuenta
Op_Qobs	0	1 Considera caudales observados, 0 no los considera
Op_Vobs	0	1 Considera Volúmenes de embalse observados, 0 no
Op_Carga_Var	0	1 Tiene en cuenta la carga Variable, 0 no la tiene en cuenta
Simbolo_masa_cont	_	Símbolo de separación entre masa de agua y contaminante en el archivo de carga variable

Resultados que produce: El modelo produce varios archivos de resultados, por un lado se obtienen las series temporales de caudales circulantes por cada masa de agua, por otro un archivo de resultados por cada contaminante modelado con datos de concentración (mg/l) en cada masa de agua, además se ofrecen los fallos de caudal ecológico en cada masa de agua y, finalmente, una matriz con tantas filas como masas de agua y columnas como contaminantes, donde se indica el porcentaje de meses en que la concentración ha sido mayor al umbral establecido y, en su caso, también se indica si se han dado meses con caudal nulo.

Información necesaria para utilizar el recurso: Como datos de entrada imprescindibles se precisan las características físicas de la red de flujo (longitud del tramo o volumen del reservorio), las aportaciones en puntos significativos (datos en hm3/mes de series completas con periodo común) y los datos de cargas contaminantes (carga kg/mes de los contaminantes a estudiar), sus normas de calidad y sus constantes de degradación. Además, opcionalmente, pueden utilizarse datos de extracciones de agua, temperatura del agua, caudales ecológicos, caudales circulantes y volúmenes almacenados en embalses o lagos.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

Este recurso es comúnmente utilizado por diversas autoridades de cuenca españolas en el marco de la revisión sexenal de los planes de los planes hidrológicos de cuenca.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: El modelo RREA ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.
Condiciones de utilización: Licencia gratuita para cualquier usuario, siendo necesario registrase en https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/licencias/registro_es.php. Se puede instalar y ejecutar en ordenadores PC sin especiales requerimientos.
Enlace para descarga: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/RREA_programa.zip La versión más reciente es la 4, de enero de 2024.
Contacto: Javier Paredes Arquiola (jparedesa@upvnet.upv.es), o Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS
Paredes Arquiola, Javier: *Manual técnico del modelo RREA: Respuesta Rápida del Estado Ambiental de las Masas de Agua Superficiales Continentales*. Versión 3.0. Enero de 2021. Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. En: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/rrea/ManualT%C3%A9cnicoModeloRREA_V3.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	03/03/2025	Primera redacción
2	10/10/2025	Primera actualización

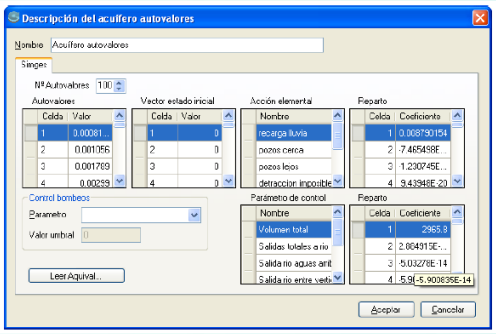
CLAVE:	013	NOMBRE:	AQUIVAL: Simulación de acuíferos por el método de los autovalores

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.4.4	Balance entre recursos y demandas
3.3.5	Geología e hidrogeología

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

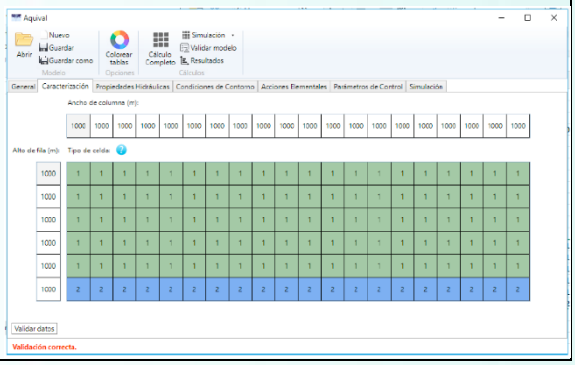
Presentación: AQUIVAL ha sido desarrollado con el propósito de ayudar al usuario en la elaboración de un modelo de fácil manejo para la simulación de acuíferos por el método de los autovalores.

Una de sus principales utilidades es la de producir los datos para integrar el citado modelo en autovalores en el programa SIMGES (Ver ficha 007), para su simulación dentro de un modelo general de un sistema de explotación considerando el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas.



Resultados que produce: La simulación con AQUIVAL produce dos archivos de resultados principales: 1) series de resultados de los parámetros de control seleccionados (niveles y caudales) con el paso de tiempo indicado entre los datos de entrada, y 2) series de resultados de vectores de estado del acuífero en cada paso de la simulación. Finalmente, el programa escribirá el archivo «simges.acu» con los datos requeridos por el programa SIMGES para integrar el acuífero en el esquema de simulación usado por este segundo programa.

Información necesaria para utilizar el recurso: El programa requiere una serie de datos que describen la definición física del acuífero, sus propiedades de flujo, las acciones exteriores, el tipo de resultados esperados, etc. El acuífero debe discretizarse en celdas en una o varias capas. En las celdas se debe documentar la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, espesor de las capas y permeabilidades. Además, diversos archivos permiten definir condiciones de contorno y diversos parámetros de control (niveles y caudales).



APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO

AQUIVAL es tradicionalmente utilizado para distintos fines, esencialmente con el propósito de alimentar el código SIMGES para la simulación de sistemas de gestión de recursos hídricos complejos considerando el uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas; con dicha finalidad se ha recurrido al uso de esta herramienta por diversas autoridades de cuenca españolas de cara a la

preparación de sus correspondientes planes hidrológicos. También ha sido utilizado en otros países, en general vinculado al uso de SIMGES (Ver ficha 007).

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: El módulo AQUIVAL ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.
Condiciones de utilización: La utilización de AQUIVAL es libre y gratuita para cualquier tipo de usuario. No obstante, para su uso es preciso registrarse en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/licencias/registro_es.php
Enlace para descarga: AQUIVAL 2.1 (actualizado el 26 de marzo de 2025) puede descargarse libremente desde: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/IntalacionAquival.msi
Contacto: Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es) o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS

Solera, A. (2017)*: Módulos de cálculo para la simulación de acuíferos por el método de los autovalores. Manual de uso del módulo de cálculo*. Versión de noviembre de 2017. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/aquival/ManualUsuario_Aquival2.pdf

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	13/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	014	NOMBRE:	Análisis de series hidrológicas de aportaciones (MASHWIN)

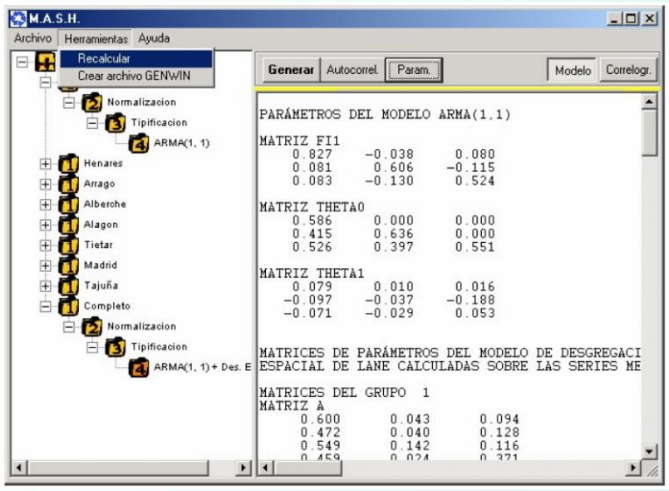
TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Elaboración del inventario de recursos hídricos.
3.4.4	Balances recursos-demandas. Asignación de recursos.
3.6.1	Consideración de los fenómenos extremos: sequías e inundaciones.

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: MASHWIN es un modelo de análisis estocástico de tipo mensual, preparado para el estudio de series temporales de aportaciones pertenecientes a un mismo sistema hidráulico. El modelo combina una modelización periódica estocásticas mensual mediante procedimiento autorregresivo y de media móvil (ARMA) multivariada, con una desagregación espacial mensual por el modelo condensado de Lane. Además, el modelo realiza una gran variedad de test de ajuste para todas las fases del análisis.

Todas sus diversas aplicaciones específicas se coordinan desde una interfaz de usuario que permite acceder fácilmente a todas las fases del análisis.

MASHWIN es una herramienta que puede utilizarse para la generación de series; en ese contexto, es destacable su utilidad como complemento del módulo SIMRISK (Ver ficha 009), para producir los modelos estocásticos que utilizaría este segundo programa para la generación semiautomática de series de aportaciones futuras condicionadas por la información reciente.



Resultados que produce: El modelo produce resultados en cinco niveles: 1) análisis estadístico -media, varianza, sesgo…- de las series seleccionadas; 2) normalización de las series por diversos métodos, 3) tratamiento por Fourier, de transformación de la serie hidrológica en una serie estandarizada a partir de la señal original, 4) modelos autorregresivos ARMA y su análisis y 5) generación de series sintéticas.

Información necesaria para utilizar el recurso: Cada análisis que se desee realizar se define como un proyecto que debe incorporar una serie de aportaciones hidrológicas, que es la que será objeto de estudio. Esta serie debe tener el mismo formato que el requerido por el modelo SIMGES (ver ficha 007). Además, según se va avanzando en los distintos niveles del programa, se precisará información que se va solicitando en la interfaz para ir acotando el modo de actuación y las características de los resultados a producir.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
MASHWIN es una aplicación de uso intermedio para alimentar otros análisis. Su uso destaca a la hora de generar series hidrológicas sintéticas que vayan a ser utilizadas con el módulo SIMRISK (Ver ficha 009), de evaluación de riesgos, en el entorno de AQUATOOL+ (Ver ficha 005).

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: El módulo MASHWIN ha sido desarrollado por el Grupo de Ingeniería de Recursos Hídricos del Grupo de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia.
Condiciones de utilización: La utilización de MASHWIN es libre y gratuita para cualquier tipo de usuario. No obstante, para su uso es preciso registrarse en: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/licencias/registro_es.php
Enlace para descarga: MASHWIN 2.0, en su versión Beta, se descarga libremente desde el siguiente enlace: https://aquatool.webs.upv.es/files/programas/MashWin2_Setup.zip
Contacto: Javier Paredes Arquiola (jparedea@hma.upv.es) o Abel Solera Solera (asolera@upvnet.upv.es), o bien aquatool@upv.es.

REFERENCIAS
Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. (2002)*: MASHWIN. Modelo de análisis de series hidrológicas.* Manual del Usuario. Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: https://aquatool.webs.upv.es/files/manuales/mashwin/ManMashwinEsp.pdf

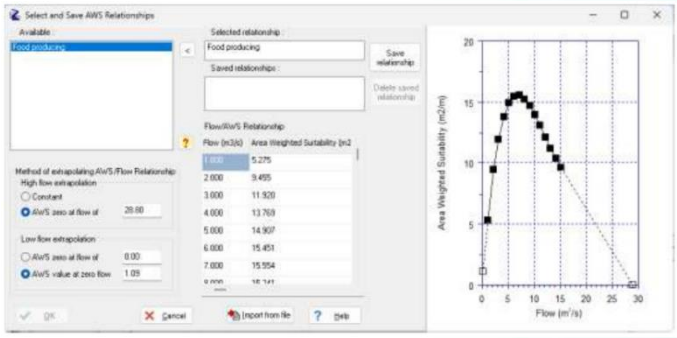
VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	12/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	015	NOMBRE:	Aplicación SEFA (PHAMSIM y RHYHABSIM)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.4.3	Cálculo de caudales ecológicos

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

Presentación: Una de las metodologías más comúnmente utilizadas para definir caudales ecológicos es la conocida como IFIM (Instream Flow Incremental Metodology), que se basa en la combinación de modelos hidráulicos y ecológicos para estudiar las relaciones entre el hábitat potencialmente disponible para la fauna acuática y el caudal. Existen diversos paquetes informáticos que afrontan ese problema de simulación con solvencia, uno de ellos, el modelo Iber, ya ha sido presentado (Ficha 004); pero existen otros de más sencilla aplicación, ya que se limitan a resolver el problema en una sola dimensión. Estos programas siguen siendo de uso muy extendido. Entre todos ellos, se presenta aquí la herramienta SEFA (System for Environmental Flow Analysis), resultado de la evolución de herramientas previas como PHABSIM o RHYHABSIM, y que permite ahora la simulación hidráulica en una o dos dimensiones e incorpora el tratamiento de hábitat, la temperatura del agua, el transporte de sedimentos y el modelado de oxígeno así como también de otros parámetros fisicoquímicos presentes en el agua.



Resultados que produce: SEFA permite el análisis hidrológico, y de series temporales, el estudio del hábitat en una o dos dimensiones y el análisis de su idoneidad; por otra parte, puede simular diversos parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, oxígeno, nitrógeno, fósforo) y el transporte de sedimentos.

También permite obtener resultados por métodos meramente hidrológicos -al margen del enfoque IFIM-, incluyendo entre ellos el método del «caudal básico» (Palau y Alcázar, 2010) y otros, así como análisis temporales del hábitat y del caudal.

Información necesaria para utilizar el recurso: SEFA puede trabajar importando los datos de modelos anteriores PHABSIM/RHYHABSIM para la simulación unidimensional. En cualquier caso, el uso de este tipo de herramientas, aun recurriendo a sus cálculos menos sofisticados, exige disponer de abundantes datos de campo, relativamente costosos de obtener, y de curvas de preferencia de hábitat para las diversas especies y estadíos en su desarrollo que se deseen simular con la herramienta.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
Este recurso técnico no deja de ser una evolución de herramientas previas usadas con profusión para la modelización de la disponibilidad de hábitat físico bajo el enfoque IFIM. En particular, pueden destacarse múltiples estudios llevados a cabo en España para la definición de los caudales ecológicos que se recogen en los vigentes planes hidrológicos de cuenca.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: Este software ha sido desarrollado por la corporación sin ánimo de lucro Aquatic Habitat Analyst, Inc., bajo el impulso de Ian Jowett y otros, en Nueva Zelanda.
Condiciones de utilización: No es una herramienta de libre distribución. Se requiere adquirir el derecho de uso mediante el pago de una licencia, según se explica en: https://sefa.co.nz/?page_id=312
Enlace para descarga: No se puede descargar sin el abono de los correspondientes derechos de uso.
Contacto: https://sefa.co.nz/?page_id=62

REFERENCIAS
Jowett, I.; Payne, T., y Milhous, R. (2024): *SEFA: System for Environmental Flow Analysis. Software manual.* Versión 2, de septiembre de 2024. Disponible en: http://sefa.co.nz/?wpdmpro=sefa-version-2-manual **Jowett, I.; Milhous, R.; Payne, T, y Díez Hernández, J.M. (2013)**: *Software SEFA para el análisis de regímenes de caudales ecológicos*. 6º Congreso Forestal Español. Vitoria-Gasteiz, junio de 2013. Disponible en: https://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/14451/14294 **Palau, A. y Alcázar, J. (2010)**: *The basic flow method for incorporating flow variability in environmental flows*. River Research and Applications, 28(1): 93-102. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rra.1439

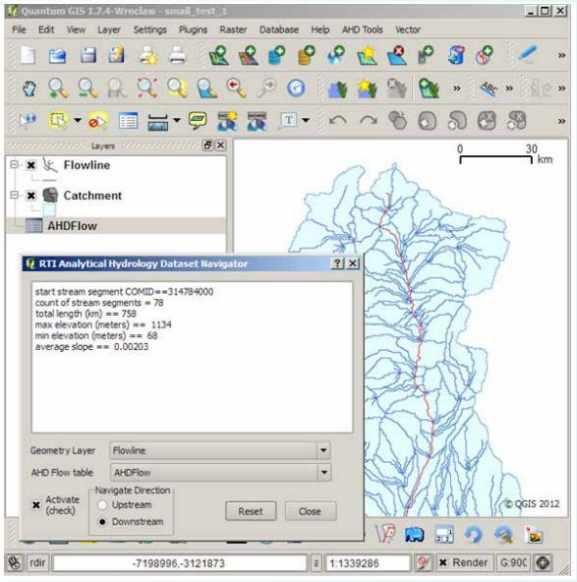
VERSIONES DE ESTA FICHA		
Edición	**Fecha**	**Modificaciones**
1	19/03/2025	Primera redacción
2	13/10/2025	Primera actualización

CLAVE:	016	NOMBRE:	Modelos generales de apoyo para la gestión de los recursos hídricos (HYDROBID)

TAREAS DEL PLAN HIDROLÓGICO CON LAS QUE SE RELACIONA	
Código	**Denominación**
3.3.11	Elaboración del inventario de recursos hídricos
3.4.4	Balances entre recursos y demandas. Asignación de recursos
3.6.1	Consideración de fenómenos extremos: sequías e inundaciones

DESCRIPCIÓN DEL RECURSO TÉCNICO

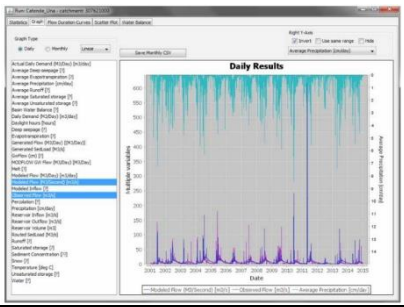
Presentación: HydroBID es un conjunto de herramientas, desarrolladas bajo el impulso de Banco Interamericano de Desarrollo, que pueden usarse para apoyo del proceso de planificación en Latinoamérica. Consta de tres elementos: 1) HydroBID WAM, que incluye una base de datos con información analítica sobre la hidrografía latinoamericana y algunas herramientas sencillas para estimar los recursos disponibles en las cuencas, 2) HydroBID Alloc, que posibilita la realización de balances entre recursos y demandas para informar sobre la posible asignación de recursos, y 3) HydroBID Flood, que permite la simulación hidrodinámica en dos dimensiones.



El programa dispone de una interfaz gráfica que facilita la entrada de información, la selección de las diversas opciones de trabajo y la configuración de los resultados.

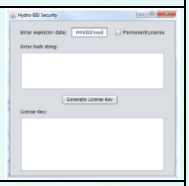
Existe un Centro de Soporte de HydroBID que ofrece herramientas personalizadas, servicios de capacitación y educación, para el manejo de la herramienta.

Resultados que produce: Los resultados dependen de los módulos que se utilizan, pero básicamente ofrece series temporales resultado del modelo de precipitación-aportación, resúmenes de balances, caracterización de las cuencas, superficie inundada, arrastre de sedimentos, etc., así como un sistema de base de datos para la gestión de toda esta información.



Información necesaria para utilizar el recurso: Una de las virtudes de HydroBID es que puede utilizarse con pocos datos de partida, recurriendo a la base de datos analítica incorporada en el modelo. Lógicamente, si se pretenden resultados más específicos o detallados será preciso disponer de datos básicos sobre la geometría de las cuencas, las componentes del ciclo hidrológico, las demandas de agua, etc. El paso de tiempo puede definirse como diario o mensual, también de acuerdo con la información disponible.

APLICACIONES DESTACADAS DE ESTE RECURSO TÉCNICO
Los modelos de HydroBID han sido utilizados como soporte técnico de múltiples inversiones realizadas con el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo en los países de la región. La lista y el mapa de proyectos desarrollados con este conjunto de herramientas puede consultarse en Mapa de proyectos – Hydrobid.

AUTOR Y CONDICIONES DE UTILIZACIÓN
Autores: HydroBID ha sido desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) con el apoyo de la empresa estadounidense *RTI International*, sobre la base de otros sistemas previos más complejos de uso generalizado en los Estados Unidos. Existe un Centro de Soporte de HydroBID (https://hydrobidlac.org) que se ocupa, en su caso, de coordinar los desarrollos de la herramienta.
Condiciones de utilización: La herramienta es de uso gratuito, siendo necesario para su descarga y utilización registrarse previamente como usuario del sistema, y obtener un código (hash) de acceso personal. 
Enlace para descarga: Los enlaces para la descarga de los tres módulos HydroBID WAM, HydroBID Alloc e HydroBID Flood, están accesibles a través de: Herramientas – Hydrobid
Contacto: El contacto con el Centro de Desarrollo de HydroBID puede establecerse a través de la sección Contáctanos, en: FAQ – Hydrobid

REFERENCIAS
Rineer, J.; Bruhn, M.; Miralles-Wilhelm, F., y Muñoz Castillo, R. (2014): *Base de datos de hidrología analítica para América Latina y el Caribe. Parte 1.* Nota técnica IDB-TN-528. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: Recursos digitales – Hydrobid
Moreda, F.; Miralles-Wilhelm, F., y Muñoz Castillo, R. (2014): *HydroBID: Un sistema integrado para la simulación de impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos.* Nota técnica 2. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: Recursos digitales – Hydrobid
Moreda, F.; Bejamín, S.; Nalesso, M.; Coli Vasdes, P., y Corrales, J. (2016): *Hydro-BID: Nuevas funcionalidades (módulos de simulación de embalses, transporte de sedimentos y aguas subterráneas).* Nota técnica IDB-TN-1126. Banco Interamericano de Desarrollo. Disponible en: Recursos digitales – Hydrobid

VERSIONES DE ESTA FICHA

Edición	Fecha	Modificaciones
1	14/10/2025	Primera redacción

ANEXO IV: Glosario y acrónimos

ÍNDICE

ANEXO IV: Glosario y acrónimos.....0

Glosario

A

Actores del Agua. Instituciones públicas, entes prestadores de servicios públicos, organizaciones sociales y comunitarias, universidades, organizaciones de la sociedad civil, grupos organizados de actividad económicas y productivas, agrupaciones ecologistas y temáticas, todos relacionado con la gestión del agua.

Acuífero. Formación geológica permeable capaz de almacenar, transmitir y proporcionar cantidades aprovechables de agua.

Adaptación al Cambio Climático. La adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos en respuesta a estímulos climáticos reales o previstos y sus efectos o impactos. Se refiere a cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas con el cambio climático. En el contexto hídrico, esto incluye la modificación de prácticas de gestión del agua, infraestructuras y políticas.

Afluente / tributario. Río o curso de agua que no alcanza el mar, sino que desemboca en otro río principal o en otro afluente al que alimenta con su caudal.

Aforo. Método de medición la cantidad de agua que lleva una corriente en una unidad de tiempo.

Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Es un plan de acción derivado de la resolución aprobada por la Asamblea General del 25 de septiembre de 2015 a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia. Plantea 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Al adoptarla, los Estados se comprometieron a movilizar los medios necesarios para su implementación mediante alianzas centradas especialmente en las necesidades de los más pobres y vulnerables.

Aguas atmosféricas. Son las que se encuentran en la atmósfera en estado sólido, líquido o gaseoso.

Agua de consumo humano. El agua que por su calidad es apta para ser consumida por la población, para preparar alimentos, para la higiene personal, y que no causa problemas para la salud humana.

Aguas continentales. Las aguas nacionales, superficiales o del subsuelo (subterráneas), en la parte continental del territorio nacional.

Agua desalinizada. Aguas obtenidas por el proceso en el cual se consigue la extracción de las sales que se encuentran disueltas en el agua del mar, salinas, o en las aguas subterráneas, salobres, hasta alcanzar los valores aceptables para el requerimiento de un uso determinado.

Aguas estuarinas. Aguas salobres comprendidas en estuarios y que se originan por la interrelación de las aguas fluviales con las marítimas, en la desembocadura de ríos y otras corrientes superficiales en el mar.

Aguas manantiales. Agua subterránea que aflora naturalmente a la superficie terrestre, incorporándose a las aguas superficiales.

Aguas marinas. Aguas comprendidas en el mar territorial y que incluyen golfos y bahías.

Aguas pluviales o precipitación. Agua procedente desde la atmósfera hacia los continentes y océanos. Cuando éstas acceden al continente se manifiestan como superficiales, subterráneas o humedad del suelo.

Glosario y Acrónimos

Agua Potable. Agua apta para el consumo humano de acuerdo con los requisitos establecidos por la normativa vigente.

Aguas residuales. Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Agua Residual Tratada. Agua Residual procesada en sistemas de tratamiento para satisfacer los requisitos de calidad con relación a la clase de Cuerpo Receptor al que serán descargadas.

Agua reutilizada. Agua residual que es nuevamente usada, una vez tratada, en una o más actividades sucesivas diferentes a las del destino inicial autorizado. También denominada agua regenerada o agua reciclada.

Aguas salinas. Aguas que se encuentra en océanos y mares.

Aguas salobres. Aguas con una salinidad entre el agua dulce y el agua de mar, se presentan en acuíferos con alta concentración de sales minerales disueltas y en los estuarios.

Aguas subterráneas. Aguas continentales que ocupa la zona saturada del subsuelo.

Aguas superficiales. Aguas continentales que fluye o se almacena en la superficie del terreno.

Álveo o cauce. El álveo de las corrientes de aguas pluviales es el terreno que éstas cubren durante sus avenidas ordinarias, en barrancas, ramblas u otras vías naturales. El álveo de un río o arroyo es el terreno que cubren sus aguas en las crecidas que no causan inundación.

Año hidrológico (año hidráulico). Período continuo de doce meses seleccionados de manera que los cambios globales en el almacenamiento sean mínimos, por lo que la cantidad sobrante de un año al siguiente se reduce al mínimo. Normalmente se selecciona para permitir una comparación más significativa de los datos meteorológicos.

Año húmedo. Año en que la precipitación o el caudal es significativamente superior a lo normal.

Año seco. Año de sequía durante el cual las precipitaciones o el caudal de los cursos de agua son significativamente inferiores a los habituales.

Aprovechamiento. Uso del agua para la satisfacción de las diversas necesidades y demandas de la sociedad.

Aprovechamiento conjunto del agua superficial y subterránea. Satisfacción de la demanda de los diferentes usos en función a la ventaja comparativa de la fuente de agua en cuanto a su ubicación y a sus características técnicas basado en la utilización alternativa de cada una de ellas en razón a su disponibilidad, manejo económico, social y sostenible de la fuente natural de agua.

Aprovechamiento y uso sostenible o sustentable. Uso racional y equilibrado de las aguas que considera los procesos básicos que sustentan el ciclo hidrológico, el ciclo hidrosocial y los ecosistemas, enmarcado en la gestión y la planificación hidrológica.

Áreas protegidas. Espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados.

Áreas de recarga. Zona que por sus condiciones climatológicas, geológicas y topográficas alimenta un acuífero, bien por infiltración directa, bien por infiltración de una parte de la escorrentía.

Aridez. Condición climática permanente con muy baja precipitación anual o estacional.

Arreglos operacionales para la cooperación en materia de aguas. Un arreglo operacional puede ser un tratado bilateral o multilateral, un convenio, un acuerdo u otro instrumento oficial entre países ribereños que proporciona un marco para la cooperación y favorece la GIRH entre países.

Autorización. Acto administrativo emitido por la Autoridad competente en la gestión integral de los recursos hídricos por medio del cual se otorgan asignaciones y permisos para la exploración, el uso o aprovechamiento de los recursos hídricos, para el vertido de aguas residuales y por el uso de los bienes que forman parte del dominio público hídrico.

B

Balance hídrico global. Balance hídrico para el conjunto de la atmósfera y las zonas terrestres y marítimas de la Tierra.

Balance hidrológico. Evaluación de las entradas, las salidas y las variaciones en el almacenamiento de una masa de agua en un determinado período de tiempo.

Balance de agua/hídrico. Etapa del proceso de planificación anual de uso de las aguas terrestres que permite establecer la relación entre la demanda de cada usuario y la disponibilidad de la fuente en el punto de entrega o de captación, de conformidad con las prioridades que se consignan en la presente Ley. Con el Balance de Agua, se determina y propone el volumen de agua a asignar por fuente a cada usuario para su utilización en las diferentes actividades económicas y sociales.

Bienes ambientales. Son los productos que brinda la naturaleza, aprovechados directamente por el ser humano tales como el agua, madera, suelo, aire, flora y fauna silvestre.

Buen estado cuantitativo de las aguas subterráneas. El estado cuantitativo alcanzado por una masa de agua subterránea cuando la tasa media anual de extracción a largo plazo no rebasa los recursos disponibles de agua y no está sujeta a alteraciones antropogénicas que puedan impedir alcanzar los objetivos medioambientales para las aguas superficiales asociadas, que puedan ocasionar perjuicios significativos a ecosistemas terrestres asociados o que puedan causar una alteración del flujo que genere salinización u otras intrusiones.

Buen estado ecológico. Estado de una masa de agua superficial en la que los valores de los indicadores de los elementos de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial muestran valores bajos de distorsión causada por la actividad humana, desviándose ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. Los indicadores hidromorfológicos son coherentes con la consecución de dichos valores y los indicadores químicos y fisicoquímicos cumplen con los rangos o límites que garantizan el funcionamiento del ecosistema específico del tipo y la consecución de los valores de los indicadores biológicos. Las concentraciones de los contaminantes específicos cumplen las Norma de Calidad Ambiental pertinentes.ominio público hídrico.

C

Calidad del Agua. Son las características fisicoquímicas y biológicas que presentan las aguas superficiales y subterráneas en determinado punto geográfico, en un momento específico y para un uso determinado.

Cambio Climático. Alteraciones a largo plazo en los patrones climáticos globales o regionales, especialmente el aumento de las temperaturas, las alteraciones en las precipitaciones y el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos como sequías, inundaciones y tormentas.

Canon. Instrumento económico que representa el valor de los recursos hídricos, el cual está relacionado con cada uno de sus usos y con las actividades de la administración pública necesarias para revertir la contaminación y degradación en bienes que forman parte del dominio público hídrico.

Glosario y Acrónimos

Capacidad de Carga. Estimación de la tolerancia de un ecosistema al uso de sus componentes, tal que no rebase su capacidad de recuperación en el corto plazo sin la aplicación de medidas de restauración o recuperación para restablecer el equilibrio ecológico.

Captación de agua. Extracción del agua de una fuente, un río, un lago o un pozo.

Captación de manantial. Captación de agua de un manantial mediante tuberías o canales.

Carga contaminante. Cuantificación de aquellas sustancias de origen antrópico que contiene el agua y que cambian las condiciones físicas, químicas o biológicas, ya sea en forma individual o asociada.

Cauce. Canal natural o artificial definido que contiene el agua en movimiento de forma continua o periódica y que incluye las riberas inundables en el período lluvioso. Mientras no se construyan obras de encauzamiento, el cauce es el canal natural.

Caudal. Volumen de agua que fluye a través de una sección transversal de un río o canal en la unidad de tiempo.

Caudal (aportación). Cantidad de agua que pasa por un punto específico en un sistema hidráulico en un momento o periodo dado.

Caudal base. Caudal en los ríos y cauces menores que discurre en estiaje, que normalmente procede de la descarga de aguas subterráneas.

Caudal ecológico. Caudal que contribuye a alcanzar el buen estado o buen potencial ecológico en los ríos o en las aguas de transición y mantiene, como mínimo, la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación de ribera.

Caudalímetro. Es un instrumento para la medición del caudal en un cauce o canal abierto.

Ciclo hidrológico. Sucesión de fases por las que pasa el agua en su movimiento de la atmósfera a la tierra y en su retorno a la misma: evaporación del agua del suelo, mar y aguas continentales, condensación del agua en forma de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación.

Comités/consejo de cuenca. Son grupos representativos de los diferentes actores que utilizan y gestionan el agua dentro de una cuenca hidrográfica (agricultores, industrias, gobiernos locales, comunidades). Estos comités participan en la planificación, implementación y monitoreo de los proyectos y políticas de gestión del agua en la cuenca. La gestión participativa de la cuenca permite una administración equilibrada del recurso hídrico entre los usuarios.

Organismo de cuenca. Unidad técnica, administrativa y jurídica especializada, con carácter autónomo, adscrita directamente al Titular de "la Comisión", cuyas atribuciones se establecen en la presente Ley y sus reglamentos, y cuyos recursos y presupuesto específicos son determinados por "la Comisión".

Concesión. Título que otorga el Ejecutivo Federal, a través de "la Comisión" o del Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, y de sus bienes públicos inherentes, a las personas físicas o morales de carácter público y privado, excepto los títulos de asignación.

Conexión de Agua Potable. Conjunto de tuberías y accesorios que permiten el ingreso de Agua Potable desde la red de distribución hacia las instalaciones internas del Usuario.

Conexión de Alcantarillado Sanitario. Conjunto de tuberías y accesorios que permiten la descarga de Agua Residual desde las instalaciones internas del usuario hacia la red de alcantarillado.

Condiciones Particulares de Descarga. El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada

usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella.

Conservación. La aplicación de las medidas necesarias para preservar, mejorar, mantener, rehabilitar y restaurar las poblaciones y los ecosistemas, sin afectar su aprovechamiento.

Contaminante. Toda materia, elemento, compuesto, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del medio ambiente, altere o modifique su composición natural y degrade su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación y conservación del medio ambiente y la vida silvestre.

Contaminación. La introducción al medio ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, que degraden o disminuyan la calidad de la atmosfera, del agua, del suelo o de los bienes y recursos naturales en general.

Contaminación del agua. La acción y el efecto de introducir materias o formas de energía, o inducir condiciones en el agua que, de modo directo o indirecto impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica.

Contaminación difusa. Se define, por oposición a la «**contaminación puntual**», como la contaminación cuyo origen u orígenes suelen poder conocerse, pero que cuyos vertidos no pueden referenciarse geográficamente en los medios acuáticos ni en las formaciones acuíferas. Las prácticas agrícolas en la superficie cultivada pueden estar en el origen de la contaminación difusa por arrastre de productos contaminantes en las aguas de percolación o de escorrentía.

Control ambiental. La vigilancia, inspección, monitoreo y aplicación de medidas para la protección del medio ambiente.

Consejo de cuenca. Órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre "la Comisión", incluyendo el Organismo de Cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica.

Consultas públicas. Son mecanismos a través de los cuales se recoge la opinión de la población sobre un tema o proyecto específico. En el contexto de la planificación hidrológica en el ámbito de la GIRH, la consulta pública es crucial para garantizar que los planes hidrológicos sean sostenibles y aceptados por la comunidad. Permite la identificación de soluciones locales, mejora la transparencia y la confianza en el proceso de toma de decisiones, y ayuda a prevenir conflictos de interés.

Coste de actuación. En el ámbito de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), el coste de la actuación se refiere a todos los gastos y recursos financieros necesarios para llevar a cabo las acciones o proyectos específicos relacionados con la gestión del agua. Este concepto abarca tanto los costes directos como los indirectos asociados con la implementación de medidas para gestionar los recursos hídricos de manera sostenible.

Crecientes. Aumento del caudal de un curso o depósito de agua por encima del nivel normal.

Cuenca hidrogeológica. Espacio geográfico en el cual las aguas subterráneas presentes y que en razón de las características geológicas dominantes, drenan y descarguen en un sitio común, el cual puede ser un río, lago o mar y está delimitada por una divisoria de aguas.

Cuenca hidrográfica. Área de recogimiento de aguas lluvias delimitada por una línea divisoria de aguas, cuya escorrentía fluye a través de un sistema de drenaje hacia un colector común, que generalmente puede ser un río, laguna, lago o el mar. La cuenca hidrográfica está integrada por subcuencas, las cuales a su vez se integran por microcuencas.

Cuenca transfronteriza. Cuenca hidrográfica que abarca territorios de dos o más países, es decir, un área donde los recursos hídricos, como ríos, lagos o acuíferos, cruzan las fronteras nacionales.

Cuenca hidrológica. Unidad territorial delimitada por la línea divisoria de sus aguas, que drenan superficial o subterráneamente hacia una salida común. Cuando los límites de las aguas subterráneas no coincidan con la línea divisoria de aguas superficiales, dicha delimitación incluirá la proyección de las áreas de recarga de las aguas subterráneas que fluyen hacia la cuenca delimitada superficialmente. Si las aguas de una cuenca tienen como salida común algún punto del litoral, su zona de influencia marítima se considera como proyección de la cuenca hidrológica respectiva, según lo determinen los estudios técnicos pertinentes.

Cuerpos de agua subterránea. los acuíferos.

Cuerpos de agua superficiales. Depósitos ubicados en la superficie terrestre tales como, las lagunas, los ríos y arroyos, los humedales, los embalses, los estanques y los canales en los que se acumulan o escurren las aguas, encauzadas o no.

Cuota. Aporte comunitario que entregan los usuarios a la organización conformada para la provisión de los servicios de agua potable o alcantarillado sanitario, en la comunidad indígena y campesina, para la sostenibilidad de los servicios.

Cuota Natural de Renovación de las Aguas. El volumen de agua renovable anualmente en una cuenca hidrológica o en un cuerpo de aguas del subsuelo.

D

Daño ambiental. Toda pérdida, disminución, deterioro o perjuicio que se ocasione al medio ambiente o a uno o más de sus componentes.

Declaración de impacto ambiental. Es un proceso que analiza una propuesta de acción desde el punto de vista de su efecto sobre el medio ambiente y los recursos naturales, y consiste en la enunciación del efecto sustancial, positivo o negativo de dicha acción propuesta sobre uno o varios elementos.

Defensa de riberas o cauces. Obras o artificios destinados a evitar la acción erosiva de las aguas y las inundaciones.

Delimitación de cauce y zona federal. Trabajos y estudios topográficos, batimétricos, fotogramétricos, hidrológicos e hidráulicos, necesarios para la determinación de los límites del cauce y la zona federal.

Demanda de agua. volumen de agua, en cantidad y calidad, que los usuarios están dispuestos a adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo. Este volumen será función de factores como el precio de los servicios, el nivel de renta, el tipo de actividad, la tecnología u otros.

Demanda Biológica de Oxígeno 5 días (DBO5). El valor DBO5 indica la cantidad de oxígeno que las bacterias y otros seres vivos minúsculos consumen durante 5 días a una temperatura de 20°C en una muestra de agua para la degradación aeróbica de las sustancias contenidas en el agua. El valor DBO es pues una medida indirecta de la suma de todas las sustancias orgánicas biodegradables del agua. El valor DBO indica la cantidad de oxígeno disuelto (mg/l) que se requiere durante un tiempo determinado para la degradación biológica de las sustancias orgánicas contenidas en el agua residual.

Demanda ecológica o medioambiental. Agua necesaria - en cantidad y calidad - para soportar el funcionando ecológico de los ecosistemas, incluyendo sus procesos y biodiversidad. En muchos marcos jurídicos las demandas ecológicas de flujo en los ríos pueden condicionar la disponibilidad de agua para satisfacer la demanda de determinados usos.

Demanda futura de agua. Se evalúa en base a escenarios futuros de política hidráulica, establecidos sobre modelos de previsión de cambios demográficos, socio-económicos y culturales.

Glosario y Acrónimos

Demanda Química de Oxígeno (DQO). La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O2/l).

Derechos de agua. Otorgados mediante permisos licencias y concesiones: Se refiere a los Derechos de uso de las aguas de dominio público, de carácter consuntivo y no consuntivo, que otorga la Autoridad del Agua o las Municipalidades mediante un título de aprovechamiento que permite su explotación y uso o aprovechamiento. Dichos títulos de aprovechamiento pueden ser de distintos tipos: permisos, licencias y concesiones.

Desarrollo sostenible. El proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del medio ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Desastre ambiental. La alteración del entorno causada por fuerzas telúricas, atmosféricas, climáticas o infecciosas naturales, y la inducida o producida intencional o accidentalmente por acción humana, inmediata o eventual, que da origen a situaciones catastróficas en las que, súbitamente o no, se producen tragedias humanas, se desorganizan los patrones cotidianos de vida, se destruyen bienes económicos y culturales o se afectan significativamente recursos naturales vitales.

Descarga. La acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

Descargas másicas. Volumen de efluentes líquidos contaminantes que se incorporan a un cuerpo de agua. Tales volúmenes pueden ser referidos según la fuente contaminante y el tipo de contaminante del cual se trate.

Desechos tóxicos y residuos peligrosos. Son aquellos que, en cualquier estado físico, contienen cantidades significativas de sustancias que presentan o puedan presentar peligro para la vida o salud de los organismos vivos cuando se liberan al medio ambiente, o si se manipulan incorrectamente debido a la magnitud o modalidad de sus características corrosivas, toxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o de cualquier otra característica que representen un peligro para la salud humana, la calidad de la vida, los recursos naturales o el equilibrio ecológico.

Desertificación. Es una progresiva e irreversible nidificación de ecosistemas que asume las características ecológicas de los desiertos: escasez de agua (falta de lluvia, escurrimiento y evaporación inmediatos), ecodinámicas fuertemente estacionales, cortos periodos de crecimiento intensivo de especies oportunistas (ruderales), disminución progresiva de la materia orgánica en los suelos, predominio depredador de tercer y cuarto nivel, entre otras.

Distritos hidrológicos. Conjunción o asociación de pequeñas cuencas hidrográficas que se localizan en la misma región.

Disponibilidad media anual de aguas superficiales. En una cuenca hidrológica, es el valor que resulta de la diferencia entre el volumen medio anual de escurrimiento de una cuenca hacia aguas abajo y el volumen medio anual actual comprometido aguas abajo.

Disponibilidad media anual de aguas del subsuelo. En una unidad hidrogeológica - entendida ésta como el conjunto de estratos geológicos hidráulicamente conectados entre sí, cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales subterráneas-, es el volumen medio anual de agua subterránea que puede ser extraído de esa unidad hidrogeológica para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas.

Distrito de Temporal Tecnificado. Área geográfica destinada normalmente a las actividades agrícolas que no cuenta con infraestructura de riego, en la cual mediante el uso de diversas técnicas y obras, se aminoran los daños a la producción por causa de ocurrencia de lluvias fuertes y prolongadas -éstos también denominados Distritos de Drenaje- o en condiciones de escasez, se aprovecha con mayor eficiencia la lluvia y la humedad en los terrenos agrícolas; el distrito de temporal tecnificado está integrado por unidades de temporal.

Distrito de riego. Cada una de las demarcaciones establecidas para la distribución y administración de las aguas.

Documento de impacto ambiental. Documento preparado por un equipo multidisciplinario, bajo la responsabilidad del proponente, mediante el cual se da a conocer a la autoridad competente y otros interesados, los resultados y conclusiones del estudio de impacto ambiental, y se traducen las informaciones y datos técnicos, en lenguaje claro y de fácil comprensión.

F

Fenómenos Extremos. Eventos climáticos que son inusuales en su frecuencia, intensidad o duración, tales como sequías prolongadas, inundaciones repentinas, olas de calor, tormentas intensas y ciclones.

Financiación Pública. Es un componente esencial, donde el sector público financia gran parte de los planes GIRH debido a la importancia del agua como bien común. Los gobiernos suelen destinar parte de sus recursos para infraestructura hidráulica, protección de fuentes y gestión de cuencas.

Financiación Privada. La inversión privada puede ser una fuente adicional para la financiación de proyectos relacionados con el agua, sobre todo en lo que respecta a la mejora de infraestructuras, innovación tecnológica y eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, esta financiación requiere marcos regulatorios adecuados para garantizar el acceso y la equidad.

Foros de participación. Son espacios abiertos donde los actores interesados, como comunidades locales, ONG, expertos y autoridades, se reúnen para discutir temas relevantes y tomar decisiones conjuntas. En la planificación hidrológica en el ámbito de la GIRH, los foros pueden servir para intercambiar ideas sobre la planificación del agua, proponer soluciones y establecer prioridades para el uso del recurso.

Fuentes. Cuerpos naturales o artificiales de agua superficial o subterránea, desde los que se genera o se puede generar el abastecimiento a los usuarios.

Fuentes de Financiación. Las fuentes de financiación pueden ser tanto internas como externas. **Internas:** Pueden provenir de los presupuestos nacionales, locales o regionales, de métodos directos como tarifas, cánones o de recaudación del propio organismo. **Externas:** Incluyen organizaciones internacionales, fondos de desarrollo, Fondos del Agua, programas internacionales, ONG…

G

Garantía de suministro de agua. La garantía de suministro de agua es el nivel aceptable de suministro de agua requerido para un sistema de suministro particular. En la mayoría de los países y sistemas este valor se define en el marco jurídico-administrativo o recomendado por las normas voluntarias.

Gestión integral del recurso hídrico. El conjunto de acciones que involucra su manejo, incluidas la generación, procesamiento y actualización de información básica, planificación, protección, conservación y restauración y la determinación de los procedimientos administrativos para el racional aprovechamiento y control del recurso, desarrolladas en forma coordinada y cooperativa, considerando los recursos hídricos en todas sus formas, las cuencas hidrográficas y otros sistemas hídricos naturales y

artificiales, los actores e intereses de los sectores usuarios, los diversos niveles territoriales de Gobierno y su relación con las políticas ambientales, de ordenamiento territorial y de desarrollo socio-económico del país.

Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos. El manejo de los recursos hídricos de manera que se asegure su disponibilidad a largo plazo para las generaciones futuras, sin agotar ni dañar el medio ambiente.

Gestión del Agua. Proceso sustentado en el conjunto de principios, políticas, actos, recursos, instrumentos, normas formales y no formales, bienes, recursos, derechos, atribuciones y responsabilidades, mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico y ambiental, (1) el control y manejo del agua y las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos, por ende su distribución y administración, (2) la regulación de la explotación, uso o aprovechamiento del agua, y (3) la preservación y sustentabilidad de los recursos hídricos en cantidad y calidad, considerando los riesgos ante la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos extraordinarios y daños a ecosistemas vitales y al medio ambiente. La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua.

Gobernanza del agua. La gobernanza se refiere a cómo se gestionan, coordinan y controlan las decisiones sobre el agua en un determinado territorio. Implica la colaboración entre los sectores público, privado y la sociedad civil para lograr una gestión sostenible e inclusiva del recurso hídrico. La gobernanza del agua se sustenta en la participación de la sociedad y en la transparencia en los procesos de toma de decisiones.

H

Humedales. Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional.

I

Indicador compuesto de seguridad hídrica. Indicador que integra información de procesos hidrosociales para identificar niveles de seguridad hídrica en la interfaz doméstica comunitaria. Esta interfaz se define como el espacio de las relaciones sociales y técnicas que permiten el abastecimiento de agua desde una organización comunitaria encargada del servicio de distribución del agua hasta la conexión domiciliaria dentro de los hogares.

Infraestructura Verde. Red de áreas naturales o semi-naturales que se diseñan y administran para obtener una amplia gama de servicios ecosistémicos en el territorio. Algunas de las soluciones de infraestructura verde también se conocen como soluciones basadas en la naturaleza (SBN). Las soluciones de Infraestructura verde protegen biodiversidad, mejoran la generación de servicios ambientales a las poblaciones, promueven el bienestar social y la salud, y contribuyen al manejo integral de tierra y agua.

Impacto ambiental. Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del medio ambiente y los recursos naturales, provocada por la acción humana y/o acontecimientos de la naturaleza.

Inundación. Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río, o inundación por agua procedente de drenajes, en zonas que normalmente no se encuentran anegadas.

Inventario hídrico. Información sistematizada de la disponibilidad de agua en cantidad y calidad, en el espacio geográfico determinado, tanto en la época seca como lluviosa del año; incluye la información y las estimaciones en relación con: (i) fenómenos hidrometeorológicos, (ii) cantidad y calidad del agua, (iii) distribución temporal del régimen de lluvias, (iv) disponibilidad de las aguas superficiales y aguas subterráneas en el ámbito territorial; y, censos sobre usos y usuarios de las aguas nacionales.

J

Juntas Administradoras de Agua Potable. Organizaciones comunitarias, sin fines de lucro, que tienen la finalidad de prestar el servicio público de agua potable así como en su caso, el de saneamiento. Su accionar se fundamenta en criterios de eficiencia económica, sostenibilidad del recurso hídrico, calidad en la prestación de los servicios y equidad en el reparto del agua.

Juntas de Riego. (Comunidad de regantes) son organizaciones comunitarias sin fines de lucro, que tienen por finalidad la prestación del servicio de riego y drenaje, según sea el caso, bajo criterios de eficiencia económica, calidad en la prestación del servicio y equidad en la distribución del agua.

L

Lago o laguna. El vaso de formación natural que es alimentado por corriente superficial o aguas subterráneas o pluviales, independientemente que dé o no origen a otra corriente, así como el vaso de formación artificial que se origina por la construcción de una represa.

Lecho. Fondo de un medio receptor de agua o terreno que contiene o por donde corren sus aguas, fundamentalmente constituido por sólidos sedimentados de distinta composición fisicoquímica, que incluye bentos y la materia orgánica inerte.

Licencia de uso del agua. Derecho de uso mediante el cual la Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca respectivo, otorga a su titular la facultad de usar este recurso natural, con un fin y en un lugar determinado, en los términos y condiciones previstos en los dispositivos legales vigentes y en la correspondiente resolución administrativa que la otorga

Límites permisibles. Son normas técnicas, parámetros y valores, establecidos con el objeto de proteger la salud humana, la calidad del medio ambiente o la integridad de sus componentes.

M

Manantiales. Es una fuente natural de agua que brota de la tierra o entre las rocas, puede ser permanente o temporal.

Manglar. Terreno que cubren de agua las grandes mareas, lleno de lagos artificiales que lo cortan formando muchas islas bajas, donde crecen los árboles que viven en el agua salada.

Márgenes. Zonas laterales de los terrenos que lindan inmediatamente con los cauces.

Ribera. Franja lateral del cauce situada por encima del nivel de las aguas bajas. El límite del álveo es igual a la línea superior de la ribera.

Medición volumétrica. Es la determinación del caudal de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo.

Materiales pétreos. Materiales tales como arena, grava, piedra y/o cualquier otro tipo de material utilizado en la construcción, que sea extraído de un vaso, cauce o de cualesquiera otros bienes señalados en Artículo 113 de la Ley de Aguas Nacionales. (artículo 3, LAN).

Máximo potencial ecológico. el estado de una masa de agua muy modificada o artificial cuyos indicadores de los elementos de calidad biológicos pertinentes reflejan, en la medida de lo posible, los valores correspondientes al tipo de masa de agua superficial más estrechamente comparable, dadas las condiciones físicas resultantes de las características artificiales o muy modificadas de la masa de agua. Además, los indicadores hidromorfológicos son coherentes con la consecución de dichos valores y los indicadores químicos y fisicoquímicos corresponden total o casi totalmente a los de condiciones inalteradas del tipo de masa de agua más estrechamente comparable.

Medida de Adaptación basada en Ecosistemas (ABE). Utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas como parte una estrategia más amplia de adaptación. Su propósito es mantener y aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las personas a los impactos del cambio climático.

Medio ambiente. El sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, con los individuos y con la comunidad en que viven, y que determinan su relación y sobrevivencia.

Microcuenca Hidrográfica. Una porción de orden primario propia del territorio de una subcuenca específica, que comprende un territorio delimitado con sus cuerpos de agua que corresponden y que vierten invariablemente a un tributario, subtributario o subsubtributario del cauce principal, y que por la entidad de sus recursos de agua, del número de usuarios que los aprovechan, la actividad económica que soportan u otras circunstancias singulares, justifican su consideración como unidad territorial agrupada para una gestión más eficiente y sostenible de sus recursos hídricos.

N

Niveles de emisión. Cantidad medida del vertido de sustancias al ambiente.

Nivel freático. Nivel superior de la zona saturada por las aguas en el subsuelo.

Normas ambientales de emisión. Valores que establecen la cantidad de emisión máxima permitida de una sustancia, medida en la fuente emisora.

O

Obras hidráulicas. Instalaciones técnicas en las que se toman medidas para la explotación y utilización de los recursos hídricos, así como la protección contra sus efectos perjudiciales.

Ordenamiento del territorio. Proceso de planeamiento, evaluación y control dirigido a identificar y programar actividades humanas compatibles con la conservación, el uso y manejo de los recursos naturales en el territorio nacional, respetando la capacidad de carga del entorno natural, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el medio ambiente, así como para garantizar el bienestar de la población.

Organización de Usuarios del Agua. Son organizaciones de personas naturales y/o jurídicas legalmente constituidas que, compartiendo el uso, aprovechamiento y conservación de una fuente de agua, canalizan la participación de sus miembros en la gestión multisectorial y sostenible de los recursos hídricos.

P

Participación activa. Se refiere al proceso mediante el cual los ciudadanos (individuos, comunidades, organizaciones sociales) tienen la oportunidad de intervenir activamente en el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de políticas, planes y proyectos públicos. En el ámbito de la GIRH, la participación activa permite a las personas influir en la gestión y planificación de los recursos hídricos.

Periodo de retorno de las crecidas de los ríos. intervalo de tiempo necesario para que una crecida de igual característica en volumen o magnitud se repita.

Percolación. Circulación del agua a través de un terreno saturado.

Permiso ambiental. Documento otorgado por la autoridad competente a solicitud de parte interesada, en el cual certifica que, desde el punto de vista de la protección ambiental, la actividad se puede ejecutar bajo el condicionamiento de cumplir las medidas indicadas.

Permiso. (de descarga) Autorización a través de la cual el Estado otorga a una persona natural o jurídica, sea pública o privada, la utilización temporal o transitoria de determinada cantidad y calidad de agua o de realizar vertidos en los medios receptores que forman parte del dominio público hídrico.

Plan de asignaciones. Proceso de uso de las aguas terrestres y una vez aprobado, como parte del plan anual de la economía nacional, es la herramienta básica para la operación de las fuentes y una garantía de entrega de agua al usuario de acuerdo con la actividad que realiza. El volumen de agua anual asignado y su distribución son la base del establecimiento de la relación contractual entre el usuario y el que presta el servicio.

Programa Nacional Hídrico. Documento rector que integra los planes hídricos de las cuencas a nivel nacional, en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

Programa Hídrico de la Cuenca. Documento en el cual se definen la disponibilidad, el uso y aprovechamiento del recurso, así como las estrategias, prioridades y políticas, para lograr el equilibrio del desarrollo regional sustentable en la cuenca correspondiente y avanzar en la gestión integrada de los recursos hídricos.

Planificación hídrica. Sistema de trabajo permanente, dinámico e interactivo, orientado por objetivos, tomando en consideración las políticas, estrategias, directrices y prioridades que tienen por finalidad crear instrumentos de actuación para lograr la gestión integral del potencial hídrico nacional.

Planificación Financiera. Un plan GIRH debe incluir un componente financiero claro que integre las fuentes de ingresos y las estrategias de distribución de los fondos. Esto debe estar alineado con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la política nacional de agua y las prioridades locales.

Pluvial. Relativo a la lluvia.

Pluviómetro. Instrumento para medir la altura de agua de precipitación en un punto.

Pozo. Agujero o perforación, excavado o taladrado en la tierra para extraer agua.

Pozo somero. Pozo artesanal excavado cuya profundidad total puede llegar hasta 15 metros y que se encuentra capturando agua subterránea contenida en un acuífero libre y cuyo uso es de tipo doméstico, no comercial o para actividades pecuarias menores.

Pozo profundo. Pozo perforado o excavado cuya profundidad total sea superior a 15 metros, ya sea que capture agua de acuífero libre, confinado, semiconfinado o una combinación de ellos.

Pozos de observación. Perforaciones o excavaciones subterráneas diseñadas para monitorear el nivel freático del agua subterránea, la calidad del agua y otros parámetros relacionados. Los pozos de observación son herramientas importantes en la gestión de recursos 20 hídricos, ya que proporcionan datos clave para comprender la dinámica de los acuíferos y tomar decisiones informadas sobre su uso y conservación.

Precio. monto que cobra el proveedor de los servicios a los Usuarios por conexiones, reconexiones, instalación de medidores y conceptos operativos similares.

Presa. Muro grueso construido a través de un río, arroyo o canal para embalsar agua o reconducirla fuera de su cauce.

Preservación. Conjunto de disposiciones y medidas para mantener el estado actual de un ecosistema.

Presión significativa. Presión que supera un umbral definido a partir del cual se puede poner en riesgo el cumplimiento de los objetivos medioambientales en una masa de agua.

Protección. Conjunto de políticas y medidas para prevenir el deterioro, las amenazas y restaurar el medio ambiente y los ecosistemas alterados.

Programa de actuaciones. Un programa de actuaciones dentro de los planes hidrológicos es un conjunto de medidas y acciones planificadas para alcanzar los objetivos medioambientales y de gestión del agua en una cuenca hidrográfica. Estos programas son esenciales para asegurar el uso sostenible y equitativo de los recursos hídricos, así como para proteger los ecosistemas acuáticos y terrestres.

R

Radio de influencia de un pozo. Distancia hasta la cual se puede percibir un descenso notable del nivel de la napa por acción exclusiva y directa del alumbramiento de aguas subterráneas.

Recarga artificial. Conjunto de técnicas hidrogeológicas aplicadas para introducir agua a un acuífero, a través de obras construidas con ese fin.

Recarga media anual. Es el volumen medio anual de agua que ingresa a un acuífero.

Recarga natural. La generada por infiltración directa de la precipitación pluvial, de escurrimientos superficiales en cauces o del agua almacenada en cuerpos de agua.

Recursos de agua disponibles. Fracción de los recursos hídricos naturales que pueden suministrarse donde y cuando se requieren. Están afectados por restricciones hidrográficas, geológicas, geográficas y tecnológicas (por ejemplo, la capacidad de la derivación, almacenamiento y transporte de agua), por consideraciones socioeconómicas y por implicaciones institucionales complejas. Pueden variar en el tiempo debido a: modificaciones en la disponibilidad natural, a la aparición de nuevas restricciones ecológicas y a la disponibilidad de nuevas herramientas tecnológicas.

Recursos disponibles de agua subterránea. valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.

Recursos de agua renovables. Término promedio largo de volumen de agua dulce proporcionado naturalmente por el ciclo hidrológico, derivado de la escorrentía total (superficial y subterránea). Los recursos de agua renovables generalmente se refieren a una cuenca hidrográfica unitaria. Cuando la unidad geográfica es diferente a la de cuenca hidrográfica, es necesario diferenciar entre los recursos internos al ámbito territorial de la cuenca hidrográfica y los externos, o recursos transfronterizos del ámbito territorial de la cuenca.

Recursos costeros y marinos. Son aquellos constituidos por las aguas del mar territorial, los esteros, la plataforma continental submarina, los litorales, las bahías, islas, cayos, cabos, los estuarios, manglares, arrecifes, la vegetación submarina, lugares de observación de bellezas escénicas, los recursos bióticos y abióticos dentro de dichas aguas y ecosistemas asociados.

Recuperación de costes. Proceso mediante el cual se busca asegurar que los costos asociados con la gestión y el uso del agua, como su captación, tratamiento, distribución, mantenimiento de infraestructuras y protección de los recursos hídricos, sean cubiertos de manera sostenible. Esto implica el establecimiento de tarifas o precios que los usuarios del agua deben pagar, con el objetivo de financiar las inversiones necesarias para la conservación, mejora y operación del sistema de agua, así como para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo. En los planes hidrológicos, la recuperación de costes no solo busca cubrir los gastos operativos, sino también incentivar el uso eficiente del agua, promover la equidad entre diferentes usuarios y contribuir a la protección ambiental, evitando sobreexplotaciones o daños al ecosistema acuático.

Recursos genéticos. Conjunto de genes presentes en las poblaciones silvestres y/o manejadas que constituyen la base de la biodiversidad.

Recursos hídricos. Agua disponible o potencialmente disponible, en cantidad y calidad suficientes, en un lugar y en un período de tiempo apropiados para satisfacer una demanda identificable.

Recursos naturales. Elementos naturales que dispone el hombre para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales.

Red de alcantarillado. Conjunto de instalaciones en el subsuelo que sirven para la evacuación de aguas residuales y/o pluviales.

Red fluvial. Conjunto de cursos de agua que drenan una región.

Red hidrométrica. Conjunto de estaciones hidrológicas y puestos de observación situados en una zona determinada (cuenca, región administrativa) que proporcionan los datos para estudiar el régimen hidrológico.

Régimen de alumbramiento. Programación en tiempo y caudal de extracción de un determinado volumen o masa de agua subterránea.

Régimen hidrológico. (régimen de agua) Variaciones del estado y características de una masa de agua que se repiten regularmente en el tiempo y en el espacio y que son cíclicas, por ejemplo, estacionales.

Régimen pluviométrico. Comportamiento de las lluvias a lo largo del año, promediando el monto de las precipitaciones (lluvias, nieve, granizo convertidas a mm de lluvia) obtenidas a lo largo de un número considerable de años.

Región hidrográfica. Unidad espacial correspondiente u un territorio muy extenso que integra varias cuencas hidrográficas contiguas.

Represa. Obra construida para retener el flujo del agua dentro de un área determinada a lo largo de su cauce o para prevenir inundaciones debidas a mareas u ondas.

Reservorio. Es una obra de captación de aguas lluvias o de escorrentías superficiales, el cual puede ser de condición natural o artificial.

Resiliencia Hídrica. La capacidad de un sistema hídrico (ya sea una cuenca, una región o una infraestructura) para recuperarse o adaptarse frente a perturbaciones y cambios, como sequías, inundaciones o contaminación.

Reúso. (reutilización de aguas residuales.) La explotación, uso o aprovechamiento de aguas residuales con o sin tratamiento previo.

Regularización de un régimen de agua. providencias, acciones y obras destinadas a adaptar un régimen de agua obteniendo oportunidad y cantidad para uno o más aprovechamientos.

Reservas estratégicas de agua. Reservas de agua de acceso restringido, utilizables únicamente para resolver o paliar situaciones de escasez de agua en escenarios de sequía, o para la prevención de situaciones similares en un futuro próximo.

Riesgo ambiental. Potencialidad de una acción de cualquier naturaleza que, por su ubicación, características y efectos puede generar daños al entorno o a los ecosistemas.

Río. Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, o a un embalse natural o artificial, o al mar.

S

Sequía. Supone una anomalía transitoria, más o menos prolongada, caracterizada por un periodo de tiempo con valores de las precipitaciones inferiores a los normales en el área. La causa inicial de toda sequía es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente.

Servicio de Agua Potable. Servicio público que comprende una o más de las actividades de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de Recursos Hídricos para convertirlos en Agua Potable y el sistema de distribución a los Usuarios mediante redes de tuberías o medios alternativos.

Servicio de Alcantarillado Sanitario. Servicio público que comprende una o más de las actividades de recolección, tratamiento y disposición de las Aguas Residuales en Cuerpos Receptores.

Servicios Ambientales. Los beneficios de interés social que se generan o se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, control de inundaciones, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran primordialmente los recursos hídricos y su vínculo con los forestales.

Servicios relacionados con el agua. todas las actividades relacionadas con la gestión de las aguas que posibilitan su utilización, tales como la extracción, el almacenamiento, la conducción, el tratamiento y la distribución de aguas superficiales o subterráneas, así como la recogida y depuración de aguas residuales, que vierten posteriormente en las aguas superficiales. Asimismo, se entenderán como servicios las actividades derivadas de la protección de personas y bienes frente a las inundaciones.

Sistema hidrogeológico. Ciencia que estudia el origen y la formación de las aguas subterráneas, las formas de yacimiento, su difusión, movimiento, régimen y reservas, su interacción con los suelos y rocas, su estado (líquido, sólido y gaseoso) y propiedades (físicas, químicas, bacteriológicas y radiactivas), así como las condiciones que determinan las medidas de su aprovechamiento, regulación y evacuación.

Sistema de riego. Cada una de las demarcaciones geográficas que comprende más de un valle o cuenca.

Sociedad Usuaria de Agua. La que se crean al amparo del Capítulo VI de la Ley de Agua No. 276, que se forman para el uso colectivo de las aguas de los socios que la conforman, para el desarrollo de sus labores propias, que incluye el riego, actividades productivas y el uso doméstico. No son entes prestadores de servicio público de abastecimiento poblacional de agua.

Sociedad civil. Conjunto de personas, naturales o jurídicas, titulares de un interés colectivo difuso conforme a la presente ley, que expresa su participación pública y social en la vida local y/o nacional.

Soluciones basadas en la Naturaleza (SBN). Herramientas de eficacia probada que aportan beneficios ecológicos, económicos y sociales mediante el uso y aprovechamiento de las funciones de los ecosistemas, para responder a desafíos como el cambio climático, la seguridad alimentaria o el riesgo de desastres. Permiten preservar servicios ambientales y aumentar la resiliencia. Se consideran estrategias efectivas para el logro de los ODS.

Subcuenca. la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos).

Suministro de agua. Agregación de todos los recursos de agua que son susceptibles ser usados. Incluye la precipitación, los recursos naturales, incluso los subterráneos, y las fuentes no-convencionales. Para un sistema hidrológico, el suministro tiene en cuenta el sistema de distribución, las dimensiones y capacidad de las infraestructuras, los derechos de uso y otros factores condicionantes que deben tenerse en cuenta.

T

Tarifa. Retribución que un usuario debe pagar por la prestación de servicios y autorización para usos y aprovechamiento del agua.

Tarifa solidaria. Un sistema tarifario es solidario si a través del mismo se puede conseguir que las tarifas establecidas para los altos consumidores de un servicio favorezcan la posibilidad de los consumidores de bajos consumos a recibir el servicio a un valor que pueda ser asumido por éstos sin afectar la sostenibilidad del servicio.

Tarifa equitativa. El establecimiento de tarifas se basa en principios de equidad cuando situaciones iguales son objeto de idéntico nivel de tarifa. También coincide la finalidad de la equidad con los principios básicos de la solidaridad.

Tarifa sostenible. Un sistema de tarifas es sostenible económicamente cuando mediante su establecimiento y recaudación es posible gestionar un sistema de infraestructuras hidráulicas, protección y manejo de cuencas y mejorar progresivamente su calidad y la eficiencia en la gestión del agua, así como la prestación de los servicios públicos relacionados.

Tarifa periódica. Las tarifas deberán ser revisadas periódicamente para adaptarlas a las nuevas circunstancias que surjan y a la consecución de la sostenibilidad. Se establece como plazo máximo para la revisión de las tarifas por parte de la entidad titular para su fijación, el de cinco años.

Tasa. Contribución que cobra un gobierno municipal al Usuario, que tiene como hecho generador la prestación efectiva de uno o más de los Servicios de Agua Potable o Alcantarillado Sanitario, por parte del municipio, individualizado en el contribuyente. Su recaudación no debe tener un destino distinto al servicio que constituye el presupuesto de la obligación.

Titular. Persona natural o jurídica, pública o privada, a quien se le otorga una asignación o permiso de uso o aprovechamiento de aguas nacionales o de descarga de vertidos, así como para la utilización de los bienes que forman parte del dominio público hídrico, según sea el caso.

Topografía. Conjunto de características que presenta la superficie o el relieve de un terreno.

Toma. Obra cuyo propósito es controlar, regular, derivar y admitir agua directamente, a través de un conducto de toma construido aguas arriba. Toma directa por bombeo. Obras hidráulicas destinadas a extraer agua mediante toma con bombeo directamente desde un cuerpo de agua natural o artificial.

Trasvases de agua. Operación mediante la cual se transfiere parte de los recursos hídricos desde una cuenca u otra, sin que las mismas necesariamente sean contiguas, con fin de aprovechamiento agrícola, industrial, hidroeléctrico o de abastecimiento a poblaciones.

Turno. Orden o alternativa de oportunidad a que los usuarios quedan sujetos para la utilización de las aguas.

U

Unidad hidrológica. cuenca hidrológica, una porción de esta o un conjunto de estas, que cuentan con características físicas, geográficas, sociales, hidrológicas, ambientales y económicas similares, establecida para fines de planificación y gestión.

Unidades litológicas. Cuerpo rocoso que presenta características de composición química y mineralógica más o menos homogéneas, tiene límites definidos con otras unidades y una edad de formación determinada.

Unidad de Riego. Área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola.

Uso. Empleo de las aguas para un fin determinado.

Uso agrícola. La aplicación de agua nacional para el riego destinado a la producción agrícola y la preparación de ésta para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

Uso Ambiental o Uso para conservación ecológica. El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema.

Uso beneficioso del agua. Es el aprovechamiento eficiente, racional y sostenible del recurso, en los volúmenes y para los fines autorizados.

Uso consuntivo. Es la diferencia del volumen de una cantidad determinada de agua que se extrae, menos el volumen de una cantidad también determinada de agua que se vierte a algún cuerpo receptor.

Uso doméstico. La utilización de agua destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa.

Uso industrial. La utilización de agua en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores.

Uso no consuntivo. Volumen o caudal de agua de una calidad determinada que se utiliza al llevar a cabo una actividad específica, no alterando la cantidad ni la calidad, utilizando sus propiedades físicas.

Uso público urbano. La aplicación de agua nacional para centros de población y asentamientos humanos, a través de la red municipal.

Uso pecuario. La aplicación de aguas nacionales para la cría y engorda de ganado, aves de corral y otros animales, y su preparación para la primera enajenación siempre que no comprendan la transformación industrial; no incluye el riego de pastizales.

Usuarios. Es toda persona natural o jurídica que se beneficia por el uso o aprovechamiento del recurso hídrico para su subsistencia, generación de actividad económica o el goce de actividades culturales o recreativas.

Usuario o usuaria institucional. Persona jurídica representante del Poder Público que aprovecha las fuentes de aguas superficiales o subterráneas con fines de abastecimiento de agua o de generación de energía eléctrica.

V

Vertidos. Toda descarga de aguas residuales o no residuales, contaminadas o no contaminadas, que se realice directa o indirectamente a los cuerpos de agua mediante canales, desagües o drenajes de agua, descarga directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descargas a medio marino costero y descargas submarinas.

Vulnerabilidad. Es la probabilidad de que una comunidad o grupo de personas, expuestas a una amenaza o peligro natural, puedan sufrir daños humanos y materiales según el grado de fragilidad de algunos de sus elementos, tales como Infraestructura, actividades productivas, organización ante las amenazas, sistemas de alerta y condiciones de información, desarrollo y coordinación institucional.

Z

Zona hidrográfica. Demarcación geográfica que contiene regiones, cuencas y microcuencas hidrográficas, cuya delimitación y denominación compatibiliza el componente natural con el político con el objetivo de facilitar la aplicación de la presente Ley.

Zona de recarga acuífera. Área de la cuenca en la cual, debido a las características de topografía, de cobertura vegetal, del suelo, del subsuelo, se da una infiltración de agua hacia el subsuelo o al manto freático.

Zona reglamentada. Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, que, por sus características de deterioro, desequilibrio hidrológico, riesgos o daños a cuerpos de agua o al medio ambiente, fragilidad de los ecosistemas vitales, sobreexplotación, así como para su reordenamiento y restauración, requieren un manejo hídrico específico para garantizar la sustentabilidad hidrológica.

Zona de reserva. Aquellas áreas específicas de los acuíferos, cuencas hidrológicas, o regiones hidrológicas, en las cuales se establecen limitaciones en la explotación, uso o aprovechamiento de una porción o la totalidad de las aguas disponibles, con la finalidad de prestar un servicio público, implantar un programa de restauración, conservación o preservación o cuando el Estado resuelva explotar dichas aguas por causa de utilidad pública.

Zona de veda. Aquellas áreas específicas de las regiones hidrológicas, cuencas hidrológicas o acuíferos, en las cuales no se autorizan aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y éstos se controlan mediante reglamentos específicos, en virtud del deterioro del agua en cantidad o calidad, por la afectación a la sustentabilidad hidrológica, o por el daño a cuerpos de agua superficiales o subterráneos.

Glosario y Acrónimos

Acrónimo

Acrónimo	Nombre Completo	Definición Breve	Enlace Oficial
ACC	Adaptación al Cambio Climático		
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo	Organismo de cooperación internacional de España	https://www.aecid.es/
AL	América Latina		
ALC | LAC	América Latina y Caribe		
ANA	Autoridad Nacional del Agua	Entidad responsable de la gestión del agua en cada país	https://www.ana.gob.pe
ASA	Autoridad Salvadoreña del Agua		https://www.asa.gob.sv/
AYS	Agua y Saneamiento		
BID	Banco Interamericano de Desarrollo	Apoya el desarrollo económico y social en América Latina	https://www.iadb.org
BM	Banco Mundial	Financiación y asistencia técnica en proyectos hídricos	https://www.bancomundial.org
CAD-OCDE	Comité de Ayuda al Desarrollo, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico		https://www.oecd.org
CAF	Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe	Financia proyectos de desarrollo en América Latina	https://www.caf.com
CARICOM	Comunidad del Caribe	Programas de agua y saneamiento	https://caricom.org
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica	Tratado internacional para la conservación de la biodiversidad	https://www.cbd.int
CE	Cooperación Española	Conjunto de acciones de cooperación internacional de España	https://www.exteriores.gob.es
CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas		http://www.cedex.es/
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe	Promueve el desarrollo económico y social en la región	https://www.cepal.org
CFCE	Centro de Formación de Cooperación Española		https://www.aecid.es/ (Forma parte de AECID)
CIMHET	Conferencia de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales Iberoamericanos		https://www.segib.org/la-segib-inscribe-una-nueva-rediberoamericana-con-tematicamedioambiental/ (Referencia a su adhesión a SEGIB)
CLOCSAS	Confederación Latinoamericana de Organizaciones Comunitarias de Servicios de Agua y Saneamiento		http://clocsas.org/
CLY	Cuenca del lago Ypacaraí		
CMNUCC	Convención Marco sobre el Cambio Climático	Tratado internacional sobre cambio climático	https://unfccc.int
CODIA	Conferencia de Direcciones y Autoridades Iberoamericanas del Agua	Foro regional de autoridades del agua	https://www.codia.info

Glosario y Acrónimos

CONALAYPA	Comisión Nacional de Gestión y Manejo del Lago Ypacaraí y su Cuenca		https://wiconnect.iadb.org/osc/conalaypa/ (Perfil en el BID)
COPECO	Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) de Honduras		http://www.copeco.gob.hn/
CRRH	Comité Regional de Recursos Hidráulicos		http://www.recursoshidricos.org/
CT	Cooperación técnica		
CTPT	Comisión Trinacional del Plan Trifinio		http://www.plantrifinio.int/
DACGER	Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (de El Salvador)		https://dacger.mop.gob.sv/
DFCAS **DGA**	Departamento del Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento		
	Dirección General del Agua	Entidad nacional encargada de la planificación hídrica.	
DHAS	Derecho Humano al Agua y el Saneamiento		
DINALAYPA	Dirección Nacional de Gestión y Manejo del Lago Ypacaraí		
DMA	Directiva Marco del Agua	Norma europea de referencia en planificación hidrológica	https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX:32000L0060
DUE	Delegación de la Unión Europea		
EAE	Evaluación Ambiental Estratégica	Proceso de integración ambiental en planes y programas	
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	Promueve la seguridad alimentaria y gestión de recursos naturales	https://www.fao.org
FCAS	Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento	Fondo español para proyectos de agua	https://www.aecid.es/inicio-fcas
FDA	Fondo de Agua		
FDAT	Fondo de Agua Transfronterizo		
FEC	Fondo Estratégico sobre el Clima		
FECASALC	Fondo Español de Cooperación para agua y saneamiento en América Latina y el Caribe		
FECORACEN	Federación de Cooperativas de la Reforma Agraria Región Central de El Salvador		
FEDES	Fondo Español de Desarrollo Sostenible		
FEWS	Red de Sistemas de Alerta Temprana contra la hambruna (Famine Early Warning Systems Network)		
FICH	Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas		
FILAC	Fondo para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas de América Latina y el Caribe		
FMAM	Fondo Mundial para el Medio Ambiente		

Glosario y Acrónimos

FMI	Fondo Monetario Internacional	Relevante en análisis económico de planes	https://www.imf.org
FOCARD-APS	Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento		https://www.sica.int/focardaps/ini cio
FONPLATA	Fondo Financiero para el Desarrollo de la Cuenca del Plata	Relevante en cuencas transfronterizas	https://www.fonplata.org
FONPRODE	Fondo para la Promoción del Desarrollo (de España) (ahora FEDES)		
GAD	Gobiernos Autónomos Descentralizados (Ecuador)		
GCF	Fondo Verde del Clima		
GCM	Unidad de Gestión de Donaciones y Cofinanciamiento del BID		
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial	Financia proyectos ambientales globales	https://www.thegef.org
GIAAU	Programa de Gestión Integral del Agua en Áreas Urbanas		
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos	Enfoque que promueve el uso sostenible del agua	
GIS	Sistema de Información Geográfico		
GIZ	Agencia de Cooperación Internacional Alemana		
GWP	Global Water Partnership	Red internacional para la gestión sostenible del agua	https://www.gwp.org
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua de México		https://www.gob.mx/imta
INE/WSA	División de Agua y Saneamiento del BID		https://www.iadb.org/es/quienesso-mos/temas/agua-y-saneamiento
INSAR	Radar de Apertura Sintética Interferométrico	Tecnologías de teledetección aplicadas a GIRH	https://earth.esa.int/eogateway/missions/insar
IPBES	Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos	Órgano científico internacional sobre biodiversidad	https://www.ipbes.net
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático	Organismo científico sobre cambio climático	https://www.ipcc.ch
IWA	Asociación Internacional del Agua		https://www.iwa-network.org/
LACIF	Instrumento para Inversiones en América Latina y El Caribe (LACIF, unión de los anteriores LAIF y CIF (Caribbean Investment Facility) (Latin America and Caribbean Investment Facility)		https://www.eulaif.eu/es/home
MAP	Marcos de Asociación País de la Cooperación Española		
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador		https://www.ambiente.gob.sv/
MAUC	Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación de España (antes MAEC)		https://www.exteriores.gob.es/es/Paginas/index.aspx
MIC	Manejo Integral de Cuencas		

Glosario y Acrónimos

MINSAL	Ministerio de Salud de El Salvador		https://www.salud.gob.sv
MIP	Marco Indicativo Plurianual de la Unión Europea		
MIRIEGO	Programa Más Inversión para el Riego		https://www.caf.com/es/quienesso-mos/proyectos/cfa008785programa-mas-inversion-parariego-mi-riego/
MITECO	Ministerio para Transición Ecológica y Reto Demográfico España (antes MITERD y MAPAMA)		https://www.miteco.gob.es/es.ht ml
MMAYA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia		https://www.mmaya.gob.bo/
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones de Paraguay		https://mopc.gov.py/
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transportes de El Salvador		https://www.mop.gob.sv/
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos	Organismo internacional que promueve políticas públicas	https://www.oecd.org
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio		
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible	Agenda global para el desarrollo sostenible	https://sdgs.un.org/goals
OEA	Organización de Estados Americanos	Organismo regional para la cooperación en América	https://www.oas.org
OLAS	Observatorio Latinoamericano de Saneamiento		https://www.olasdata.org/
OMM	Organización Meteorológica Mundial	Agencia especializada en meteorología y clima	https://public.wmo.int
ONG	Organización no Gubernamental		
ONGD	Organización no Gubernamental de Desarrollo		
ONU	Organización de Naciones Unidas	Organización internacional para la paz y cooperación	https://www.un.org
OPAMSS	Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador		
ORP	Oficina de Alianzas Estratégicas del BID		
OTCA	Organización del Tratado de Cooperación Amazónica	Cooperación regional para gestión de recursos amazónicos	https://otca.org
PAECLY	Plan de Acción de Economía Circular para el Lago Ypacaraí		
PAIS SOCIO	País elegible para ser beneficiario del financiamiento con cargo al FECASALC, de conformidad con lo establecido en el Documento Marco Técnico y en el Reglamento Operativo del Fondo		
PAS	Plan de Actuación Sectorial (de la Cooperación Española)		
PASAL	Plataforma de Monitoreo de Aguas Subterráneas de América Latina		
PASCIM	Programa de Agua y Saneamiento para Ciudades Intermedias y Menores		

Glosario y Acrónimos

PCMI	Programa de Cooperación Meteorológica Iberoamericano		
PD	Plan Director (de la Cooperación Española)		
PDCK	Plan Director de la cuenca del Katari		
PDES	Plan de Desarrollo Económico y Social de Bolivia		
PDGES	Plan de Desarrollo General Económico y Social de Bolivia		
PH	Plan Hidrológico	Instrumento de planificación de recursos hídricos	
PHI UNESCO	Programa Hidrológico Intergubernamental	Programa científico de cooperación hídrica	https://en.unesco.org/themes/water-security/hydrology
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	Coordina actividades ambientales de la ONU	https://www.unep.org
PRONAREC	Programa Nacional de Riego con Enfoque en Cuenca		https://www.iadb.org/es/proyecto/BO-L1106
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales		
QRR	Comité interno de revisión de calidad y riesgo del BID, en el que se evalúan por parte de diversas divisiones del BID los aspectos y riesgos técnicos, sociales, medioambientales y estratégicos de los proyectos		
RALCEA	Red para América Latina de Centros de Excelencia en Gestión del Agua		https://ralcea.org/
RAMSAR	Convención sobre los Humedales	Tratado internacional para la conservación de humedales	https://www.ramsar.org
RIOC/INBO	Red Internacional de Organismos de Cuenca	Red de cooperación entre organismos de cuenca	https://www.rioc.org
RIOCC	Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático		https://www.lariocc.es/
SANAA	Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados de Honduras		http://sanaa.hn/
SATD	Sistema de Apoyo a la Toma de Decisiones		
SCAL	Subsistema de Control, Análisis y Localización (SCAL)		
SEGIB	Secretaría General Iberoamericana	Organismo de apoyo a la Conferencia Iberoamericana	https://www.segib.org
SENASA	Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental de Paraguay		https://www.senasa.gov.py/
SENASBA	Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico		https://senasba.gob.bo/
SEPRAPS	Sistema de Seguimiento y Supervisión de Proyectos de Agua y Saneamiento Rurales		
SIASAR	Sistema de Información de Agua y Saneamiento Rural		https://www.globalsiasar.org/
SICA	Sistema de Integración Centroamericano		https://www.sica.int/

Glosario y Acrónimos

STP CODIA	Secretaría Técnica Permanente de la CODIA	Secretaría Técnica Permanente de la CODIA	https://codia.info/quienessomos/secretaria-tecnicapermanente/
SUDS	Sistemas urbanos de drenaje sostenible		
UE	Unión Europea	Organización política y económica europea	https://europa.eu
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza	Organización global para la conservación de la biodiversidad	https://www.iucn.org
UNECE	Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas	Promueve la cooperación económica	https://unece.org
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura	Organismo especializado de la ONU	https://www.unesco.org
UNESCO-PHI	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura - Programa Hidrológico Internacional		https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000218061_spa
WASH	Agua, Saneamiento e Higiene		
WW2R	Recursos de Aguas Residuales		
WWAP	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos	Evaluación global de los recursos hídricos	https://www.unesco.org/en/wwap

ANEXO V: Conclusiones de los Grupos de Trabajo

CONCLUSIONES DE LOS GRUPOS DE TRABAJO (GT)

Contenido

[1] Introducción ... 3

[1.1] Objetivo ... 3
[1.2] Metodología de trabajo: estructura de sesiones y herramientas colaborativas ... 4
[1.2.1] Estructura de las sesiones ... 4
[1.2.2] Herramientas colaborativas ... 6
[1.3] Participación: integrantes de los grupos ... 8

[2] Resultados de los grupos de trabajo ... 10

[2.1] Grupo de trabajo: participación pública ... 10
[2.1.1] Terminología clave consensuada ... 11
[2.1.2] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones ... 11
[2.1.3] Conclusiones y aportes destacados ... 12
[2.1.4] Retos identificados ... 13
[2.1.5] Recomendaciones para la guía ... 14
[2.2] Grupo de trabajo: financiación para la ejecución de los planes hidrológicos ... 15
[2.2.1] Terminología clave consensuada ... 15
[2.2.2] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones ... 16
[2.2.3] Conclusiones y aportes destacados ... 16
[2.2.4] Retos identificados ... 18
[2.2.5] Recomendaciones para la guía ... 18
[2.3] Grupo de trabajo: fenómenos extremos y cambio climático ... 19
[2.3.1] Terminología clave consensuada ... 19
[2.3.2] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones ... 20
[2.3.3] Conclusiones y aportes destacados ... 20
[2.3.4] Retos identificados ... 22
[2.3.5] Recomendaciones para la guía ... 22
[2.4] Grupo de trabajo: cuencas transfronterizas ... 23
[2.4.1] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones ... 23
[2.4.2] Conclusiones y aportes destacados ... 24
[2.4.3] Retos identificados ... 25

[3] Convergencias y elementos transversales entre los grupos de trabajo ... 26

[4] Conclusión y cierre del proceso ... 28

Anexo 1. Actas de las sesiones ... 29

[1] Introducción

[1.1] Objetivo

La gestión del agua en Iberoamérica enfrenta múltiples desafíos vinculados a la variabilidad climática, la presión sobre los recursos hídricos, la fragmentación institucional y las crecientes demandas sociales y ambientales. En este contexto, la **elaboración de planes hidrológicos** integrales, adaptativos y sostenibles es una herramienta estratégica para orientar la política pública, fortalecer la gobernanza del agua y avanzar hacia la seguridad hídrica en la región.

En el marco de la elaboración de la **Guía de Planificación Hidrológica**, promovida por la Conferencia de Direcciones y Autoridades Iberoamericanas del Agua **(CODIA)** y el **Fondo del Agua de la Cooperación Española**, se impulsó un proceso participativo orientado a recoger conocimiento técnico, experiencias prácticas y consensos regionales sobre aspectos clave de la planificación. Este proceso se materializó a través de la conformación de **cuatro grupos de trabajo temáticos**, integrados por representantes técnicos de los países miembros, instituciones especializadas y organizaciones vinculadas a la gestión del agua.

En este sentido, en la pasada XXV CODIA el acuerdo que se alcanzó es el siguiente:

ACUERDO 6. *Continuar avanzando en los lineamientos para la implementación de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos, a través de la Guía técnica de planificación hidrológica en el marco de la GIRH del ámbito iberoamericano, cuya elaboración se acordó en la III Reunión InterCODIA de 2018, en particular a través del lanzamiento de 3 grupos de trabajo de CODIA, que analizarán y propondrán cómo incluir en la Guía los siguientes temas: (1) financiación, (2) participación pública, (3) fenómenos extremos y adaptación al cambio climático. Se propone la creación de un Grupo de Trabajo para compartir información y experiencias entre países con cuencas transfronterizas. La STP realizará un llamado para la participación en estos grupos, según sus intereses, y se solicitará un punto focal para cada uno de ellos, fijando fecha para la primera reunión en las próximas semanas.*

Las sesiones se organizaron en torno a preguntas orientadoras comunes (Anexo 1), que promovieron el diálogo estructurado, el intercambio de experiencias nacionales y la identificación de buenas prácticas, retos y necesidades. El trabajo se complementó con **foros en línea, espacios colaborativos (como tableros digitales interactivos)** y una metodología de sistematización orientada a construir insumos útiles y, en su caso, directamente aplicables a la guía.

Este documento tiene como objetivo presentar de manera estructurada los **principales resultados obtenidos en los cuatro grupos de trabajo**, incluyendo:

- Las **principales conclusiones y aportes técnicos** de cada grupo.
- Las **buenas prácticas y casos relevantes** compartidos por los países participantes.
- Las **recomendaciones metodológicas, operativas y normativas**
- Las **convergencias y elementos transversales** que refuerzan el enfoque integral de la planificación.

Además de consolidar los aprendizajes del proceso, este documento busca **fortalecer el valor colectivo del trabajo regional**, capitalizar el conocimiento acumulado y asegurar que los contenidos de la guía reflejen las realidades, aspiraciones y capacidades diversas de los países integrantes de la CODIA.

Aparte de lo importante que es para la elaboración de una guía contar con la experiencia directa de los países de la región a la que, en principio, va dirigida, hay que destacar la generosidad de los participantes en los grupos de trabajo, al compartir sus experiencias y conocimientos, su gran implicación y su disponibilidad, todo ello ha hecho posible que podamos presentar estas conclusiones.

[1.2] Metodología de trabajo: estructura de sesiones y herramientas colaborativas

[1.2.1] Estructura de las sesiones

El proceso de los grupos de trabajo se diseñó bajo una lógica de construcción colectiva y diálogo técnico entre los países de la región. Cada grupo desarrolló **tres sesiones virtuales** entre febrero y abril de 2025, organizadas en torno a preguntas orientadoras específicas para su temática. Estas sesiones contaron con la participación activa de equipos técnicos gubernamentales, especialistas sectoriales y representantes de organismos internacionales, con una metodología centrada en el debate abierto, la sistematización progresiva y el intercambio de experiencias regionales.

Primera sesión

La primera sesión de cada grupo tuvo una estructura particular, más orientada al encuadre del proceso y al establecimiento de una base común de trabajo. En esta sesión se abordaron los siguientes componentes:

- **Bienvenida institucional y apertura del proceso**: Las autoridades promotoras (CODIA y FCAS) dieron la bienvenida formal a los grupos, contextualizando el proceso de elaboración de la guía y el papel estratégico de los grupos de trabajo en su construcción.
- **Presentación del grupo y dinámica de asistentes**: Se dio espacio para que todos los participantes se presentaran, compartieran sus áreas de trabajo, países u organismos de origen, y su motivación o expectativa respecto del grupo.
- **Establecimiento de un lenguaje común**: Se presentó una propuesta de terminología base para la temática específica del grupo (por ejemplo, “participación efectiva”, “resiliencia hídrica”, “planificación financiera”), invitando a los participantes a **revisarla, completarla o corregirla** colectivamente. Esta actividad buscó establecer un marco conceptual compartido desde el inicio.
- **Debate abierto de expectativas y enfoques**: Se habilitó un primer espacio de intercambio donde los participantes identificaron los principales retos y prioridades que, en su experiencia, debían ser abordados por el grupo. Este debate libre permitió visibilizar las distintas realidades nacionales y sentó las bases para la formulación de las **preguntas orientadoras** que guiarían las sesiones siguientes.
- **Presentación del cronograma y herramientas de trabajo**: Se explicó la metodología general del proceso, incluyendo la lógica acumulativa entre sesiones, el uso del foro de la CODIA como espacio de intercambio permanente, y la utilización del tablero digital MIRO como herramienta de trabajo colaborativo y sistematización visual.
- **Invitación a asumir la portavocía del grupo**: Al cierre de la sesión, se invitó a los participantes a **ofrecerse voluntariamente como portavoces del grupo**, con la finalidad de facilitar la validación técnica de los documentos de trabajo que se generarían en las sesiones siguientes, así como el contacto con el equipo redactor de la guía. Esta figura buscó reforzar el sentido de corresponsabilidad del grupo y asegurar una representación técnica activa en las etapas finales del proceso.

Esta primera sesión tuvo un carácter exploratorio, fundacional y horizontal. Su objetivo fue crear un **clima de confianza**, promover la implicación activa de los participantes y consensuar colectivamente los ejes clave que organizarían el trabajo posterior.

Segunda y tercera sesión

Tras la primera sesión introductoria y exploratoria, la segunda y tercera reunión de cada grupo de trabajo se centraron en avanzar con análisis temáticos más estructurados, guiados por ejes definidos y sistematizados previamente. Estas sesiones siguieron una lógica de trabajo

técnico colaborativo que permitió recoger experiencias concretas, identificar barreras comunes y construir propuestas aplicables a la planificación hidrológica en la región.

La secuencia habitual en ambas sesiones fue la siguiente:

1. **Revisión del estado del proceso**

Cada sesión comenzaba con una bienvenida breve por parte del equipo técnico, seguida por la presentación del **estado de avance del grupo**, incluyendo:

- El resumen de los principales hallazgos de la sesión anterior.
- Las ideas clave recogidas en el panel MIRO y sistematizadas en el acta.
- Un repaso a la actividad del foro virtual entre sesiones (preguntas planteadas, intervenciones escritas, documentos compartidos).

Esta revisión inicial buscó **garantizar la continuidad conceptual**, incorporar los aportes asincrónicos al proceso colectivo y activar la memoria de trabajo del grupo.

2. **Recordatorio de las herramientas colaborativas**

Se recordaba brevemente el uso del **panel MIRO**, accesible permanentemente, y el foro de la CODIA como espacio para ampliar o completar ideas después de la sesión. En varios casos, participantes que no podían intervenir oralmente en la sesión compartían sus aportes en estos canales.

3. **Trabajo temático guiado por preguntas orientadoras**

El núcleo metodológico de la segunda y tercera sesión fue el **periodo de debate estructurado**, en torno a una o dos preguntas clave por sesión. Estas preguntas fueron elaboradas con base en:

- Las prioridades emergentes en la primera sesión.
- Las contribuciones compartidas entre sesiones.
- Los temas estratégicos definidos para el desarrollo de la Guía.

La dinámica se basó en **rondas abiertas de intervenciones**, con moderación activa para dar voz a participantes diversos, promover la complementariedad y evitar repeticiones. Las intervenciones tenían una duración orientativa de 3–5 minutos y se priorizaban las experiencias nacionales, herramientas utilizadas, ejemplos institucionales y lecciones aprendidas.

Simultáneamente, el equipo técnico **sistematizaba en tiempo real los aportes en el panel MIRO**, organizando las ideas por categoría (barreras, soluciones, buenas prácticas, propuestas para la guía, referencias normativas, etc.) y por eje temático. Esta sistematización fue visible en pantalla, lo que permitía a los participantes **ver reflejadas sus aportaciones** de forma inmediata y corregir o matizar si era necesario.

4. **Síntesis colectiva y verificación**

Antes del cierre, se realizaba una **lectura de las conclusiones preliminares**, basada en lo recogido en el tablero y en el acta viva de la sesión. Esta lectura permitía:

- Identificar puntos de consenso.
- Reconocer enfoques divergentes o complementarios.
- Comenzar a traducir los hallazgos en **propuestas concretas para la guía** (recomendaciones, enfoques metodológicos, herramientas sugeridas, necesidades institucionales, etc.).

En algunos grupos, se abrió un pequeño espacio final para que los participantes **priorizaran o destacaran ideas clave**, con el fin de guiar el cierre conceptual de la tercera sesión.

5. Acuerdos y tareas intermedias

Cada sesión finalizaba con la definición de tareas entre sesiones (como revisar el panel Miro, compartir insumos, enviar ejemplos de normativas o proyectos relevantes) y el acuerdo sobre la siguiente fecha de reunión.

Este esquema de trabajo, sólidamente estructurado pero flexible al mismo tiempo, permitió que los grupos avanzaran de forma gradual desde la exploración inicial hacia una **síntesis técnica útil para la elaboración de la guía**.

[1.2.2] Herramientas colaborativas

Uno de los elementos más destacados del proceso metodológico fue el uso de herramientas colaborativas que facilitaron la participación activa, la organización del conocimiento generado y la continuidad entre sesiones. Dos instrumentos principales fueron empleados con objetivos complementarios: **los tableros digitales MIRO** y el **foro en la plataforma web de la CODIA**.

1. Tableros digitales MIRO

Una de las principales innovaciones metodológicas fue el uso de **tableros digitales colaborativos** en la plataforma **Miro** (Figura 1), que permitieron visualizar, editar y organizar de forma gráfica los contenidos centrales de cada sesión.

Esta herramienta fue especialmente útil para:

- Representar de forma estructurada y en tiempo real los aportes de los participantes durante las sesiones.
- Agrupar visualmente temas, propuestas, obstáculos y ejemplos por eje temático.
- Sintetizar los consensos y divergencias de forma accesible y compartida.
- Generar espacios de trabajo asincrónico entre sesiones, permitiendo a los participantes incorporar ideas o comentarios de forma autónoma.

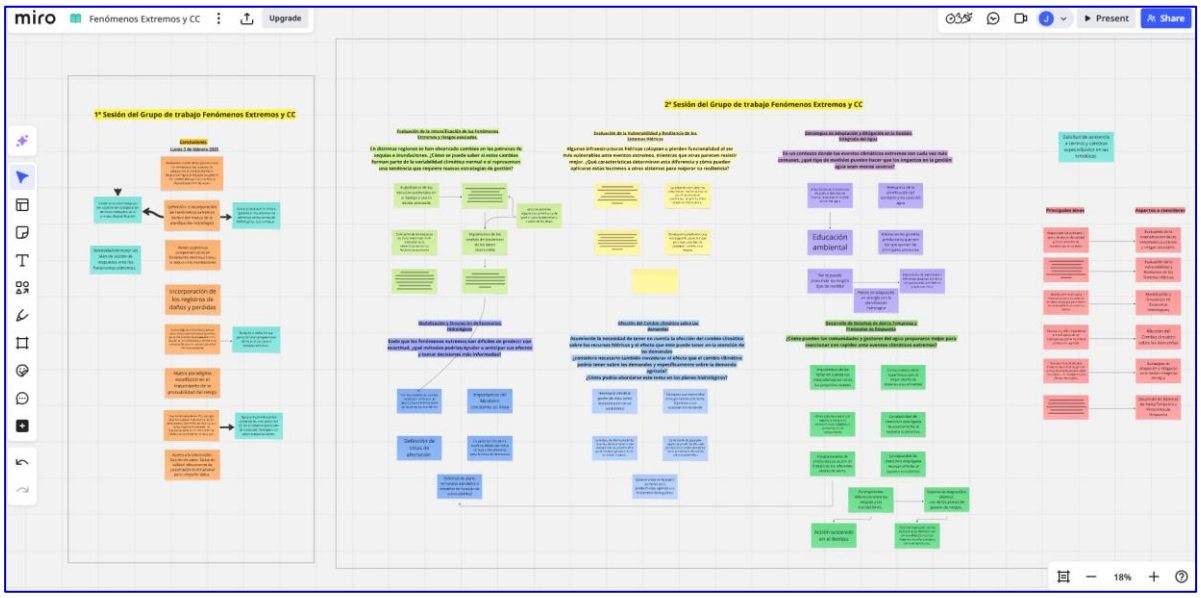


Figura 1. Ejemplo de la interfaz de usuario de la plataforma Miro

Cada grupo temático contó con su propio tablero Miro, dividido por bloques temáticos y con una codificación visual clara (colores, categorías, etiquetas) que facilitó la comprensión del contenido acumulado. Este recurso no solo sirvió como memoria visual del proceso, sino que además funcionó como una herramienta de dinamización del debate en tiempo real.

2. Foro en la plataforma web de la CODIA

Complementando la interacción sincrónica durante las sesiones, se fomentó también el uso del **foro de la plataforma de la CODIA** (Figura 2) como espacio de trabajo entre sesiones. El foro fue concebido como un canal de intercambio permanente entre los participantes, que facilitara la sistematización y documentación del proceso.

En este espacio se subieron y compartieron materiales clave, incluyendo:

- Las actas sistematizadas de cada sesión, disponibles para su revisión y descarga. (Anexo 1)
- Las preguntas orientadoras que estructuraban el debate temático.
- Recursos técnicos complementarios: guías, enlaces, estudios de caso, ejemplos normativos y documentos de referencia.
- Intervenciones escritas por los participantes que no pudieron estar presentes en alguna sesión.

A pesar de que la interacción en el foro fue moderada en cuanto a volumen de mensajes, su función como **repositorio vivo y estructurado de materiales** fue ampliamente reconocida como útil y necesaria. Además, aseguró el acceso abierto y equitativo a toda la documentación producida, fortaleciendo la transparencia del proceso.

Figura 2. Ejemplo de la interfaz del Foro de la plataforma web de la Codia

3. Valoración general

En términos generales, la combinación del trabajo en vivo durante las sesiones con herramientas colaborativas como MIRO y el foro web resultó **altamente efectiva para canalizar el conocimiento técnico**, reforzar la participación y asegurar una sistematización rigurosa y abierta del proceso.

El uso de MIRO fue especialmente valorado por su capacidad para:

- Sintetizar y visualizar las ideas principales de cada sesión.
- Dar seguimiento a los temas trabajados en una interfaz intuitiva.
- Fomentar una participación asincrónica flexible y equitativa.

El foro, por su parte, aportó continuidad, transparencia y orden documental, permitiendo a los participantes mantenerse informados y acceder a los recursos en cualquier momento del proceso.

[1.3] Participación: integrantes de los grupos

El desarrollo y la dinámica de los grupos de trabajo contaron con una participación activa y comprometida por parte de profesionales técnicos de distintos países, instituciones especializadas y organismos internacionales vinculados a la gestión del agua.

Se reconoce y valora el aporte sustantivo realizado por las personas participantes, cuya experiencia, conocimientos y disposición al intercambio contribuyeron de manera decisiva al éxito del proceso. La riqueza de los debates, la identificación de buenas prácticas y la formulación de propuestas concretas fueron elementos fundamentales para construir una visión compartida sobre los desafíos y oportunidades en la planificación hidrológica.

Los resultados obtenidos en estos espacios colaborativos constituyen un insumo esencial para la Guía de Planificación, en la que se verán reflejadas las principales conclusiones, recomendaciones y consensos surgidos del trabajo colectivo.

A continuación, se presenta el listado de integrantes que participaron en los diferentes grupos de trabajo, ordenados por el orden alfabético de las organizaciones o países a los que representaban.

- Argentina - Bernstein, Laura.
- Argentina - Cuasnicu, Alejandra.
- Argentina - De Simone, Silvia.
- Argentina - Fucito Dragui, Bárbara.
- Argentina - Valladares, Andrea Isabel.
- Brasil - Sarmento, Luciana.
- CAF - Bianchi, Fabiana.
- CAF - Real, Carlota.
- CEDEX - Arqued, Víctor Manuel.
- CEPAL - Altamirano, Mónica.
- CEPE/ONU - de Strasser, Lucia.
- CEPE/ONU - Demilecamps, Chantal.
- Chile - García, Pamela.
- Chile - Labra, Carla.
- Costa Rica - Martínez, Luis Carlos.
- Costa Rica – Villavicencio Rojas, Herberth.
- El Salvador - Cerón, Roberto.
- El Salvador - Pérez, Mario Hernán.
- España - Hernández, Andrea.
- España - Marcuello, Concepción.
- GWP – Martínez Nieto, Axel.
- GWP - Soto, Iván Leonardo.
- GWP - Tábora, Fabiola.
- OCDE - Laumé, Georges.
- Portugal - Matoso, André.
- Portugal - Morbey, Luis.
- República Dominicana - Saldaña, Juan.
- SG/OEA - Carlier, Alexandra.
- SG/OEA - Cerna, Mauricio.

- SG/OEA - Iervolino, Delfina.
- UNESCO - Doria, Miguel.
- UNESCO - Tori, Camila.
- Uruguay - Ledezma, Kevin.
- Uruguay - Panizza, Amalia.
- Uruguay - Piperno, Adriana.

Durante la primera sesión de cada grupo temático se invitó a los participantes a **asumir voluntariamente el rol de portavoces técnicos**. Esta figura fue concebida como un mecanismo de acompañamiento al proceso, con el objetivo de reforzar la coherencia del trabajo colectivo y facilitar la interlocución directa con el equipo técnico coordinador.

Los portavoces desempeñaron un papel clave en varias funciones, entre ellas:

- **Revisión de las actas de cada sesión**, garantizando que las ideas clave del grupo estuvieran fielmente representadas y que no quedaran aportes relevantes sin sistematizar.
- **Validación técnica de los contenidos sintetizados** en los tableros digitales colaborativos y documentos intermedios.
- **Apoyo en la priorización de mensajes clave** y en la orientación de las recomendaciones destinadas a la Guía Iberoamericana de Planificación Hidrológica.
- **Articulación con el resto del grupo**, manteniendo el vínculo entre las sesiones de trabajo y el proceso de redacción final.

Si bien no se trató de una función de representación institucional formal, su rol operativo fue esencial como punto de referencia técnica y facilitadora del proceso colectivo.

A continuación, se listan los participantes que asumieron formalmente la función de portavocía en los dos grupos donde se ofrecieron voluntarios. Aunque en los otros dos grupos no se consolidaron portavocías específicas, la **colaboración activa y sostenida de todos sus integrantes compensó con creces esta ausencia**, garantizando una construcción colectiva de los contenidos de igual calidad y profundidad.

Grupo: Financiación de los planes

- República Dominicana - Saldaña, Juan.
- CEPAL - Altamirano, Mónica.

Grupo: Participación pública

- Argentina - Bernstein, Laura.
- Argentina - Cuasnicu, Alejandra.
- Argentina - De Simone, Silvia.
- Argentina - Fucito Dragui, Bárbara.
- Argentina - Valladares, Andrea Isabel.

[2] Resultados de los grupos de trabajo

Con el objetivo de alimentar la futura **Guía Iberoamericana de Planificación Hidrológica**, se organizaron tres grupos de trabajo temáticos (participación pública, financiación, fenómenos extremos y cambio climático) que sesionaron de forma paralela a lo largo de tres encuentros virtuales. Adicionalmente, se articuló un cuarto grupo sobre **cuencas y acuíferos transfronterizos**, el enfoque de este no estuvo centrado en incidir directamente en el contenido de la guía, sino en compartir experiencias entre los países e instituciones que formaban parte del grupo de trabajo.

En estos espacios, se compartieron experiencias nacionales, se identificaron desafíos comunes y se generaron propuestas aplicables a los contextos diversos de los países de la región.

Este apartado presenta de manera sistematizada los principales resultados obtenidos en cada grupo de trabajo, incluyendo, de forma general:

- Una síntesis de la **terminología clave consensuada**, definida colectivamente en las primeras sesiones como base conceptual para el desarrollo de los debates e incorporación a la guía (excepto en el grupo de transfronterizas);
- Una descripción de los **ejes abordados** y las problemáticas discutidas;
- Las **conclusiones más relevantes**, organizadas por ejes temáticos;
- Los principales **retos** identificados;
- Y las **recomendaciones clave para la guía**, que recogen tanto propuestas metodológicas como aspectos normativos, operativos y de gobernanza, así como orientaciones estratégicas útiles en el caso del grupo de transfronterizas.

No obstante, para un mayor detalle sobre los intercambios y reflexiones desarrolladas en cada sesión, se remite al Anexo 1, donde se recogen las actas completas de los encuentros.

Cada subsección sigue una estructura homogénea para facilitar su lectura comparativa y el posterior uso de los insumos generados. En el siguiente Apartado 3 se presentan los **elementos transversales y sinergias** identificadas entre los distintos grupos, con el fin de reforzar la coherencia y la visión integral del documento.

[2.1] Grupo de trabajo: participación pública

La participación pública constituye un componente esencial para la legitimidad, eficacia y sostenibilidad de los planes hidrológicos. Este grupo de trabajo abordó cómo garantizar procesos participativos inclusivos, representativos y estructurados, que reconozcan las asimetrías de poder, integren los requerimientos y el conocimiento local y aseguren una verdadera corresponsabilidad en la toma de decisiones. Se enfatizó la necesidad de que estos procesos se fundamenten en los derechos humanos, así como en enfoques de género e interculturalidad, como principios rectores alineados con compromisos internacionales y regionales en materia de GIRH. También se reflexionó sobre la necesidad de adaptar lenguajes, formatos y tiempos, así como sobre mecanismos de evaluación que permitan valorar la calidad e impacto de la participación más allá de su dimensión formal.

[2.1.1] Terminología clave consensuada

Durante la primera sesión del grupo, se definieron una serie de conceptos fundamentales para asegurar una comprensión común entre los participantes y facilitar el desarrollo de los debates posteriores. Estos términos constituyen la base conceptual compartida sobre la que se estructuró el análisis del papel de la participación pública en la planificación hidrológica:

- **Participación activa**: Se refiere al proceso mediante el cual los ciudadanos (individuos, comunidades, organizaciones sociales) tienen la oportunidad de intervenir activamente en el diseño, implementación, monitoreo y evaluación de políticas, planes y proyectos públicos. En el ámbito de la GIRH, la participación activa permite a las personas influir en la gestión y planificación de los recursos hídricos.
- **Consultas públicas**: Son mecanismos a través de los cuales se recoge la opinión de la población sobre un tema o proyecto específico. En el contexto de la planificación hidrológica en el ámbito de la GIRH, la consulta pública es crucial para garantizar que los planes hidrológicos sean sostenibles y aceptados por la comunidad. Para que sean efectivas, deben ir más allá de la simple aceptación social y orientarse también hacia la co-creación de soluciones, lo que implica establecer mecanismos de devolución, ajuste y respuesta institucional frente a los aportes recibidos. Esto permite la identificación de necesidades y soluciones locales, mejora la transparencia y la confianza en el proceso de toma de decisiones, y ayuda a prevenir conflictos de interés.
- **Foros de participación**: Son espacios abiertos donde los actores interesados, como comunidades locales, ONG, expertos y autoridades, se reúnen para discutir temas relevantes y tomar decisiones conjuntas. En la planificación hidrológica en el ámbito de la GIRH, los foros pueden servir para intercambiar ideas sobre la planificación del agua, proponer soluciones y establecer prioridades para el uso del recurso.
- **Comités/consejo de cuenca**: Son instancias de gobernanza del agua conformadas por grupos representativos de los diferentes actores involucrados con el uso, administración y gestión del recurso dentro de una cuenca hidrográfica. Su objetivo es procurar acuerdos para sustentar la toma de decisiones, respaldadas por procesos de trazabilidad.
- **Gobernanza del agua**: La gobernanza se refiere a cómo se gestionan, coordinan y controlan las decisiones sobre el agua en un determinado territorio. Implica la colaboración entre los sectores público, privado y la sociedad civil para lograr una gestión sostenible e inclusiva del recurso hídrico. La gobernanza del agua se sustenta en la participación de la sociedad y en la transparencia en los procesos de toma de decisiones.

[2.1.2] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones

Durante las tres sesiones del grupo de trabajo y los aportes de los espacios colaborativos se abordaron aspectos fundamentales para fortalecer la participación pública en la planificación hidrológica desde un enfoque inclusivo, transparente y efectivo. Las discusiones se organizaron en torno a tres ejes:

- Garantizar la **equidad, representatividad y corresponsabilidad** de los distintos sectores sociales en los procesos participativos, con especial atención a grupos históricamente marginados.

- Establecer **fases claras y estructuradas** en los procesos participativos, identificando momentos clave del ciclo del plan y adecuando formatos, lenguajes y tiempos a los distintos actores. Estos tiempos deben considerar no solo dinámicas institucionales, sino también ritmos socioterritoriales (ej. ciclos agrícolas, agendas comunales) que afectan la posibilidad real de participación.

- Diseñar **mecanismos de evaluación y seguimiento** que permitan medir no solo la cantidad, sino la calidad, legitimidad e impacto de la participación en la toma de decisiones.

[2.1.3] Conclusiones y aportes destacados

Eje 1: Equidad, representatividad y corresponsabilidad

Una de las conclusiones más sólidas del grupo fue que la participación pública solo puede ser efectiva y legítima si se construye sobre principios de equidad, corresponsabilidad y representatividad reales. Para ello, es necesario que los procesos participativos incorporen desde su inicio un análisis detallado del mapa de actores y de las relaciones de poder existentes en el territorio. Este mapeo no debe ser estático, sino iterativo a lo largo del ciclo de planificación, permitiendo revisar y ajustar la estrategia de participación a medida que evolucionan los contextos. Esta actividad permite identificar no solo a los sectores directamente implicados en la gestión del agua, sino también a aquellos tradicionalmente marginados o invisibilizados. Se destacó la importancia de aplicar una mirada interseccional que reconozca cómo se combinan factores como el género, la edad, la etnia o la situación territorial para generar barreras múltiples en el acceso a los espacios participativos. Esto incluye, por ejemplo, a comunidades rurales, mujeres con múltiples cargas de cuidado, jóvenes o pueblos indígenas.

Asimismo, se enfatizó que la representación no debe asumirse como algo automático: muchas veces, quienes participan como representantes institucionales o sectoriales no recogen la diversidad de intereses y visiones existentes en sus comunidades. Ante esta situación, se propuso complementar los procesos con mecanismos que amplíen las voces, como grupos focales, talleres segmentados o espacios facilitados por actores imparciales (universidades, ONG locales, etc.), que generen condiciones de confianza. Estos actores pueden además contribuir al fortalecimiento de capacidades de base y a la sistematización del proceso, promoviendo el aprendizaje colectivo y la rendición de cuentas.

El grupo también destacó la necesidad de comprender la participación como un ejercicio de corresponsabilidad: no se trata únicamente de consultar opiniones, sino de construir colectivamente y compartir compromisos en la ejecución y seguimiento de los planes. Esto implica generar condiciones reales para que los actores puedan expresar sus demandas y opiniones, e incidir en las decisiones, ver reflejados sus aportes en los resultados y participar activamente en su implementación. En este sentido, se subrayó la importancia de reforzar el vínculo entre participación y rendición de cuentas mutua, mediante mecanismos que aseguren que las contribuciones de los actores se traduzcan en decisiones concretas y puedan ser objeto de seguimiento.

Eje 2: Fases y documentos clave de un proceso participativo

En este eje, las discusiones coincidieron en que la participación debe acompañar de manera continua todas las etapas del ciclo de planificación: desde el diagnóstico inicial, pasando por el diseño de medidas, la priorización de inversiones, hasta la validación final y el seguimiento de la implementación.

Para que esto sea posible, es necesario contar con una estrategia de participación estructurada, que defina con claridad las fases del proceso, los objetivos de cada momento, los actores a involucrar y las herramientas a utilizar. Se destacó que estas fases deben ser

flexibles y adaptarse a las dinámicas territoriales, institucionales y culturales de cada país, especialmente en contextos federales o con competencias descentralizadas. Para maximizar su impacto y legitimidad, se recomendó que esta estrategia no se conciba únicamente como un componente transversal, sino que esté debidamente formalizada como parte operativa del plan de acción.

Otro aspecto central fue la necesidad de ajustar el lenguaje y los formatos de los documentos técnicos a públicos no especializados y comunidades que utilizan otras lenguas. En muchos casos, los planes hidrológicos se presentan en formatos extensos, con lenguaje técnico complejo, lo que dificulta su comprensión por parte de la ciudadanía. Se recomendó elaborar materiales complementarios en formatos accesibles: resúmenes ejecutivos, infografías, contenidos audiovisuales o incluso traducciones a lenguas indígenas, cuando corresponda.

Asimismo, se subrayó la importancia de asegurar formatos accesibles para personas con discapacidad, con baja alfabetización o que habitan zonas con limitada conectividad, promoviendo así una accesibilidad integral.

También se compartieron experiencias donde la falta de articulación con los tiempos productivos o administrativos afectó la participación de actores clave, por lo que se propuso que la estrategia contemple las realidades locales (épocas de cosecha, procesos electorales, agendas institucionales, etc.).

Eje 3: Evaluación y seguimiento del proceso participativo

Finalmente, se discutió ampliamente la necesidad de evaluar los procesos de participación, no solo desde una perspectiva cuantitativa (número de talleres, participantes, etc.), sino especialmente desde su impacto cualitativo y su legitimidad social.

Se coincidió en que una buena evaluación debe considerar indicadores como la percepción de inclusión, el grado de influencia real de los aportes ciudadanos en las decisiones finales y el nivel de confianza en el proceso. Se recomendó que estos indicadores de evaluación participativa sean integrados formalmente en el sistema de monitoreo del plan, utilizando metodologías estandarizadas. Estos indicadores pueden ser recogidos mediante encuestas, entrevistas, talleres de retroalimentación o herramientas específicas de monitoreo participativo. Se propuso además dejar evidencia documentada del proceso participativo (actas, informes de devolución, informes de sistematización), que permita garantizar la trazabilidad de los aportes recibidos y cómo fueron incorporados en las decisiones del plan. En este sentido, se recomendó el uso de matrices de trazabilidad de aportes, que documenten de forma transparente qué propuestas fueron integradas, ajustadas o descartadas, y los motivos de dichas decisiones.

Además, se remarcó que la evaluación no debe ser un momento final aislado, sino un componente transversal que permita ir ajustando la estrategia de participación en función de los resultados parciales. Se propuso dejar evidencia documentada del proceso participativo (actas, informes de devolución, informes de sistematización), que permita garantizar la trazabilidad de los aportes recibidos y cómo fueron incorporados en las decisiones del plan.

Una propuesta innovadora discutida en el grupo fue el desarrollo de un índice de resiliencia participativa, compuesto por distintos parámetros (inclusión, pertinencia cultural, acceso a la información, equidad de género, etc.), que podría ser aplicado como herramienta comparativa o de mejora continua en distintos procesos de planificación.

[2.1.4] Retos identificados

Durante el trabajo del grupo, se identificaron varios obstáculos estructurales y operativos que limitan la implementación plena de procesos participativos en la planificación hidrológica:

- **Desigualdades estructurales**: Las brechas de poder, género, idioma, acceso a la tecnología, acceso a la información o ubicación territorial generan condiciones desiguales para la participación real y efectiva. Muchas veces, los sectores más afectados por la gestión del agua son los que tienen mayores barreras de acceso al proceso. Es clave aplicar enfoques interseccionales y acciones afirmativas que garanticen su inclusión sustantiva

- **Representación débil o inadecuada**: La figura del "representante" no siempre refleja la diversidad de intereses de una comunidad o sector. Esto genera procesos donde la participación es formal pero no necesariamente representativa o efectiva.

- **Limitaciones de tiempo, presupuesto y escala**: En procesos de planificación amplios territorialmente, con plazos ajustados y recursos limitados, es frecuente que la participación quede acotada a consultas puntuales, sin verdadera posibilidad de incidencia.

- **Exceso de tecnicismo**: Los planes hidrológicos suelen tener un lenguaje y formato difícil de comprender para públicos no especializados. Esto limita la apropiación social del contenido y reduce el interés o la capacidad de intervención.

- **Ausencia de mecanismos de evaluación y seguimiento**: En la mayoría de los procesos existen metodologías sistemáticas para evaluar la calidad de la participación ni para dar seguimiento a la incorporación de los aportes en el diseño final de los planes.

[2.1.5] Recomendaciones para la guía

1. Diseño de procesos participativos estructurados

- Incluir una propuesta de fases mínimas del proceso participativo: mapeo de actores, estrategia de involucramiento diferenciado, plan de comunicación inclusivo, participación en diseño, validación, y monitoreo.
- Reforzar la necesidad de adaptar los procesos a las realidades institucionales, territoriales y culturales de cada país o región.

2. Equidad y representatividad

- Incorporar criterios para garantizar la inclusión de sectores subrepresentados: participación diferenciada por género, edad, etnia, condición socioeconómica, etc.
- Proponer herramientas para visibilizar relaciones de poder y reducir asimetrías en la participación.

3. Herramientas de comunicación accesible

- Recomendar el uso de materiales gráficos, resúmenes ejecutivos, lenguaje claro y herramientas multilingües o audiovisuales.
- Sugerir canales de participación híbridos (presenciales y digitales) para ampliar el alcance en territorios con brecha digital.

4. Evaluación y seguimiento participativo

- Proponer indicadores de calidad de la participación (nivel de incidencia, percepción de legitimidad, trazabilidad de aportes).

- Incorporar ejemplos de sistemas de monitoreo social, auditorías ciudadanas y retroalimentación comunitaria.
- Recomendar la creación de observatorios sociales del agua o plataformas de monitoreo ciudadano como mecanismos permanentes que fortalezcan la continuidad del proceso participativo, la memoria institucional y el control social sobre la implementación de los planes hidrológicos.

[2.2] Grupo de trabajo: financiación para la ejecución de los planes hidrológicos

La financiación efectiva de los planes hidrológicos sigue siendo uno de los principales desafíos para su implementación en la región. En este grupo se discutieron estrategias para fortalecer la sostenibilidad financiera a través de mecanismos de recuperación de costes, instrumentos económicos, articulación público-privada y acceso a fondos climáticos e internacionales. Las sesiones permitieron identificar obstáculos normativos e institucionales, así como propuestas concretas para crear marcos habilitantes, mejorar la eficiencia en la inversión y garantizar la operación y mantenimiento de las infraestructuras hídricas en el tiempo.

[2.2.1] Terminología clave consensuada

Desde el inicio del grupo de trabajo se consideró fundamental establecer un lenguaje común en torno a los conceptos financieros aplicados a la planificación hidrológica. Esto permitió alinear las visiones de los participantes, que provenían de distintos contextos institucionales y con niveles de desarrollo financiero diversos. La clarificación terminológica fue clave para facilitar el análisis de mecanismos de financiación, la identificación de actores involucrados y la exploración de fuentes innovadoras de recursos. A continuación, se presentan los principales términos consensuados durante el trabajo del grupo.

- **Programa de actuaciones:** Un programa de actuaciones dentro de los planes hidrológicos, es un conjunto de medidas y acciones planificadas para alcanzar los objetivos medioambientales y de gestión del agua en una cuenca hidrográfica. Estos programas son esenciales para asegurar el uso sostenible y equitativo de los recursos hídricos, así como para proteger los ecosistemas acuáticos y terrestres.
- **Planificación Financiera**: Un plan GIRH debe incluir un componente financiero claro que integre las fuentes de ingresos y las estrategias de distribución de los fondos. Esto debe estar alineado con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la política nacional de agua y las prioridades locales.
- **Fuentes de Financiación**: Las fuentes de financiación pueden ser tanto internas como externas.
    - **Internas**: Pueden provenir de los presupuestos nacionales, locales o regionales, de métodos directos como tarifas, cánones o de recaudación del propio organismo.
    - **Externas**: Incluyen organizaciones internacionales, bancos de desarrollo, Fondos del Agua, programas internacionales, ONG u otros **instrumentos financieros innovadores**, como los **bonos verdes**, **bonos de impacto** o esquemas de **blended finance**, que combinan fondos públicos y privados para aumentar la inversión disponible y reducir riesgos.
- **Financiación Pública**: Es un componente esencial, donde el sector público financia gran parte de los planes GIRH debido a la importancia del agua como bien común. Los gobiernos suelen destinar parte de sus recursos para infraestructura hidráulica, protección de fuentes y gestión de cuencas.
- **Financiación Privada**: La inversión privada puede ser una fuente adicional para la financiación de proyectos relacionados con el agua, sobre todo en lo que respecta a la mejora de infraestructuras, innovación tecnológica y eficiencia en el uso del agua.

Sin embargo, esta financiación requiere marcos regulatorios adecuados para garantizar el acceso y la equidad.

- **Coste de actuación.** En el ámbito de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH), el coste de la actuación se refiere a todos los gastos y recursos financieros necesarios para llevar a cabo las acciones o proyectos específicos relacionados con la gestión del agua. Este concepto abarca tanto los costes directos como los indirectos asociados con la implementación de medidas para gestionar los recursos hídricos de manera sostenible.
- **Evaluación de Costes/eficacia:** Es fundamental realizar un análisis económico de los proyectos para estimar tanto los costos como los beneficios sociales, económicos y ambientales, así como su eficacia. El objetivo es seleccionar la combinación de actuaciones que permite alcanzar los objetivos propuestos con el menor coste.
- **Recuperación de costes:** Proceso mediante el cual se busca asegurar que los costos asociados con la gestión y el uso del agua, como su captación, tratamiento, distribución, mantenimiento de infraestructuras y protección de los recursos hídricos, sean cubiertos de manera sostenible. Esto implica el establecimiento de tarifas o precios que los usuarios del agua deben pagar, con el objetivo de financiar las inversiones necesarias para la conservación, mejora y operación del sistema de agua, así como para asegurar la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo. En los planes hidrológicos, la recuperación de costes no solo busca cubrir los gastos operativos, sino también incentivar el uso eficiente del agua, promover la equidad entre diferentes usuarios y contribuir a la protección ambiental, evitando sobreexplotaciones o daños al ecosistema acuático.

[2.2.2] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones

Durante las tres sesiones del grupo de trabajo y los aportes de los espacios colaborativos se abordaron con profundidad los retos estructurales y operativos que enfrentan los países iberoamericanos para garantizar la financiación de sus planes hidrológicos. Las discusiones se organizaron en torno a los siguientes ejes:

- **Participación del sector privado** en la gestión y ejecución de inversiones.
- **Mecanismos de recuperación de costes**, tarifas, tributos e incentivos incluyendo instrumentos como pagos por eficiencia o desempeño, además de tarifas tradicionales, con enfoque en la sostenibilidad financiera.
- **Acceso a financiamiento internacional**, especialmente fondos climáticos y de cooperación.
- **Sostenibilidad financiera de la operación y mantenimiento**, con enfoque de largo plazo.
-

[2.2.3] Conclusiones y aportes destacados

Eje 1: Participación del sector privado y articulación institucional

Uno de los principales consensos fue que el sector privado debe ser considerado no solo como fuente potencial de financiamiento, sino también como aliado estratégico para introducir eficiencia, innovación y sostenibilidad en las inversiones del sector hídrico. Sin embargo, para que su participación sea posible, es necesario contar con marcos regulatorios y modelos contractuales claros, así como mecanismos de mitigación de riesgos y seguridad jurídica. Además, es conveniente la existencia de mecanismos que permitan recuperar los costes de inversión de manera transparente y que, a la vez, favorezcan la sostenibilidad a largo plazo y promueva el cumplimiento de los intereses comunes por sobre los intereses particulares.

Se señaló que en muchos países la institucionalidad actual no está preparada para facilitar alianzas público-privadas, y que es común encontrar vacíos normativos que impiden que los organismos gestores del agua puedan generar, administrar o reinvertir ingresos. Además, se evidenció que la falta de articulación entre los sectores técnico y financiero limita la estructuración de proyectos viables desde el punto de vista económico. En este sentido, se destacó la importancia de avanzar hacia la construcción de marcos institucionales que habiliten una participación efectiva y sostenible del sector privado en la planificación hídrica. Se sugirió que los países desarrollen hojas de ruta para adecuar su normativa, fortalezcan las capacidades de los organismos gestores para administrar y reinvertir recursos propios, y establezcan mecanismos de articulación con el sector privado que se basen en principios de equidad, transparencia y sostenibilidad.

Se recomendó formar profesionales puente, capaces de interpretar el lenguaje del sector hídrico y del sector financiero, y de generar confianza entre los actores. Asimismo, se propuso avanzar en la construcción de ambientes habilitadores, con monitoreo hidrológico confiable, indicadores de retorno social y herramientas de evaluación de riesgo que faciliten la inversión privada responsable.

Eje 2: Mecanismos de recuperación de costes y sostenibilidad financiera

Los participantes coincidieron en que la gestión del agua no puede depender exclusivamente de fondos públicos o financiamientos internacionales, y que es necesario transitar hacia modelos donde el agua contribuya a financiar su propio sistema. Para ello, se discutió la necesidad de establecer esquemas tarifarios sostenibles, asequibles, participativos, progresivos y adaptados a cada tipo de uso, que aseguren la recuperación de los costos de operación y mantenimiento.

Se compartieron experiencias positivas en algunos países donde se aplican tarifas diferenciadas por uso y capacidad de pago, o se financian acciones a través de cánones, tasas por vertido y fondos hídricos. También se reconoció que en muchos casos existe una fuerte resistencia social y política a introducir nuevos cobros, lo cual exige campañas de sensibilización y justificación clara del valor de los servicios prestados.

Además, se propuso vincular los esquemas de recuperación de costes directamente con los objetivos y metas definidos en los planes de acción de la GIRH. Esto implica que los recursos recaudados, ya sea a través de tarifas, cánones u otros instrumentos, no se orienten únicamente al mantenimiento operativo, sino que también alimenten fondos específicos para inversiones estratégicas en adaptación climática, protección de fuentes y gobernanza del agua.

Se subrayó que es necesario enmarcar estos instrumentos en una legislación habilitante, que permita a los organismos competentes aplicar, recaudar y ejecutar los fondos generados, y que asegure un uso transparente y eficiente de los recursos.

Eje 3: Acceso a fondos climáticos y cooperación internacional

Los fondos internacionales, especialmente aquellos orientados al cambio climático (como el Fondo Verde para el Clima), fueron identificados como una oportunidad complementaria para financiar medidas de adaptación hídrica y soluciones basadas en la naturaleza ya que se apoyan en organismos con objetivos de planificación a largo plazo, evitando los vaivenes de contextos políticos locales. Sin embargo, se reconoció que el acceso a estos fondos está limitado por la complejidad técnica de los requisitos, la lentitud de los procesos de aprobación, y la falta de capacidades institucionales para formular proyectos robustos.

Se propuso avanzar en estrategias de cooperación regional para compartir aprendizajes y modelos de éxito, así como mejorar la alineación entre los planes hidrológicos y las prioridades climáticas nacionales (como las NDC), de forma que los proyectos puedan canalizarse mejor hacia estos fondos.

Eje 4: Sostenibilidad operativa y planificación a largo plazo

Más allá de la ejecución de obras, se destacó la necesidad de garantizar la financiación del mantenimiento y la operación continua de las infraestructuras, especialmente en sistemas rurales o territorios con baja capacidad institucional. Esto requiere no solo previsión presupuestaria, sino también mecanismos estables de recuperación de costes y una visión estratégica que anticipe los retos del cambio climático y la evolución de la demanda hídrica.

[2.2.4] Retos identificados

El grupo de trabajo identificó diversas limitaciones que dificultan el diseño e implementación de esquemas financieros sostenibles para la ejecución de los planes hidrológicos en la región:

- **Falta de marcos normativos habilitantes**: En muchos países, los organismos de cuenca o entidades gestoras no cuentan con atribuciones legales para aplicar tarifas, recaudar fondos o gestionar ingresos propios, lo que impide avanzar hacia modelos de autosostenibilidad.

- **Escasa cultura de recuperación de costes**: Existe resistencia política y social al cobro de tarifas hídricas o cánones, especialmente en contextos donde el agua es percibida solo como un derecho y no como un servicio público con costos asociados.

- **Desarticulación entre planificación técnica y financiamiento**: Muchas veces, los planes hidrológicos se diseñan sin un análisis económico sólido, lo que dificulta la estructuración de proyectos viables o atractivos para el financiamiento público o privado. A ello se suma la ausencia, en muchos países, de presupuestos plurianuales que permitan planificar financieramente más allá del corto plazo, lo que afecta la viabilidad y continuidad de las inversiones.

- **Capacidades técnicas limitadas para acceder a fondos climáticos**: El acceso a financiamiento internacional exige habilidades específicas en formulación de proyectos, monitoreo de impactos y alineación con marcos internacionales, capacidades aún poco consolidadas en varios países.

- **Invisibilidad de los costos de operación y mantenimiento**: Estos componentes, fundamentales para la sostenibilidad a largo plazo, suelen quedar fuera de los presupuestos y estimaciones de inversión, generando infraestructuras inoperantes o subutilizadas.

[2.2.5] Recomendaciones para la guía

1. Participación del sector privado

- Incluir lineamientos sobre cómo diseñar entornos habilitantes para alianzas público-privadas, incluyendo marcos normativos claros, incentivos financieros, esquemas de riesgo compartido y criterios de equidad.
- Proponer criterios para la estructuración de proyectos atractivos y socialmente rentables, asegurando su alineación con objetivos ambientales, retorno social de la inversión y viabilidad operativa.
- Recomendar la formación de equipos técnicos con capacidades mixtas (agua – finanzas).
- Incluir esquema o matriz de ejemplo sobre gestión o disminución de riesgos.

2. Tarifas, tributos e instrumentos económicos

- Incorporar recomendaciones para implementar tarifas diferenciadas por tipo de uso y capacidad de pago.
- Sugerir ejemplos de fondos hídricos, esquemas de recuperación de costes aplicados en Iberoamérica, así como de otros tipos de instrumentos financieros.
- Enfatizar la necesidad de acompañar las medidas económicas con estrategias de comunicación y transparencia.

3. Financiamiento climático e internacional

- Proveer herramientas para alinear los planes hidrológicos con agendas climáticas nacionales e internacionales.
- Incluir enlaces a plataformas de fondos disponibles y guías metodológicas para la formulación de proyectos.
- Recomendar la creación de equipos técnicos dedicados al acceso y gestión de fondos externos.

4. Sostenibilidad operativa

- Establecer que la planificación hidrológica debe incorporar explícitamente los costes de operación, mantenimiento y administración.
- Sugerir instrumentos para evaluar la sostenibilidad financiera a largo plazo de las medidas propuestas.
- Incentivar el desarrollo de indicadores de sostenibilidad financiera en los sistemas de monitoreo y evaluación de los planes, que permitan ajustar las estrategias en función del desempeño real y las capacidades institucionales.

[2.3] Grupo de trabajo: fenómenos extremos y cambio climático

El impacto creciente de fenómenos extremos como sequías prolongadas, inundaciones súbitas y eventos climáticos impredecibles plantea un desafío urgente para la planificación hidrológica en Latinoamérica. Este grupo de trabajo se centró en cómo integrar de forma efectiva la evaluación de riesgos, la modelización de escenarios, la priorización de medidas de adaptación y la preparación ante eventos extremos dentro de los planes hidrológicos. Se debatió además sobre el rol de la información climática, la participación comunitaria en la respuesta al riesgo, y la importancia de incorporar enfoques basados en la naturaleza y criterios de resiliencia en todas las fases del ciclo de planificación.

[2.3.1] Terminología clave consensuada

La primera sesión del grupo sirvió para establecer un marco conceptual compartido que permitiese abordar con precisión los impactos del cambio climático en los recursos hídricos. Se definieron términos que orientaron la discusión técnica y estratégica sobre los fenómenos extremos y la adaptación, reconociendo tanto los retos científicos como los desafíos de planificación. Estos conceptos constituyeron la base para reflexionar sobre modelos predictivos, acciones de mitigación y enfoques resilientes aplicables en diferentes escalas territoriales. A continuación, se detallan las definiciones clave consensuadas por el grupo.

- **Cambio Climático:** Modificación a largo plazo del clima producida por uno o más de los siguientes factores:
  - i)cambios internos dentro del sistema climático;
  - ii) interacción entre componentes climáticos;

iii)cambios en fuerzas externas originados por fenómenos naturales o por actividades humanas.

- **Fenómenos Extremos:** Eventos climáticos que son inusuales en su frecuencia, intensidad y/o duración, tales como sequías prolongadas, inundaciones repentinas, olas de calor, tormentas intensas y ciclones.
- **Adaptación al Cambio Climático:** El proceso de ajustar los sistemas humanos y naturales para reducir los efectos adversos del cambio climático y aprovechar las oportunidades que puedan surgir. En el contexto hídrico, esto incluye la modificación de prácticas de gestión del agua, infraestructuras y políticas.
- **Resiliencia Hídrica**: La capacidad de un sistema hídrico (ya sea una cuenca, una región o una infraestructura) para recuperarse o adaptarse frente a perturbaciones y cambios, como sequías, inundaciones y/o contaminación.
- **Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos**: El manejo de los recursos hídricos de manera que se asegure su disponibilidad y calidad a largo plazo para las generaciones futuras, sin agotar ni dañar el medio ambiente.

[2.3.2] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones

Durante las tres sesiones del grupo de trabajo y los aportes de los espacios colaborativos se abordaron aspectos fundamentales para la evaluación de los fenómenos extremos y el cambio climático en la planificación hidrológica, los cuales se organizaron en torno a 5 ejes:

1. Evaluación de la intensificación de fenómenos extremos y sus riesgos asociados.
2. Evaluación de la vulnerabilidad y resiliencia de los sistemas hídricos.
3. Modelización y simulación de escenarios hidrológicos en contextos de incertidumbre.
4. Priorización de actuaciones y criterios de decisión frente al cambio climático.
5. Sistemas de alerta temprana, comunicación de riesgos y participación comunitaria.

[2.3.3] Conclusiones y aportes destacados

Eje 1: Evaluación de la intensificación de fenómenos extremos

Se coincidió en que la evaluación de fenómenos extremos requiere información hidrometeorológica histórica confiable y bien distribuida. Ante la falta de datos en algunos contextos, se sugirió recurrir a fuentes alternativas como registros paleoclimáticos (por ejemplo, dendrocronología) y datos satelitales de acceso libre (como los generados por Copernicus o NASA), destacando la necesidad de validarlos con apoyo técnico especializado.

También se recomendó considerar fuentes científicas internacionales, como los informes del IPCC, que ofrecen una base sólida para comprender la intensificación de estos fenómenos. Finalmente, se subrayó la importancia de incorporar escenarios climáticos a distintas escalas, y de no tratar sequías e inundaciones como extremos de una misma variable, dado que responden a dinámicas espaciales y temporales diferentes.

Eje 2: Vulnerabilidad y resiliencia

La evaluación de vulnerabilidad debe ir más allá del análisis físico-hidrológico, incluyendo variables sociales, económicas, ecológicas y de gobernanza. Se valoró el uso de índices de estrés hídrico y de resiliencia ecosistémica, así como herramientas para identificar zonas de riesgo y poblaciones más expuestas. También se debatió sobre cómo los cambios en el uso del suelo y la pérdida de servicios ecosistémicos incrementan la vulnerabilidad. Se propuso

considerar la resiliencia no como una condición estática, sino como una capacidad dinámica a reforzar desde la planificación.

También debe considerarse la presencia de asentamientos irregulares en zonas cada vez más cercanas al lecho del río, e incluso al interior de este. A ello se suma el crecimiento de la población urbana y la ocupación de áreas naturalmente inundables durante crecidas, lo que agrava significativamente el riesgo al transformarse en zonas críticas debido a la intervención humana.

Eje 3: Modelización y escenarios

La simulación de escenarios futuros fue identificada como una herramienta esencial para anticipar impactos del cambio climático. Se compartieron experiencias con modelos hidrodinámicos e integrados, y se destacó la necesidad de contar con datos calibrados y adaptados al contexto. También se exploraron las potencialidades de la inteligencia artificial para complementar modelos tradicionales. Se remarcó que los modelos deben incluir no solo variables físicas, sino también dinámicas territoriales como la expansión urbana o cambios en la cobertura vegetal.

Para realizar una modelación adecuada, es fundamental contar con datos de calidad y en cantidad suficiente, tanto para alimentar los modelos como para sustentar los análisis correspondientes. Por ello, se requiere disponer de estaciones de monitoreo con estadísticas robustas, las cuales deben ser implementadas en caso de no existir.

Eje 4: Priorización de medidas de adaptación

La toma de decisiones frente al cambio climático debe basarse en criterios técnicos, ambientales y sociales, pero también considerar la disponibilidad de financiamiento y la capacidad institucional de implementación. Se señaló que muchas veces se priorizan acciones que responden a agendas políticas o a la facilidad de ejecución, y no necesariamente a las más urgentes o estratégicas. Se valoró el rol de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como medidas costo-efectivas y sostenibles, y se propuso integrarlas en los mecanismos de priorización. También se destacó que la legislación puede ser un motor importante para asegurar que las medidas propuestas cumplan con criterios de sostenibilidad y no generen efectos adversos (como el principio DNSH en la UE).

Eje 5: Sistemas de alerta temprana y participación comunitaria

Los sistemas de alerta temprana deben combinar monitoreo técnico, capacidad institucional de respuesta y canales de comunicación eficaces con las comunidades. Se compartieron buenas prácticas que integran a comités locales de emergencia, educación ambiental y tecnologías móviles para la difusión de alertas. Se enfatizó que el componente humano es clave: sin protocolos claros y decisiones oportunas, incluso un sistema técnicamente robusto puede fallar. Se propuso que los planes hidrológicos incorporen estrategias de preparación comunitaria y mecanismos de participación en la gestión del riesgo.

Se destacó que los sistemas de alerta temprana deben combinar monitoreo técnico, capacidad institucional de respuesta y canales eficaces de comunicación con las comunidades. Se compartieron buenas prácticas que integran comités locales de emergencia, educación ambiental y tecnologías móviles para la difusión de alertas. Se subrayó que el componente humano es clave: sin protocolos claros y decisiones oportunas, incluso un sistema técnicamente robusto puede fallar.

Además, se propuso que los planes hidrológicos incorporen estrategias de preparación comunitaria, mecanismos de participación y, especialmente, el reconocimiento de conocimientos tradicionales y ancestrales, como los de pueblos indígenas o comunidades rurales, en la detección temprana de señales ambientales. Esta integración contribuiría a una gobernanza inclusiva, basada en múltiples formas de conocimiento.

[2.3.4] Retos identificados

A pesar del reconocimiento generalizado de los efectos del cambio climático sobre la gestión del agua, persisten varios vacíos críticos en su integración efectiva dentro de los planes hidrológicos:

- **Falta de información climática a escala local**: Las proyecciones regionales suelen ser demasiado generales o poco aplicables a escalas de cuenca, lo que limita su uso operativo en el diseño de medidas.
- **Desconexión entre ciencia climática y planificación hídrica**: A menudo, los modelos climáticos y de cambio de uso del suelo no están integrados en los análisis de disponibilidad hídrica, reduciendo la capacidad de anticipar impactos y priorizar medidas.
- **Escasa incorporación de indicadores de resiliencia**: Aunque se reconocen como necesarios, los planes aún carecen de métricas claras para evaluar la capacidad adaptativa de los sistemas hídricos, ecosistemas y/o comunidades.
- **Baja prioridad de soluciones basadas en la naturaleza (SbN)**: Estas opciones, aunque recomendadas, siguen siendo marginales frente a las medidas tradicionales de infraestructura gris, en parte por desconocimiento o falta de metodologías para su valoración económica.
- **Débil articulación con sistemas de alerta temprana y respuesta comunitaria**: Los planes rara vez incorporan estrategias claras para la gestión del riesgo, incluyendo la participación de las comunidades en los sistemas de preparación y respuesta.

[2.3.5] Recomendaciones para la guía

1. Evaluación de riesgos climáticos

- Incluir metodologías para estimar la frecuencia, intensidad y distribución de fenómenos extremos.
- Promover el uso de datos históricos, escenarios climáticos y fuentes alternativas de información (local, científica y tradicional).

2. Análisis de vulnerabilidad y resiliencia

- Incorporar herramientas que combinen variables hidrológicas, sociales, económicas y ecológicas.
- Proponer indicadores de resiliencia sistémica y metodologías para evaluar la capacidad de adaptación de territorios y poblaciones.

3. Modelización y escenarios

- Promover el desarrollo y uso de modelos hidrológicos adaptables a diferentes escalas, considerando variables climáticas, de uso del suelo y cobertura vegetal.
- Recomendar el establecimiento de mecanismos de colaboración con centros de investigación y universidades para la validación y actualización continua de modelos, incluyendo redes de intercambio técnico y formación en simulación de escenarios hidrológicos y climáticos.

4. Priorización de medidas de adaptación

- Establecer criterios claros de priorización basados en impacto, viabilidad, costo-efectividad y co-beneficios sociales y ambientales.
- Incorporar las Soluciones basadas en la Naturaleza como parte del catálogo de medidas a promover.

5. Sistemas de alerta temprana y gestión participativa del riesgo

- Proponer lineamientos para el diseño de sistemas de alerta efectivos, adaptados al territorio y accesibles a las comunidades.
- Sugerir estrategias de sensibilización, educación y organización comunitaria para la gestión del riesgo en planes hidrológicos.

[2.4] Grupo de trabajo: cuencas transfronterizas

La gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos representa tanto una necesidad como una oportunidad para fortalecer la cooperación regional. Las cuencas compartidas exigen mecanismos de gobernanza multinivel, intercambio de información transparente, armonización normativa y construcción de confianza entre Estados. Este grupo de trabajo abordó experiencias, barreras y buenas prácticas en la cooperación transfronteriza en torno al agua, prestando especial atención al intercambio de datos e información, la institucionalización de acuerdos, la participación comunitaria y el uso de plataformas conjuntas para la toma de decisiones.

La gestión de cuencas y acuíferos transfronterizos representa tanto una necesidad como una oportunidad para fortalecer la cooperación regional. Las cuencas compartidas exigen mecanismos de gobernanza multinivel y cooperación efectiva, intercambio de información transparente, armonización normativa y construcción de mecanismos claros de gobernanza. Este grupo de trabajo abordó experiencias, barreras y buenas prácticas en la cooperación transfronteriza en torno al agua, prestando especial atención a los mecanismos para el intercambio de datos, la institucionalización de acuerdos, la participación comunitaria y el uso de plataformas conjuntas de apoyo a la toma de decisiones.

A diferencia de otros grupos, cuyo objetivo fue generar recomendaciones aplicables directamente a la Guía de Planificación Hidrológica, este grupo centró sus esfuerzos en poner en valor la experiencia acumulada en contextos transfronterizos de los países e instituciones que formaban parte del grupo de trabajo.

[2.4.1] Principales ejes temáticos trabajados en las sesiones

Durante las tres sesiones del grupo de trabajo y los aportes de los espacios colaborativos se abordaron aspectos fundamentales para análisis de las cuencas transfronterizas en la planificación hidrológica se organizaron en torno a cuatro ejes:

1. Intercambio de información entre países con cuencas transfronterizas.
2. Mecanismos de gobernanza institucionalizada para la cooperación.
3. Participación de comunidades locales en la gestión transfronteriza.
4. Plataformas conjuntas de datos y sistemas de soporte a la decisión.

[2.4.2] Conclusiones y aportes destacados

Eje 1: Intercambio de información

Uno de los desafíos más reiterados fue la dificultad para compartir datos entre países, especialmente los relacionados con calidad del agua, disponibilidad y usos productivos, debido a sensibilidades políticas o a la falta de mecanismos institucionales estables. Se observó que en muchos casos la información solo se comparte en contextos de emergencia, lo que impide una planificación conjunta.

Se destacó que el intercambio de información debe incluir no solo variables físicas, sino también datos sociales, económicos, de uso del suelo y sobre aguas subterráneas. Se propuso avanzar hacia protocolos de intercambio predefinidos que contemplen frecuencia, calidad, fuentes y responsabilidades, así como establecer estándares mínimos compartidos para asegurar la comparabilidad. En este sentido, se destacó como ejemplo avanzado el establecimiento de protocolos en la Cuenca Amazónica, que han permitido mejorar la coordinación entre los países y la armonización de datos hidrológicos.

Se subrayó la necesidad de generar confianza a través de plataformas de acceso público, especialmente en cuencas donde los flujos de agua atraviesan asimetrías geográficas o políticas entre los países. También, se sugirió aprovechar espacios regionales como el Diálogo Regional Multiactor sobre Aguas Transfronterizas de Centroamérica, o procesos como la evaluación del Indicador 6.5.2. de los ODS para impulsar intercambios de información bilateral o multilateral.

Eje 2: Acuerdos de cooperación transfronteriza

Se concluyó que no existe un modelo único de acuerdo, sino que su forma debe adaptarse al contexto institucional, político y técnico de cada cuenca transfronteriza. Sin embargo, se identificaron algunos elementos clave para su éxito: voluntad política sostenida, mecanismos de gobernanza definidos, posibilidad de revisión y adaptación periódica, y presupuestos operativos estables.

Los acuerdos deben prever mecanismos de resolución de controversias, y preferiblemente apoyarse en estructuras preexistentes que den continuidad al proceso, evitando su dependencia exclusiva de contextos políticos coyunturales.

Se discutió que, en muchos casos, los acuerdos no operan en la práctica por falta de recursos o voluntad de implementación, por lo que su éxito no depende solo de su contenido formal, sino de la manera en que se integran a las instituciones nacionales y territoriales.

Eje 3: Participación comunitaria en contextos transfronterizos

Se reconoció que la participación local es un componente esencial en la legitimidad y sostenibilidad de la gestión compartida del agua. Sin embargo, las comunidades rara vez tienen un canal claro de incidencia en los acuerdos entre Estados.

Se compartieron buenas prácticas en donde la gobernanza multinivel permite articular desde lo nacional hasta lo local, como el caso del río Sixaola. También se sugirió aprovechar marcos jurídicos regionales, como el Acuerdo de Escazú, para garantizar el derecho al acceso a la información y la participación pública.

Se remarcó que la participación efectiva requiere tanto espacios de consulta y participación permanentes, como formación y acceso a datos e información por parte de las comunidades, para que puedan incidir de manera informada en los procesos.

Eje 4: Plataformas de datos y soporte a la decisión

Se consideró estratégico fortalecer las plataformas conjuntas de datos hidrológicos entre países, especialmente aquellas que permiten el monitoreo compartido de variables clave (caudales, calidad del agua, eventos extremos). Se destacó el caso del Sistema de

Información de la Cuenca del Plata Plata y del Observatório Regional Amazónico – ORA como referencias útiles.

Se indicó que en cuencas más pequeñas o menos institucionalizadas este tipo de plataformas es más difícil de implementar, por lo que se recomienda avanzar gradualmente, priorizando variables críticas y generando confianza a través de mecanismos de transparencia.

También se propuso que la información compartida sea utilizada para alimentar sistemas de soporte a la decisión, que permitan a los Estados y comunidades planificar con base en evidencia común.

[2.4.3] Retos identificados

El trabajo sobre cooperación en cuencas compartidas permitió visibilizar obstáculos técnicos, diplomáticos y normativos que dificultan una gestión verdaderamente integrada y equitativa entre países:

- **Falta de marcos jurídicos bilaterales o regionales operativos**: En muchas cuencas compartidas no existen acuerdos formales, o bien los existentes no se implementan de manera efectiva ni incluyen mecanismos de seguimiento o financiamiento.
- **Intercambio limitado de datos entre países**: Por motivos políticos, técnicos o de soberanía, la información hídrica clave no se comparte regularmente o con la calidad necesaria para planificar de forma coordinada.
- **Débil institucionalidad de los órganos de cuenca binacionales**: Muchos espacios de cooperación carecen de funciones claras, presupuesto propio o capacidad operativa para influir en las decisiones nacionales.
- **Falta de continuidad en la coordinación por parte de los Estados.** La rotación de personal, el cambio de prioridades temáticas de los gobiernos, y la falta de adopción de la temática como Políticas de Estado conlleva a la fragilidad de procesos continuos y periódicos.
- **Falta de mecanismos para la participación local transfronteriza**: Las comunidades que comparten una cuenca suelen estar excluidas de los procesos de gobernanza, a pesar de sufrir directamente los impactos de decisiones unilaterales.
- **Baja interoperabilidad entre sistemas nacionales de monitoreo**: Las diferencias en metodologías, periodicidad y plataformas tecnológicas limitan la posibilidad de construir sistemas conjuntos de soporte a la decisión.

[3] Convergencias y elementos transversales entre los grupos de trabajo

Aunque cada grupo de trabajo abordó una temática específica, a lo largo de las sesiones se identificaron **múltiples puntos de convergencia** entre los enfoques, desafíos y recomendaciones surgidas. Estos elementos transversales refuerzan la necesidad de que la Guía de Planificación Hidrológica adopte un **enfoque integral, inclusivo y adaptable**, capaz de articular distintas dimensiones de la gestión del agua. A continuación, se resumen las principales sinergias:

1. La gobernanza como hilo conductor

Todos los grupos coincidieron en que **el fortalecimiento institucional y normativo** es una condición habilitante esencial para avanzar en planificación hidrológica efectiva. Esto incluye:

- Dotar de **marco legal claro y actualizado** a los instrumentos de planificación.
- Fortalecer la **coordinación intersectorial** e interinstitucional.
- Impulsar **estructuras de cuenca consolidadas**, con funciones claras y recursos propios.
- Garantizar la **representación equilibrada de actores** en procesos decisionales.

2. Transparencia, acceso a información y trazabilidad

La necesidad de contar con **información accesible, fiable y trazable** fue un punto común en los cuatro grupos:

- En participación, para garantizar procesos informados.
- En financiación, para generar confianza y monitorear inversiones.
- En fenómenos extremos, para evaluar riesgos y modelar escenarios.
- En cuencas transfronterizas, como base para la cooperación binacional y regional.

Se recomendó incluir en la guía herramientas para asegurar **interoperabilidad de datos**, buenas prácticas de comunicación, y protocolos de información a la ciudadanía.

3. Inclusión y equidad como principios rectores

Tanto en la participación como en la gestión del riesgo o la planificación en contextos transfronterizos, emergió con fuerza la necesidad de:

- Diseñar procesos **inclusivos, con enfoque de género y diversidad, interculturalidad y justicia territorial**.
- Considerar a las comunidades como **actores corresponsables**, no solo como receptores de información.
- Adaptar metodologías a la **diversidad institucional, social y geográfica** de los territorios.

4. Sostenibilidad financiera y corresponsabilidad

Todos los grupos abordaron, directa o indirectamente, el reto de **sostener las medidas planificadas en el tiempo**. Esto implica:

- Diseñar mecanismos de **recuperación de costes y tarifas justas**.
- Incorporar los **costes de operación y mantenimiento** en la planificación.
- Promover la participación del sector privado bajo condiciones claras y equitativas.

- Acceder a **fondos climáticos** y de cooperación sin depender exclusivamente de ellos.

5. Adaptación al cambio climático como enfoque transversal

La adaptación al cambio climático no se limita al grupo sobre fenómenos extremos. También atraviesa:

- La planificación financiera (priorización de medidas resilientes, acceso a fondos verdes).
- La participación pública (educación ambiental y corresponsabilidad en escenarios de riesgo).
- La cooperación transfronteriza (escenarios compartidos, impactos cruzados, anticipación y planificación conjunta).

6. Evaluación y mejora continua

Los cuatro grupos expresaron la necesidad de fortalecer los mecanismos de seguimiento y evaluación, tanto de los propios planes como de los procesos que los componen:

- Evaluación de la participación (calidad, impacto, inclusión).
- Evaluación del desempeño financiero (eficiencia, trazabilidad).
- Evaluación de medidas de adaptación (impacto, pertinencia).
- Evaluación de acuerdos de cooperación (implementación real, continuidad).

Se propuso que la guía oriente sobre **indicadores y metodologías de evaluación integradas**, con visión de mejora continua.

[4] Conclusión y cierre del proceso

El desarrollo de los cuatro grupos de trabajo temáticos ha sido una experiencia rica, diversa y altamente productiva, tanto en términos técnicos como metodológicos. Este proceso permitió **movilizar el conocimiento colectivo de la región**, generar intercambios entre países con realidades distintas, pero desafíos comunes, y construir propuestas aplicables para mejorar la calidad, efectividad y legitimidad de la planificación hidrológica.

A lo largo de tres sesiones por grupo y mediante herramientas de trabajo colaborativo, como los foros, se logró identificar de forma participativa:

- Retos estructurales y operativos en torno a la participación, la financiación, los fenómenos extremos y las cuencas transfronterizas.
- Experiencias valiosas en distintos países que sirven como referencia práctica.
- Recomendaciones específicas sobre cómo cada temática debe estar reflejada en la Guía, no solo como contenidos teóricos, sino como **criterios metodológicos, herramientas operativas e indicadores aplicables**.

Más allá de los aportes temáticos, este proceso demostró que la planificación hidrológica no puede entenderse de manera aislada. Requiere un enfoque integral que articule:

- Gobernanza inclusiva y transparente.
- Solidez técnica y financiera.
- Sensibilidad territorial y climática.
- Cooperación entre niveles y entre países.

El documento que aquí se presenta busca no solo sintetizar lo trabajado, sino también **trasladar estas reflexiones al diseño de políticas públicas más robustas, adaptadas y sostenibles**. La implementación de la Guía de Planificación Hidrológica, con base en estos aportes, será una oportunidad para avanzar hacia sistemas de planificación más resilientes, legítimos y orientados al bienestar colectivo de las poblaciones y los ecosistemas de la región.

Finalmente, cabe destacar que los grupos de trabajo han expresado interés en dar continuidad a esta dinámica más allá de la guía, como una **comunidad de práctica** que pueda seguir generando conocimiento compartido, acompañando los procesos de planificación, y profundizando el aprendizaje entre pares.

Anexo 1. Actas de las sesiones

ACTAS DE LAS SESIONES

Actas GT Participación pública

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 1 GRUPO DE PARTICIPACIÓN PÚBLICA EN LA ELABORACIÓN DE PLANES	1

Objeto de la reunión

Se trata de la primera reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo «Participación pública en la elaboración de planes», donde se hace una primera puesta en común de las distintas perspectivas a considerar para abordar esta temática en los planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes, buscando que las peculiaridades y heterogeneidades propias de la realidad iberoamericana queden tomadas en consideración a la hora de establecer la Guía sobre Planificación Hidrológica.

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Marco normativo y niveles de participación pública

- La participación pública en la planificación hidrológica varía según el contexto normativo de cada país. En España, por ejemplo, es un **requisito legal** respaldado por la Ley de Aguas y directivas europeas, mientras que, en otros países de la región, la normativa está menos desarrollada y la participación depende más de iniciativas voluntarias.
- Pueden distinguirse distintos **niveles de participación**:
    - **Suministro de información**, donde se pone a disposición del público documentos y datos sobre los planes hidrológicos.
    - **Consulta pública**, donde se espera una respuesta activa de los ciudadanos sobre las propuestas en discusión, o sobre cualquier aspecto de la documentación presentada.
    - **Involucramiento de actores clave**, donde ya desde las primeras etapas de la preparación del trabajo, participan entidades con intereses específicos en la planificación del agua.
- En el proceso de elaboración de una Planificación hidrológica / Plan de GIRH, la participación de actores clave se puede producir en cuatro instancias bien diferenciadas:
    - en la etapa de recopilación y sistematización de antecedentes (donde se recurre a los actores clave de la cuenca para solicitarles información de relevancia e incluso su visión respecto a las problemáticas del territorio),
    - en la etapa de diagnóstico (en la cual se presentan los resultados obtenidos y se puede generar una instancia de taller para debatir sobre las necesidades y las medidas futuras a plantear).
    - en la definición propiamente dicha de las medidas a desarrollar en el marco del plan (éstas muchas veces se definen en reuniones de organismos/comités de cuenca, donde participan distintos representantes de los organismos)
    - y finalmente en la fase la implementación del plan.
- La efectividad de la participación depende del **prestigio y credibilidad del proceso**. Cuando los ciudadanos perciben que los planes hidrológicos tienen impacto real, hay mayor involucramiento; de lo contrario, la participación tiende a ser baja.

(2) Transparencia y acceso a la información

- El acceso a la información es un pilar fundamental para una participación efectiva, pero también supone un reto porque enfrenta varios desafíos:
  - **Complejidad de los documentos técnicos**, que dificulta su comprensión para actores no especializados y, en consecuencia, limita su capacidad para aportar propuestas, observaciones y sugerencias verdaderamente útiles.
  - **Disponibilidad de datos hidrológicos clave** (oferta, demanda, calidad del agua) en formatos accesibles.
  - **Uso de plataformas digitales para la difusión de información**, con la ventaja de mejorar la accesibilidad, pero con la desventaja de que puede excluir a comunidades sin acceso a internet.

Se mencionó el **Acuerdo de Escazú**[1], un Acuerdo regional ambiental de América Latina y el Caribe, como un avance en el derecho al acceso a la información ambiental y la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales. También promueve la formación de autoridades y equipos de gobierno, la sensibilización ciudadana y la cooperación entre los países.

Brecha digital y barreras para la participación

- La brecha digital en América Latina es una limitación importante para garantizar un acceso equitativo a la información. Aunque el uso de internet es cada vez más extendido, hay comunidades rurales y grupos vulnerados en su acceso a derechos, con dificultades en acceder a plataformas digitales, y/o en localidades sin acceso a redes de telefonía celular
- En algunos casos, el problema no es solo el acceso a dispositivos, sino la falta de **capacidad técnica y educativa** para interpretar la información proporcionada en los planes hidrológicos.
- Se enfatizó la necesidad de combinar **mecanismos digitales con consultas presenciales**, especialmente en comunidades rurales, donde los procesos participativos deben ser diseñados de manera inclusiva y adaptados a sus necesidades socioculturales.

(3) Enfoque territorial y escalas de participación

- La forma de abordar la participación varía dependiendo de si se trata de **planes nacionales, de cuenca o de proyectos locales**.
  - **Planes nacionales**: Procesos participativos más amplios, donde la información se difunde de forma general y los actores involucrados suelen ser institucionales.
  - **Planes de cuenca o microcuenca**: Mayor cercanía con las comunidades, lo que permite una participación más directa y contextualizada.
  - **Proyectos específicos**: Exigen procesos de consulta más detallados con las poblaciones afectadas.

[1] Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe firmado en 2018, disponible en: https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu

- Se discutió la importancia de adaptar las metodologías de participación según la **escala de planificación**, garantizando que los mecanismos utilizados sean efectivos para cada nivel.

(4) Estrategias para mejorar la participación pública

- Se identificaron diversas estrategias para fortalecer la participación:
  - **Fortalecimiento de capacidades**: Capacitación de actores para la interpretación de datos y toma de decisiones en la gestión del agua.
  - **Traducción y adaptación de información**: Presentación de documentos en formatos accesibles y, en algunos casos, traducción a lenguas locales.
  - **Implementación de herramientas híbridas**: Combinación de consultas digitales con reuniones presenciales en territorio para garantizar inclusión.
  - **Monitoreo y evaluación de la participación**: Desarrollo de mecanismos para medir el impacto de los procesos participativos, como auditorías ciudadanas y observatorios de gobernanza del agua.
  - Se llama la atención sobre la importancia de **visibilizar los resultados de la participación**, bien sea mediante informes específicos que acompañen al plan en los que se destaquen los cambios introducidos como consecuencia de los procesos participativos.

Conclusiones generales

La participación pública es un elemento esencial en la planificación hidrológica, ya que fortalece la legitimidad de las decisiones y promueve una gestión más inclusiva y efectiva del agua. Sin embargo, su implementación enfrenta desafíos significativos, como la falta de normativas claras en algunos países, la dificultad de acceso a la información y la exclusión de comunidades vulnerables debido a la brecha digital. Para garantizar una participación significativa, es fundamental desarrollar estrategias que combinen herramientas digitales y presenciales, adaptadas a las diferentes escalas de planificación. Asimismo, se debe fortalecer la transparencia en la toma de decisiones y establecer mecanismos de monitoreo que permitan evaluar el impacto real de la participación en la formulación de políticas y planes hidrológicos.

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la primera reunión del grupo de trabajo de participación pública en la elaboración de planes:

- La participación pública en la planificación hidrológica es clave para la legitimidad y efectividad de los planes, pero su implementación varía según el contexto normativo de cada país.
- El acceso a la información es un derecho fundamental, pero enfrenta desafíos en términos de accesibilidad y comprensión.
- La brecha digital limita la equidad en los procesos participativos.
- La participación debe adaptarse a la escala de planificación.
- El monitoreo y evaluación de los procesos participativos es clave para mejorar su efectividad.

La Guía deberá contemplar la participación pública en el marco del proceso de planificación, atendiendo a las recomendaciones de este Grupo de Trabajo. Para ello se dedicará a la participación un apartado específico coherentemente integrado con el resto de los contenidos.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 2 GRUPO DE TRABAJO PARTICIPACIÓN PÚBLICA	2

Resumen de reunión

(1) Objeto de la reunión

Se trata de la segunda reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo sobre Participación Pública. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo definir los principales lineamientos que servirán para abordar esta temática en la guía de planificación. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Portavocía:

- Laura Bernstein - Argentina
- Bárbara Fucito- Argentina
- Alexandra Cuasnicu- Argentina

Listado de participantes:

- Alexandra Carlier – SG/OEA
- Fabiola Tábora - GWP
- Laura Bernstein - Argentina
- Bárbara Fucito- Argentina
- Alexandra Cuasnicu- Argentina
- **Equipo técnico:**
- Natalia Gullón Muñoz-Repiso - AECID
- Maria de los Ángeles Ramos Collado - TRAGSATEC
- Macarena Muñoz Diaz - AYESA
- Gonzalo Lopez-Montenegro - AYESA
- Jorge Prieto Mera – AYESA

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(2) Niveles de Participación e Identificación de actores

¿Cómo garantizar que la participación de los distintos sectores en la toma de decisiones y la planificación sea efectiva? ¿Qué estrategias pueden ayudar a que la misma sea tenida en cuenta al momento de la planificación y ejecución?
Para que un proceso participativo sea representativo, ¿qué actores deberían estar representados y cómo se puede asegurar que los diferentes sectores involucrados en el uso y conservación del agua tengan voz?

- Se resaltó la importancia de la **identificación de actores** desde el inicio del proceso, considerando los marcos legales y los diferentes sectores involucrados en el uso y conservación del agua. Es esencial identificar quién, a qué nivel y en qué momentos.
- Se enfatizó que los actores no deben estar presentes únicamente en la fase de diseño de los planes, sino también en las etapas avanzadas de implementación y ejecución, así como en las etapas previas de diagnóstico.

- Se propuso realizar un **análisis previo de los marcos regulatorios** para definir qué organismos tienen competencias en la toma de decisiones y garantizar su integración en el proceso.
- Se destacó la necesidad de estrategias de participación adaptadas a los diferentes actores según su nivel de uso del agua, asegurando que los sectores clave tengan una representación equitativa.
- Se resalta la importancia de los Comités de cuenca (u organismos similares) que son instancias de gobernanza del agua que tienen que contar con la representación de todos los actores involucrados, respaldadas por mecanismos vinculantes en la toma de decisiones y por procesos de trazabilidad.
- Se sugirió que los espacios de participación sean respaldados por **organismos de cuenca** o equipos técnicos que velen por la inclusión de todos los actores clave, incluidas comunidades locales.
- Se insistió en la necesidad de establecer **procesos de trazabilidad** que documenten el impacto real de los aportes ciudadanos en la planificación hidrológica.
- Se subrayó que la **escala de planificación** (nacional, regional o de cuenca) debe tomarse en cuenta para definir una estrategia adecuada de participación pública.
- Garantizar la cuota de participación y la representatividad, son elementos clave a tener en cuenta en la identificación de actores.

(3) Definición de un Proceso de Participación en la elaboración de los planes hidrológicos.

Cuando se busca la participación de la sociedad en la planificación hidrológica, ¿cómo se puede garantizar que sus aportaciones sean tomadas en cuenta en la toma de decisiones?

- Es necesario definir la estrategia de participación de acuerdo al nivel de trabajo; nacional/cuenca (o subcuenca y microcuenca).
- Se destacó que la **trazabilidad** (seguimiento y referencia en los resultados finales) es un aspecto clave para garantizar que las aportaciones de la sociedad sean tomadas en cuenta en la toma de decisiones.
- Se enfatizó la necesidad de contar con **mecanismos formales** de retroalimentación que permitan que los ciudadanos conozcan cómo sus aportes han sido considerados en la planificación hidrológica.
- Se propuso la **generación de indicadores y métricas de participación** que midan el grado de impacto de las intervenciones de la sociedad en el proceso de planificación.
- Se subrayó la importancia de **incluir en los documentos técnicos oficiales las observaciones y sugerencias recibidas** en el marco de los procesos de participación, mostrando la relación entre los aportes recibidos de la población y los resultados.
- Se planteó la elaboración de **productos específicos**, como documentos de participación pública, que recojan y sistematicen los aportes ciudadanos en todas las fases de planificación.
- Recomendable contar con algún actor que tenga la legitimidad necesaria para asegurar la participación

(4) Herramientas Técnicas y Métodos.

❖ *¿Cómo se pueden generar espacios de discusión efectivos donde los diferentes sectores puedan expresar sus inquietudes y hacer sus propuestas durante el proceso de planificación hidrológica?*

❖ *¿Cuál es la estrategia más adecuada para los países de la región para hacer comprensibles a las distintas poblaciones las cuestiones técnicas? ¿Por qué medios se pueden hacer disponibles y conocidos los datos hidrológicos clave para la reflexión y la toma de decisiones? ¿Cómo garantizar que las herramientas se adapten a las características de la población a la que se quiere involucrar?*

❖ *¿Cómo diseñar plataformas digitales accesibles con pocos recursos económicos? ¿Cómo viabilizar la participación de sectores que no utilizan habitualmente los medios electrónicos?*

- Para evitar conflictos se recomienda una primera reunión explicativa con cada sector, iniciando así el reconocimiento de las necesidades de cada sector
- Se enfatizó la importancia del **mapeo de actores** como primer paso para identificar los sectores clave que deben participar en los procesos de planificación hidrológica.
- Se destacó la necesidad de **desarrollar diálogos adaptados** (diálogo de saberes) que minimicen el uso de lenguaje técnico, facilitando la comprensión y fomentando la participación. Se propone la identificación de un actor "facilitador" que sirva de enlace y que facilite y agilice el proceso participativo.
- Se propuso la **adaptación del lenguaje técnico**, utilizando términos accesibles para distintos sectores, asegurando que la información sea clara y comprensible y si es necesario, en distintos idiomas.
- Se recomendó el **uso de infografías y mensajes visuales claros y concisos**, alineados con la tendencia global de preferencia por contenidos breves y gráficos.
- Se resaltó la importancia de **plataformas digitales accesibles y de bajo consumo de datos**, para facilitar la participación de sectores con limitaciones económicas o con menor acceso a tecnología. Incluso, en algunos casos, será necesario contar con facilitadores para el uso de estas herramientas y plataformas de acceso libre con personal designado que pueda hacer accesible la información.
- Se sugirió la **implementación de entornos digitales de alto impacto** que generen interés inmediato y fomenten la interacción con la información.
- Se destacó la necesidad de **combinar estrategias digitales y presenciales**, garantizando la inclusión de sectores que no utilizan habitualmente medios electrónicos.
- Es esencial contar con recursos financieros y generar nivel de confianza, contando por ejemplo con alianzas estratégicas: academia, ONG's, etc.

(5) Evaluación y Seguimiento del Proceso Participativo.

Si se invita a la sociedad a participar en un proceso de planificación, ¿cómo se puede medir esa participación y garantizar que su intervención tenga un impacto real en el resultado final?

- Se destacó la importancia de la **definición de indicadores de impacto** para evaluar el nivel de participación y su influencia en la toma de decisiones dentro de la planificación hidrológica.

- Se pueden establecer comunidades de prácticas, entre pares, con un organismo de apoyo, facilitar auditorías ciudadanas, observatorios independientes, etc.
- Se subrayó que **no solo basta con llevar un conteo de participantes**, sino que es necesario realizar una evaluación cualitativa y cuantitativa que analice la profundidad y calidad de las contribuciones.
- Se recomendó el uso de **mediciones cualitativas y cuantitativas**, permitiendo evaluar tanto la percepción y satisfacción de los participantes como el cumplimiento de los objetivos del proceso participativo.
- Se resaltó la necesidad de **tener referencias claras sobre cómo la participación ha impactado en el diseño final de los planes**, garantizando que la sociedad perciba que su intervención es efectiva y no meramente simbólica.

(6) Conclusiones generales

La sesión evidenció que la participación pública en la planificación hidrológica debe ser estructurada, inclusiva y efectiva. Para ello, es fundamental establecer mecanismos claros de trazabilidad, adaptar herramientas de comunicación y garantizar la representatividad de todos los sectores. La evaluación continua y la transparencia en la implementación de los aportes ciudadanos son clave para fortalecer la confianza y mejorar la toma de decisiones en la gestión del agua.

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la segunda reunión del grupo de trabajo de Participación Pública:

- Para garantizar una participación efectiva en la planificación hidrológica, es clave identificar actores desde los marcos legales, adaptar estrategias según los distintos sectores y asegurar que la participación no solo se limite a la fase de diseño, sino que también se extienda a la implementación y monitoreo de los planes.
- La trazabilidad de los aportes ciudadanos es esencial para asegurar su integración en la toma de decisiones. Se debe fomentar la retroalimentación continua y la generación de documentos específicos que formalicen la participación en todas las fases del proceso hidrológico.
- La participación debe apoyarse en herramientas accesibles, estrategias de comunicación adaptadas y espacios de diálogo inclusivos. El mapeo de actores y la simplificación del lenguaje técnico mediante infografías y formatos visuales son clave para facilitar la comprensión y fomentar una participación más amplia y efectiva.
- Para medir el impacto real de la participación, es fundamental definir indicadores cualitativos y cuantitativos que evalúen tanto la cantidad como la calidad de las intervenciones. Asimismo, la documentación y comunicación de los resultados fortalecen la transparencia y la confianza en el proceso de planificación hidrológica.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 3 GRUPO DE TRABAJO PARTICIPACIÓN PÚBLICA	3

Resumen de reunión

Objeto de la reunión

Se trata de la tercera reunión celebrada, el 9 de abril de 2025 en el marco del Grupo de Trabajo sobre Participación Pública. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera y segunda sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo definir los principales lineamientos que servirán para abordar esta temática en la guía de planificación. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Portavocía:

- Laura Bernstein - Argentina
- Bárbara Fucito- Argentina
- Alexandra Cuasnicu- Argentina

Listado de participantes:

- Mauricio Cerna – SG/OEA
- Fabiola Tábora - GWP
- Laura Bernstein - Argentina
- Silvia De Simone- Argentina
- Alexandra Cuasnicu- Argentina
- Andrea Isabel Valladares- Argentina

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso - AECID
- Maria de los Ángeles Ramos Collado - TRAGSATEC
- Macarena Muñoz Diaz - AYESA
- Gonzalo Lopez-Montenegro - AYESA
- Jorge Prieto Mera – AYESA

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Identificación de actores y representatividad

En los procesos participativos de planificación hidrológica, es fundamental evitar que actores con mayor poder o visibilidad dominen el proceso y asegurar que todos los involucrados asuman una corresponsabilidad activa. En ese sentido:

¿Qué estrategias pueden usarse para garantizar la equidad y evitar que el proceso participativo sea capturado por actores con mayor poder o visibilidad?

¿Cómo fomentar la corresponsabilidad de los actores en el proceso de elaboración de los planes ?

- Se remarcó que es clave **visibilizar desde el inicio las relaciones de poder entre actores**, especialmente durante el mapeo previo a los espacios participativos. Esto permite anticipar posibles desequilibrios e influencias excesivas.
- Se recomendó **identificar las vulnerabilidades dentro de los sectores más desfavorecidos**, como comunidades indígenas, mujeres con cargas de cuidado o poblaciones rurales dispersas, para generar estrategias adaptadas que garanticen su participación efectiva.
- Se compartieron experiencias donde la participación de mujeres en la toma de decisiones en zonas rurales podía aumentar su exposición a violencia, por lo que, para esos caso se recomendó realizar diagnósticos locales que identifiquen los riesgos antes de definir metodologías participativas.
- Se resaltó que **los saberes comunitarios deben ser reconocidos y articulados con el conocimiento técnico**, superando la brecha habitual entre ambos. Se identificó como necesario el fortalecimiento de capacidades en los sectores comunitarios.
- Se identificó la **representación como uno de los desafíos centrales**, ya que en muchos casos los representantes no logran reflejar adecuadamente la diversidad de intereses de sus comunidades o gremios. Se sugirió promover articulaciones entre subgrupos para mejorar la calidad representativa.
- Se recomendó involucrar **instituciones facilitadoras reconocidas por todos los sectores** (como universidades u ONG con presencia local), que puedan generar confianza y mediar entre actores con distintos niveles de poder o capacidades.
- Se valoró la utilidad de realizar **grupos focales segmentados por intereses o perfiles**, como talleres exclusivos para mujeres, pueblos indígenas o jóvenes, garantizando espacios de expresión cómodos y seguros.
- Se insistió en que la participación debe ser entendida como un **proceso de construcción colectiva**, donde también se compartan responsabilidades entre actores en la ejecución y seguimiento de medidas.

(2) Diseño de un Proceso Participativo Estructurado e informado.

Un proceso participativo bien estructurado en la elaboración de un plan hidrológico debe incluir fases claras que permitan una participación efectiva e informada en todas las etapas del ciclo del plan. Además, es esencial contar con los elementos organizativos adecuados para garantizar que la participación no sea solo puntual, sino que se mantenga constante a lo largo del proceso. En ese sentido;

¿Qué fases debería tener un proceso participativo bien estructurado e informado en la elaboración de un plan hidrológico?

¿Qué documentos específicos del Plan Hidrológico sería necesario compartir?

- Se acordó que un proceso participativo sólido debe incluir fases claras:
  1. **Mapeo de actores y relaciones de poder**.
  2. **Estrategia de involucramiento** adaptada al contexto y perfiles.
  3. **Plan de comunicación culturalmente pertinente**.
  4. **Implementación y monitoreo participativo**.

- Se enfatizó que los **procesos participativos no deben limitarse a una etapa puntual**, sino que deben estar presentes a lo largo de todo el ciclo del plan hidrológico.
- Se destacó la necesidad de **ajustar los formatos y contenidos técnicos** a públicos no especializados, evitando tecnicismos y utilizando lenguajes adaptados (resúmenes ejecutivos, infografías, traducciones a lenguas indígenas, etc.).
- Se compartieron ejemplos donde **la extensión del territorio y los tiempos contractuales (de desarrollo de los planes) dificultaron la participación de actores clave**, como comunidades alejadas o productoras en épocas de cosecha.
- Se insistió en que la guía debe tener en cuenta las **particularidades institucionales de países federales** o con estructuras multijurisdiccionales, donde los procesos de planificación exigen consensos interprovinciales.
- Se coincidió en que deben compartirse documentos clave, adaptados según la fase del proceso: diagnóstico, propuestas de medidas, priorización, y resultados de seguimiento y evaluación.

(3) Evaluación y Seguimiento del Proceso Participativo.

La evaluación de la participación en un proceso de planificación hidrológica no puede limitarse únicamente a medir cuántas personas participaron o cuántas actividades se realizaron. Es igualmente importante analizar la calidad e impacto de dicha participación, considerando elementos como la confianza en el proceso, su legitimidad y el grado de inclusión. Un proceso participativo representativo y eficaz debe asegurar que la ciudadanía no solo tenga voz, sino que también pueda conocer la trazabilidad de sus aportes, es decir, si sus propuestas fueron consideradas, cómo fueron valoradas y en qué medida influyeron en las decisiones. En este contexto,

¿Qué herramientas pueden emplearse para evaluar no solo la cantidad, sino también la calidad y el impacto de la participación en un proceso hidrológico?

¿Cómo pueden diseñarse indicadores que reflejen valores como la confianza, la legitimidad y la inclusión dentro del proceso de planificación?

- Se coincidió en que no basta con medir la cantidad de participantes o actividades, sino que es necesario **evaluar la calidad, legitimidad e impacto de la participación**.
- Se propuso, con el fin de tratar de medir el impacto, realizar **mediciones antes y después del proceso participativo**, recogiendo la percepción de los actores sobre si sus aportes fueron considerados, cómo influyeron y si se sintieron incluidos.
- Se planteó que los indicadores de confianza y legitimidad son en gran medida **subjetivos y basados en la autopercepción**, pero igualmente válidos si se diseñan adecuadamente.
- Se sugirió el uso combinado de **encuestas estructuradas, talleres y grupos focales** como herramientas de evaluación cualitativa y cuantitativa. El objetivo de ello es que se recoja la percepción que tienen de cómo su opinión se ha tenido en cuenta y cómo sus intereses se han visto reflejados.
- Se enfatizó que todo proceso debe dejar **documentación sistematizada** que sirva para devolver información a quienes participaron, asegurando trazabilidad y transparencia.

- Se presentó un modelo en desarrollo de **índice de resiliencia participativa**, basado en indicadores, parámetros y subcriterios que permiten puntuar dimensiones clave como equidad de género, presencia de estrategias de involucramiento, pertinencia cultural, accesibilidad a la información, etc.
- Se insistió en que **la evaluación debe ser coherente con la estrategia de participación definida al inicio**, para medir si se cumplieron los objetivos trazados y en qué medida se puede mejorar en futuras ocasiones.

Conclusiones generales

Durante esta última sesión del grupo de trabajo se profundizó en los elementos clave que garantizan una participación pública equitativa, efectiva y sostenible en la planificación hidrológica. El debate permitió recoger experiencias y recomendaciones concretas sobre cómo identificar actores relevantes, estructurar procesos participativos informados, asegurar representatividad y corresponsabilidad, y diseñar mecanismos de evaluación que fortalezcan la legitimidad de las decisiones. A continuación, se resumen las principales conclusiones.

1. Equidad y representatividad en los procesos participativos

La participación pública solo es efectiva si se parte de un diagnóstico inicial de actores y relaciones de poder, incluyendo sectores desfavorecidos o con menor visibilidad. Se destacó que la representación debe ser real y diversa, y que es fundamental reconocer y valorar los saberes comunitarios en diálogo con el conocimiento técnico. Para ello, se recomienda contar con instituciones facilitadoras, generar espacios seguros para grupos históricamente excluidos y promover la corresponsabilidad de todos los actores en la implementación de los planes.

2. Fases y documentos clave de un proceso participativo estructurado

Un proceso participativo eficaz debe desarrollarse de forma transversal durante todo el ciclo de planificación y no limitarse a momentos puntuales. Las metodologías deben adaptarse al territorio, los tiempos productivos y las capacidades de los actores. Es fundamental diseñar estrategias de comunicación culturalmente adecuadas y garantizar la comprensión de los contenidos técnicos. Se subrayó la necesidad de adaptar la guía a distintos contextos institucionales, especialmente en países federales o multijurisdiccionales.

3. Evaluación y seguimiento de la participación

La evaluación de los procesos participativos debe considerar no solo aspectos cuantitativos (como el número de personas participantes), sino también cualitativos, como la percepción de inclusión, influencia y satisfacción con los resultados. Se propuso combinar herramientas como encuestas, talleres y grupos focales, así como desarrollar indicadores que midan la resiliencia participativa. La trazabilidad de las decisiones, la devolución de resultados y la sistematización documental fueron identificados como aspectos clave para consolidar procesos transparentes y mejorables

Actas GT Financiación

Asunto	N.º reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 1 GRUPO DE TRABAJO FINANCIACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE LOS PLANES	1

Objeto de la reunión

Se trata de la primera reunión celebrada en el marco del «Grupo de Trabajo sobre Financiación para la ejecución de los planes», donde se hace una primera puesta en común de las distintas perspectivas a considerar para abordar el financiamiento de los planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes, buscando que las peculiaridades y heterogeneidades propias de la realidad iberoamericana queden tomadas en consideración a la hora de establecer la Guía sobre Planificación Hidrológica.

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Ideas generales sobre el contexto de la Financiación para la ejecución de los planes

A continuación, se exponen las ideas que, de manera global, se perciben como imprescindibles a la hora de redactar la parte de la Guía correspondiente a la financiación:

- La guía ha de concebirse como un documento eminentemente práctico que parta de la experiencia real de los distintos países, así como de casos prácticos aportados al efecto.

- Entendiendo que no existe un único enfoque en el tema de la financiación, lo que se traduce en una fuerte complejidad a la hora de abordarlo, sí se recoge como un deseo común de los distintos países para que su análisis no se limite a la planificación hidrológica en sí misma, sino a considerar la viabilidad económica de los programas de medidas.

- Asimismo, los participantes inciden en la necesidad de planificar con inversiones que sean financieramente sostenibles a largo plazo.

- Se resalta el interés por el uso eficiente de los recursos financieros, evitando por ejemplo la duplicidad de proyectos, al encontrar en ocasiones proyectos en territorios abordando temáticas de agua y saneamiento, con distintas metodologías para tener agua y saneamiento rural, etcétera, que buscan lo mismo o tienen finalidades muy parecidas aprovechando, en última instancia, fondos de cooperación ya de por sí muy comprometidos.

- Las posibilidades de financiamiento deberían estar amparadas en el marco legal de gobernanza de los distintos países.

- Enfoque multisectorial del financiamiento, donde de forma transparente los Gobiernos involucren a el sector privado lo más temprano posible para aprovechar su ingenuidad y perspectivas de cómo mejorar la viabilidad financiera de las medidas y programas. De esta manera, considerando las posibles vías de generación de ingresos para cada medida, se pueden empezar a diseñar programas donde cada una de las inversiones pueden ser capaces de generar retornos económicos que permitan su financiación sostenible en el mediano y largo plazo.

- Debe existir alguna vinculación lógica entre la dimensión económica del programa de medidas, es decir, la magnitud de la inversión que requiere el plan que se adopte, y los techos presupuestarios con los que, en principio, deberán financiarse las actuaciones que se prevean.

(2) Fuentes de financiación

- Presupuestos nacionales o regionales, para poder implementar las medidas incluidas en cada plan. Dentro de estos presupuestos, las medidas que se integren en el plan hidrológico deberán corresponder o integrarse en programas, planes o proyectos que esté llevando a cabo el país.

- Sector privado, ya sea a través de inversiones en "water stewardship", a través de fondos de inversiones de impacto y/o estructuras de financiación mixta (blended finance). Todas estas opciones requieren de un caso de negocios claro que les permita justificar la inversión a lo interno

- Organismos cooperantes, bilaterales o multilaterales (BM, BID,CAF, como en aguas transfronterizas u otros múltiples casos)

(3) Estrategias clave

En este punto se destacan diferentes acciones que se pueden aplicar para conseguir financiación y para que ésta sea empleada de la forma más eficiente:

- Estudiar qué tipo de proyectos se están financiando en el sector del agua.

- Analizar las características que presentan las distintas inversiones a realizar en el marco de estos Planes, para estudiar quién puede implementarlas (Gobierno nacional, regiones, sector privado). Por ejemplo, en función de si la inversión es en infraestructuras grises, infraestructuras verdes o soluciones basadas en naturaleza, la discusión sobre el eje de financiación varía.

- Incluir, desde el mismo diseño del plan y en cada una de las escalas de trabajo, no sólo a los actores públicos, sino también a los actores privados, buscando con ellos un lineamiento con las medidas propuestas. Se trata de ver a este sector como una fuente de experiencia y no únicamente acudir a ellos como fuente de financiación, cuando las medidas ya han sido definidas. Establecimiento de sinergias.

- Garantizar el acceso a todos los servicios mediante la cooperación, estableciendo alianzas locales y regionales orientadas a aspectos técnicos.

- A la hora de cuantificar las inversiones, tomar en consideración no sólo la inversión en infraestructuras, por ejemplo, sino también sus costos de mantenimiento y operación a corto, mediano y largo plazo.

- Alineación de los planes hidrológicos con los instrumentos climáticos a nivel nacional o local, debido a la potencial oportunidad de aprovechar fondos internacionales que existen, muchos de los cuales están enfocados en temas de resiliencia climática (como el Fondo Verde del Clima o el Fondo de Adaptación). En este sentido merece la atención la nueva generación de planes NDC, NDC3.0[1], que desde el principio buscan movilizar el financiamiento, también de fuentes del sector privado.

- Haciendo referencia al problema que tenemos de escasez del agua, tratar de darle un enfoque estratégico a las inversiones en temas hídricos, para que los distintos sectores vean ese financiamiento como una inversión y no como un gasto. En esta línea, se indica que existen muchos instrumentos que pueden servir como incentivos, como por ejemplo pueden ser los certificados azules, o certificados a nivel internacional que

[1] https://unfccc.int/ndc-3.0

empresarialmente son atractivos haciendo patente una sostenibilidad y un interés real por parte de la empresa.

(4) Mecanismos de financiación

A la hora de abordar los mecanismos para obtener financiación, una de las cuestiones en las que se hace hincapié es en la sostenibilidad de las inversiones para mantener todas esas actuaciones a medio y largo plazo. A continuación, se listan diferentes mecanismos/instrumentos para obtener financiación:

- Cobros por el uso del agua: a través de instrumentos económicos que pueden tomar los operarios del agua como el fondo de agua, tarifas hídricas, cánones, pagos por servicios ambientales, entre otros, y que pueden ser utilizados e implementados a nivel de cuencas. Se considera que estos fondos son clave para poder lograr una sostenibilidad a nivel local. La recuperación de las inversiones mediante este tipo de instrumentos económicos no siempre tiene carácter finalista, sino que puede quedar diluida en los presupuestos públicos generales.

- Medidas de compensación en el marco de la responsabilidad empresarial (actores privados).

- Medidas de economía circular: por ejemplo, reducción en el pago por el uso del agua cuando la reutilizan.

- Creación de mercados, como los mercados de agua de tormenta, que podrían hacer que haya inversiones de cierto tipo que no las tenga que hacer el Gobierno, sino los desarrolladores de bienes raíces.

- Esquemas colectivos de inversión por parte de los actores activos en una cuenca, como los fondos de agua creados con apoyo del BID, FEMSA y otros en LAC.[2] [3]

- Fondos internacionales (por ejemplo, fondos de resiliencia climática).

(5) Actores clave

Además de los actores que se identifican fácilmente en cuestiones de financiamiento, como los Gobiernos (en sus diferentes escalas), los operadores de agua, etc. se resalta la necesidad de contar con la comunidad científica, con los expertos en las distintas materias a tratar y el sector privado. En este contexto, dichos agentes no deben ser entendidos como fuentes de financiación en sí mismos, aunque se consideren importantes como Sistema de Ayuda a la Decisión para la elección de medidas acertadas y eficientes.

Conclusiones generales

El éxito de la planificación hidrológica depende en gran medida de su capacidad para movilizar financiamiento de manera estratégica, sostenible y eficiente, con el que materializar el programa de medidas acordado con el plan hidrológico. Para ello, es fundamental

[2] https://www.fondosdeagua.org/es/los-fondos-de-agua/

[3] *UNPACKING COLLECTIVE ACTION IN WATER STEWARDSHIP SHARED SOLUTIONS FOR SHARED WATER CHALLENGES*. (2024). WWF. https://wwf.panda.org/wwf_news/?9510916/Unpacking-Collective-Action-in-water-stewardship-Shared-solutions-for-shared-challenges

dimensionarlo razonablemente, y diversificar las fuentes de financiamiento, mejorar la coordinación entre actores y aprovechar los instrumentos disponibles, tanto a nivel nacional como internacional. La integración del sector privado, el uso de mecanismos innovadores y la alineación con estrategias climáticas globales son claves para asegurar inversiones que no solo resuelvan necesidades inmediatas, sino que también garanticen la sostenibilidad de los recursos hídricos a largo plazo. Si son diseñados de manera efectiva, estos mecanismos de generación de fondos son también estrategias efectivas para alinear incentivos entre diferentes actores e influenciar cambios de comportamiento hacia prácticas de uso y valoración del agua mucho más sostenibles.

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la primera reunión del grupo de trabajo de financiación para la ejecución de los planes:

- La financiación debe ir más allá de la planificación hidrológica y enfocarse en la implementación de medidas concretas.
- Eficiencia y coordinación en el uso de los recursos financieros.
- Diversificación de fuentes de financiamiento.
- Estrategias para asegurar financiación sostenible y efectiva.
- Mecanismos innovadores de financiamiento.
- Importancia de los actores claves en el proceso.

En la Guía se prevé desarrollar dos epígrafes relacionados con la financiación, por un lado el análisis económico de los usos del agua estimando, en su caso, la viabilidad de recuperar desde los usuarios un cierto porcentaje de los costes de los servicios; por otro lado, a la hora de plantear los programas de medidas se podrán estudiar las magnitudes de las inversiones máximas que razonablemente pueden considerarse viables para su financiación, evitando planes sobredimensionados que, por su falta de viabilidad, frustren el proceso desde su origen.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 2 GRUPO DE TRABAJO FINANCIAMIENTO DE LOS PLANES HIDROLÓGICOS	2

Resumen de reunión

(1)Objeto de la reunión

Se trata de la segunda reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo sobre Financiación de Planes Hidrológicos. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo definir los principales lineamientos que servirán para abordar esta temática en la guía de planificación. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Portavocía:

Juan Saldaña (República Dominicana) y Mónica Altamirano (CEPAL)

Listado de participantes:

- Mario Hernán Pérez Flores – El Salvador
- Roberto Cerón – El Salvador
- Juan Saldaña – República Dominicana
- Mauricio Cerna – SG/OEA
- Mónica Altamirano - CEPAL
- Concepción Marcuello – España
- Andrea Hernández Marín - España
- Víctor Manuel Arqued Esquía - España
- Carlota Real - CAF
- Laura Bernstein - Argentina
- Bárbara Fucito- Argentina
- Silvia Desimones- Argentina
- Alexandra Cuasnicu- Argentina

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso - AECID
- Maria de los Ángeles Ramos Collado - TRAGSATEC
- Macarena Muñoz Diaz - AYESA
- Gonzalo Lopez-Montenegro - AYESA
- Jorge Prieto Mera – AYESA

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(2) Identificación de actores clave.

En muchos sectores, el financiamiento depende de la articulación entre diferentes actores. ¿Cómo se pueden coordinar esfuerzos entre el sector público, privado y la cooperación internacional para mejorar la inversión en gestión hídrica?

- Se destacó que la inversión en gestión hídrica **requiere la participación coordinada de diferentes sectores**, asegurando un marco regulatorio estable que incentive la inversión y al mismo tiempo garantice que la participación del sector privado aporte positivamente a la provisión de los servicios de APS como bienes públicos.
- Se subrayó la **importancia del sector privado**, cuya implicación depende del caso de inversión de los proyectos, que incluye la viabilidad económica, financiera, comercial y de gestión. Para ello, es necesario generar **mecanismos de seguridad jurídica** y garantías financieras que fomenten su participación. La gobernanza transparente con un marco normativo adecuado favorece la participación del sector privado, quien no es sólo una fuente de recursos financieros, sino tal vez más importante de conocimiento (expertise) y innovación tanto tecnológica como en modelos de gestión de los activos para maximizar su uso y rendimiento financiero.
- La participación del sector privado pasa por el reconocimiento e identificación de incentivos. Sin incentivos no hay inversión. Al mismo tiempo hay que reconocer los fondos públicos y las estrategias de adquisición pueden activar al sector privado local (incluyendo la pequeña y mediana empresa) a involucrarse en la provisión de servicios y así gradualmente estos pueden desarrollar un track record y reducir los riesgos de inversión percibidos y reales, incentivando mayor inversión privada a largo plazo.
- Se resaltó la **necesidad de marcos regulatorios claros**, que permitan estructurar modelos de financiamiento sostenibles y que aseguren la transparencia en la gestión de los fondos.
- Se enfatizó la **promoción de alianzas y experiencias de financiamiento multisectorial**, con modelos que puedan adaptarse a distintas realidades nacionales.
- Se mencionó la **importancia de fortalecer la capacidad institucional**, asegurando que los actores encargados de gestionar las inversiones cuenten con **herramientas técnicas y operativas** para administrar eficientemente los recursos.

(3) Análisis de las Posibles Fuentes de Financiación (diversificación).

Algunas iniciativas logran asegurar recursos de manera sostenible mientras que otras dependen de financiamiento esporádico. En relación con la diversificación de las fuentes de financiamiento ¿qué factores determinan que un proyecto cuente con un esquema de financiamiento estable a largo plazo?

- Se abordó la importancia de evitar la dependencia de los presupuestos públicos y fomentar una **combinación de distintas fuentes de financiamiento, tanto concesional como comercial (financiamiento mixto blended finance)** .
- Aunque también, se resaltó el **apoyo público en forma de un marco regulatorio estable- como un pilar fundamental**, facilitando la sostenibilidad de las inversiones a largo plazo y generando confianza en los inversores privados.

- Se discutió la necesidad de llevar a cabo **estudios previos de viabilidad** para determinar las mejores estrategias de financiamiento. Es necesario analizar los planes y ver qué medidas se prestan para que tipo de financiamiento y grado de involucramiento del sector privado. Algunas como las que crean un activo son más aptas, mientras que otras como el desarrollo institucional o las medidas de capacitación, deberían de ser financiadas y gestionadas por el sector público (tanto porque no tienen caso de negocios porque puede ser importante para garantizar suficientes check and balances)
- Algunas como las que crean un activo son más aptas, mientras que otras como el desarrollo institucional o las medidas de capacitación, deberían de ser financiadas y gestionadas por el sector público.
- Se destacó la importancia de la normativa nacional e internacional para **facilitar la inversión y los incentivos financieros** en infraestructura hídrica.
- Se mencionaron opciones innovadoras como **bonos verdes o fondos climáticos**, que pueden atraer inversión externa.
- Se enfatizó la necesidad de **evaluar los riesgos financieros y ambientales** para evitar vulnerabilidades en la sostenibilidad de los proyectos.
- Las fuentes de financiación deberán ser estables y estar diversificadas, a la vez que tener cierta flexibilidad.

(4)Instrumentos y Mecanismos de Financiamiento.

Existen múltiples maneras de canalizar inversiones hacia la gestión del agua.

- ❖ *¿Qué condiciones hacen que un mecanismo/instrumento financiero sea viable y eficiente en el tiempo?*
- ❖ *¿Considera adecuado el uso de instrumentos financieros para financiar los proyectos de agua?*
- ❖ *Que mecanismos recomiendan para financiar la operación y el mantenimiento de los proyectos de infraestructura.*

- Se discutió la importancia de **asegurar recursos económicos sostenibles** para garantizar el mantenimiento de las infraestructuras hídricas y evitar la dependencia de fuentes esporádicas de financiamiento. Esto requiere de considerar primero las fuentes de fondeo (tarifas, impuestos o subsidios) y analizar si serán suficientes para pagar por las inversiones necesarias, antes de gestionar las fuentes de financiamiento.
- Se destacó que los **tributos y tarifas deben estar regulados legalmente**, asegurando su aplicación con criterios claros y equitativos.
- Es imprescindible construir elementos tributarios finalistas, que contribuyan a la recuperación de costes.
- La población comprometida firmemente con el servicio contribuye a su sostenibilidad a largo plazo. Se reconoció que **estos mecanismos suelen ser impopulares**, por lo que se sugirió implementar estrategias de comunicación y sensibilización dirigidas a la ciudadanía y actores clave.
- Se mencionó la necesidad **de definir condiciones específicas** para la aplicación de tributos, incluyendo regulaciones sobre tarifas y posibles excepciones.
- Se enfatizó en la **alineación de los fondos internacionales con estrategias nacionales**, garantizando su integración efectiva en los objetivos de inversión en agua.

- El desarrollo de mecanismos de obtención de información y metodologías que permitan la cuantificación de pérdidas y daños en determinadas situaciones hidrológicas favorece la asignación de inversiones.
- Se precisa mecanismos financieros viables y sostenibles para cubrir costes operativos y de mantenimiento, que deben ser adaptables frente a crisis. En el caso de operación y mantenimiento sería interesante establecer incentivos para la gestión eficiente, el reúso, etc.
- Hay que pensar en todas las infraestructuras que precisan mantenimiento para asegurar la buena gestión y la conservación de los recursos hídricos, como es el caso de las redes de control, que precisan inversión para su explotación y mantenimiento.

(5) Conclusiones generales

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la segunda reunión del grupo de trabajo de Financiación de los Planes Hidrológicos. En general, se resaltó la necesidad de un enfoque integral y sostenible en la financiación del sector hídrico, asegurando que las inversiones no solo se destinen a infraestructuras, sino que también contemplen su operación, mantenimiento y adaptación a desafíos como el cambio climático.

La coordinación entre el sector público, privado y la cooperación internacional es esencial para mejorar la inversión en gestión hídrica. Los puntos clave incluyen:

- **Marco regulatorio estable:** Es fundamental para incentivar la inversión y asegurar la transparencia en la gestión de fondos, así como una colaboración público-privada sinergética en la provision de Bienes públicos. Un marco regulatorio claro y consistente proporciona seguridad jurídica y garantías financieras, lo que fomenta la participación del sector privado. Es decir, que sea estable y claro para promover inversiones, pero al mismo tiempo anticipe el posible conflicto de intereses que es inherente a la relación entre una principal y un agente (un ente que comisiona y uno que ejecuta), para garantizar que esta participación del sector privado sea efectiva y aporte a la sostenibilidad de largo plazo (ambiental, económica y financiera).

- **Participación del sector privado:** La implicación del sector privado depende de la existencia de incentivos económicos atractivos. Es necesario generar mecanismos de seguridad jurídica y garantías financieras que fomenten su participación. Además, la gobernanza transparente y un marco normativo adecuado favorecen la participación del sector privado no solo desde el punto de vista financiero, sino también tecnológico y de conocimiento siempre con reglas claras que permitan y garanticen la sostenibilidad operativa a largo plazo.
- **Fortalecimiento institucional:** Es crucial que los actores encargados de gestionar las inversiones cuenten con herramientas técnicas y operativas para administrar eficientemente los recursos. La capacidad institucional debe ser fortalecida para asegurar una gestión eficaz y sostenible de los proyectos, específicamente en aspectos técnicos, administrativos y legales.
- **Alianzas multisectoriales:** La promoción de alianzas y experiencias de financiamiento multisectorial es esencial. Los modelos de financiamiento deben ser adaptables a distintas realidades nacionales, permitiendo una colaboración efectiva entre diferentes sectores económicos y actores del sector público, privado, filantrópico

y de la sociedad civil, estas alianzas pueden concebir la financiación de varios actores para el mismo proyecto de inversión.

Para asegurar un esquema de financiamiento estable a largo plazo, es crucial considerar los siguientes factores:

- **Evitar dependencia de presupuestos públicos:** Fomentar una combinación de distintas fuentes de financiamiento es esencial para la sostenibilidad de los proyectos. La dependencia exclusiva de fondos públicos puede ser riesgosa, por lo que es importante diversificar las fuentes de financiamiento
- **Apoyo público:** Aunque es fundamental, el apoyo público debe ser complementado con otras fuentes de financiamiento para generar confianza en los inversores privados y asegurar la sostenibilidad de las inversiones a largo plazo
- **Estudios de viabilidad:** Realizar estudios previos de viabilidad es crucial para determinar las mejores estrategias de financiamiento. Estos estudios ayudan a identificar las fuentes de financiamiento más adecuadas y a evaluar la viabilidad económica de los proyectos.
- **Normativa adecuada:** La normativa nacional e internacional debe facilitar la inversión y los incentivos financieros en infraestructura hídrica. Un marco normativo claro y favorable es esencial para atraer inversión externa y garantizar la sostenibilidad de los proyectos.
- **Opciones innovadoras:** Bonos verdes o fondos climáticos son opciones innovadoras que pueden atraer inversión externa. Estas alternativas permiten diversificar las fuentes de financiamiento y reducir la dependencia de fondos públicos.

Para que un mecanismo financiero sea viable y eficiente, se necesita considerar las siguientes condiciones:

- **Recursos económicos sostenibles:** Garantizar el mantenimiento de infraestructuras hídricas requiere asegurar recursos económicos sostenibles. La dependencia de fuentes esporádicas de financiamiento puede comprometer la continuidad y eficacia de los proyectos.
- **Regulación de tributos y tarifas:** Los tributos y tarifas deben estar regulados legalmente, asegurando su aplicación con criterios claros y equitativos. La construcción de elementos tributarios finalistas contribuye a la recuperación de costes y a la sostenibilidad financiera de los proyectos.
- **Compromiso de la población:** La población comprometida firmemente con el pago del servicio contribuye a su sostenibilidad a largo plazo. La sensibilización y educación de la ciudadanía son esenciales para fomentar el apoyo y la participación en los proyectos de gestión hídrica.
- **Alineación de fondos internacionales:** La alineación de los fondos internacionales con estrategias nacionales garantiza su integración efectiva en los objetivos de inversión en agua. La colaboración internacional es clave para acceder a recursos adicionales y fortalecer la capacidad financiera de los proyectos.
- **Mecanismos de obtención de información:** Desarrollar mecanismos de obtención de información y metodologías que permitan la cuantificación de pérdidas y daños en determinadas situaciones hidrológicas favorece la asignación de inversiones. La información precisa y oportuna es esencial para la toma de decisiones y la gestión eficiente de los recursos.

- **Adaptabilidad frente a crisis:** Los mecanismos financieros deben ser viables y sostenibles para cubrir costes operativos y de mantenimiento, y deben ser adaptables frente a crisis. Establecer incentivos para la gestión eficiente, el reúso, etc., es crucial para asegurar la continuidad y eficacia de los proyectos.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 3 GRUPO DE TRABAJO FINANCIAMIENTO DE LOS PLANES HIDROLÓGICOS	3

Resumen de reunión

(1)Objeto de la reunión

Se trata de la tercera reunión celebrada el día 2 de abril de 2025 en el marco del Grupo de Trabajo sobre Financiación de Planes Hidrológicos. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera y segunda sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo definir los principales lineamientos que servirán para abordar esta temática en la guía de planificación. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Portavocía:

Juan Saldaña (República Dominicana) y Mónica Altamirano (CEPAL)

Listado de participantes:

- Juan Saldaña – República Dominicana
- Mónica Altamirano - CEPAL
- Mauricio Cerna – SG/OEA
- Fabiola Tábora- GWP
- Iván Leonardo Soto Diaz - GWP
- Andrea Hernández Marín - España
- Víctor Manuel Arqued Esquía – España (Apoyo técnico a FCAS-AECID)
- Carlota Real - CAF
- Laura Bernstein - Argentina

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso - AECID
- Maria de los Ángeles Ramos Collado - TRAGSATEC
- Macarena Muñoz Diaz - AYESA
- Gonzalo Lopez-Montenegro - AYESA
- Jorge Prieto Mera – AYESA

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(2) Identificación de actores clave.

La financiación de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH) requiere la colaboración de múltiples actores, tanto del sector público como privado. En este sentido,

¿Cuáles son los principales desafíos que enfrentamos para coordinar a estos actores y asegurar que los recursos financieros se gestionen de manera efectiva?

¿Qué barreras existen en la relación público-privada que podrían dificultar esta coordinación y cómo podemos superarlas?

- Se subrayó la necesidad de contar con **marcos legales claros y actualizados** que permitan implementar instrumentos económicos y estructurar mecanismos de colaboración entre el sector público, privado y la cooperación internacional.

- Se destacó que muchas **plataformas de gestión, como los consejos o comités de cuenca**, carecen de reconocimiento legal o competencias reales en varios países, lo que limita su capacidad para coordinar inversiones o tomar decisiones estratégicas.
- Se remarcó la **ausencia de estructuras intersectoriales operativas**, lo que impide articular adecuadamente las agendas de los sectores agua, ambiente, finanzas y desarrollo.
- Se señaló que a menudo no se logran estructurar **proyectos "bancables"** debido a la falta de conexión entre quienes diseñan los planes hidrológicos y quienes manejan las finanzas públicas o privadas.
- Se subrayó que la participación del sector privado es **necesaria para lograr una gestión sostenible del agua**, especialmente frente a los retos del cambio climático y la necesidad de inversiones a largo plazo.
- Se remarcó que esta participación del sector privado no debe limitarse solo a aportar financiación, sino que debe **aprovecharse también su experiencia en eficiencia, innovación y optimización de procesos**.
- Se planteó que la clave está en generar **alianzas público-privadas**, aunque con participación mayoritaria del sector público para preservar los intereses generales.
- Se planteó la necesidad de contar con **profesionales puente o perfiles híbridos**, capaces de traducir el lenguaje técnico en propuestas comprensibles y viables para el mundo financiero y viceversa.
- También se apuntó que es difícil encontrar **actores "bisagra"** que faciliten el entendimiento y la comunicación entre los mundos público y privado.
- Se propuso **acompañar cualquier participación privada con plataformas de transparencia** e **informes periódicos** que muestren cómo se están ejecutando las inversiones. Generación de mecanismos de transparencia y rendición de cuentas. Además de definir indicadores de monitoreo de los impactos que se generan con las inversiones.
- Se remarcó la importancia de **formar personal especializado** en gestión de financiamiento y alianzas público-privadas dentro del sector público.
- Se compartió la propuesta de crear un **ambiente habilitador** con:
    - Base científica clara para orientar la priorización de inversiones.
    - Monitoreo de eficacia de las soluciones riguroso para evaluar resultados.
    - Modelos de vulnerabilidad y resiliencia que traduzcan impactos en términos económicos y sociales comprensibles para todos los actores.

(3) Análisis de las Posibles Fuentes de Financiación (diversificación).

¿Qué papel juegan los instrumentos económicos, como las tarifas hídricas y los pagos por servicios ambientales, en la sostenibilidad financiera de los Planes de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (PGIRH)?

Además, ¿cómo podemos integrar un planteamiento de recuperación de costos en el régimen económico-financiero de los PGIRH para asegurar su viabilidad a largo plazo?

- Se insistió en que, para lograr sostenibilidad financiera, el agua debe poder **financiar su propia gestión**, lo que implica establecer estructuras de tarifas, cánones y tributos adecuados que aseguren la cobertura de costos operativos y de mantenimiento.

- Se destacó que **sin un marco legal habilitante** no es posible aplicar tarifas ni exigir pagos por el uso del recurso, lo que constituye una barrera crítica en muchos países.
- Se recalco la necesidad de llevar a cabo **reformas legislativas** que incorporen instrumentos de sostenibilidad financiera, dotando a los organismos de gestión del agua de **capacidad normativa y operativa para recuperar costes**.
- Se abordó la idea de que las tarifas deben ser **progresivas y diferenciadas**, considerando la capacidad de pago, los usos del agua y criterios de equidad social, de modo que quienes tienen menor capacidad económica puedan estar subsidiados.
- Se subrayó que esta transición supone un **reto de concienciación social**, dado que implica introducir **tributos o tarifas por servicios que anteriormente se ofrecían gratuitamente**, lo cual puede generar resistencia.
- En este sentido, se sugirió que se podría **comenzar aplicando estos sistemas a usuarios con mayor capacidad económica**, como las industrias o los generadores hidroeléctricos.
- Se presentaron **experiencias nacionales positivas** en las que las tarifas hídricas permiten financiar directamente acciones de los planes hidrológicos, especialmente a través de empresas municipales o fondos específicos. Se compartieron ejemplos de países, como El Salvador, donde se han dado pasos importantes para revertir la visión del agua únicamente como un derecho gratuito y avanzar hacia una **gestión integrada con criterios de sostenibilidad económica**.
- Se remarcó la necesidad de **superar la dependencia de presupuestos públicos**, ya que el sector agua frecuentemente compite con otros sectores prioritarios como salud o educación, y sufre de inestabilidad presupuestaria.
- Se propuso explorar la incorporación de tarifas a partir de **nuevos servicios asociados al agua**, como el control de escorrentías, recarga de acuíferos, monitoreo ambiental o soluciones basadas en la naturaleza, lo que permitiría ampliar las fuentes de ingreso del sistema. También otros **como un tipo de "seguro" para asegurar el acceso al agua en épocas secas**, lo que puede justificar el pago por un servicio adicional y dar viabilidad económica a los sistemas.
- También se reflexionó sobre la **importancia de contar con capacidades técnicas locales** para ejecutar eficientemente los recursos recaudados, garantizando la confianza en el sistema y su legitimidad social.
- Se remarcó la importancia de contar con **indicadores de desempeño e información de usuarios y beneficiarios** para diseñar esquemas tarifarios equitativos y eficaces.
- También se planteó la necesidad de que cada país avance en el diseño de **sistemas de financiación propios**, sin depender únicamente de cooperación internacional o donaciones.
- Finalmente, se hizo énfasis en que la **implementación debe ser progresiva**, adaptada a cada contexto institucional y con apoyo de cartas de entendimiento entre agencias públicas, sector privado y actores internacionales.

(4) Instrumentos y Mecanismos de Financiamiento.

¿Cómo pueden los fondos verdes y el financiamiento climático ser aprovechados para atraer inversión en la gestión del agua?

¿Qué mecanismos existen para acceder a estos fondos y qué requisitos deben cumplir los proyectos de gestión hídrica para ser elegibles?

- Se abordaron los desafíos comunes que enfrentan los países para acceder a fondos climáticos y de cooperación internacional, especialmente los orientados a resiliencia climática o soluciones basadas en la naturaleza (SbN).
- Se subrayó que **los procedimientos para acceder a estos fondos son habitualmente complejos y muy lentos**, lo que desalienta la presentación de propuestas por parte de muchos países.
- La **elegibilidad de los proyectos está sujeta a criterios estrictos**, lo que genera una elevada carga administrativa y deja fuera a propuestas que, aunque relevantes, no cumplen con todos los requisitos formales.
- Se señaló que **muchos países no tienen experiencia técnica ni institucional** para navegar los procesos de aplicación a estos fondos, lo que representa una barrera de entrada significativa. Por tanto, el no poder **formular propuestas completas** reduce la posibilidad de éxito, y en algunos casos los países **dependen de asistencia externa** para preparar las solicitudes.
- Además, estos fondos están frecuentemente **enfocados a tipos de infraestructura o proyectos muy específicos**, como las SbN, lo que limita su aplicabilidad a necesidades más amplias de gestión hídrica o gobernanza del agua.
- Se enfatizó que **los fondos deben ser considerados como complementarios (coyunturales)**, sin asumir que estarán siempre disponibles o que podrán cubrir todas las necesidades del sistema hídrico.
- En el debate se compartieron enlaces útiles (como el portal de contribuciones nacionales de la CMNUCC y ejemplos de normativas nacionales) que podrían orientar a los países en la preparación de propuestas y en el fortalecimiento del marco normativo habilitante.
    - NDC 3.0 | CMNUCC
    - Texto completo | Argentina.gob.ar
- Finalmente, se remarcó la necesidad de avanzar en **estrategias regionales y de intercambio de experiencias** para que los países con menos experiencia puedan aprender de aquellos que ya han accedido exitosamente a este tipo de financiamiento.

(5) Conclusiones generales

La tercera sesión del Grupo de Trabajo sobre Financiación en los planes hidrológicos se centró en discutir con mayor profundidad tres ejes clave: el papel del sector privado, la sostenibilidad financiera a través de tarifas y priorización de inversiones, y el acceso a fondos climáticos internacionales. La discusión permitió recoger experiencias concretas, identificar desafíos estructurales y proponer estrategias viables para avanzar hacia un financiamiento más eficiente, justo y sostenible de la gestión hídrica. A continuación, se resumen las principales conclusiones derivadas del debate.

1. **Impulso a la participación estructurada del sector privado**
    - La participación del sector privado en la financiación hídrica es vista como necesaria, pero requiere un entorno habilitador claro. Se destacó la importancia de definir marcos normativos que regulen su rol, brindar formación especializada en gestión financiera pública y generar confianza mediante transparencia y rendición de cuentas.
    - Existen obstáculos como la reticencia del sector privado, la falta de incentivos claros y la escasa institucionalización de los organismos de cuenca. Para

superarlos, se propone fomentar alianzas público-privadas con participación pública mayoritaria, acompañadas de plataformas de seguimiento de inversiones.

- Además, se valoró la necesidad de utilizar evidencia técnica (monitoreo riguroso, indicadores de resiliencia, análisis de vulnerabilidad) para comunicar los beneficios y retorno potencial de las inversiones, tanto para actores públicos como privados.

2. **Avanzar hacia esquemas sostenibles de tarifas e inversión**

- Se reiteró que no se puede depender únicamente de financiamiento externo y que el agua debe tender a financiarse a sí misma. Para ello, se debatió la importancia de avanzar hacia sistemas de tarifas diferenciadas por tipo de uso, comenzando por sectores con alta capacidad de pago como los hidroeléctricos.
- Este enfoque enfrenta resistencias por consideraciones sociales, culturales y políticas (como la percepción del agua como derecho y no servicio). Se subrayó el reto de concienciar a la ciudadanía sobre la necesidad de nuevas tarifas o tributos, sobre todo si están vinculados a mejoras tangibles o servicios nuevos como seguros hídricos en épocas secas.
- Se compartieron experiencias (como en El Salvador) donde reformas legales han permitido transitar hacia esquemas más sostenibles, y se enfatizó que deben establecerse criterios claros de priorización de inversiones, considerando sostenibilidad y retorno social.

3. **Mejorar el acceso a fondos climáticos internacionales**

- El acceso a fondos climáticos (como el Fondo Verde o el Fondo de Adaptación) sigue siendo limitado por la alta complejidad de los procedimientos, la falta de experiencia técnica en muchos países y los criterios de elegibilidad muy exigentes.
- Estos fondos suelen estar destinados a proyectos muy específicos (como SbN o infraestructuras de resiliencia), lo que puede restringir su utilidad si no existe alineación con las prioridades locales o capacidades nacionales.
- Se recomendó promover instancias de formación y cooperación entre países para compartir aprendizajes sobre acceso a fondos y fortalecer capacidades institucionales.
- También se destacó que estos fondos deben verse como complementarios y no como fuente estructural, por lo que los países deben avanzar en esquemas de cofinanciamiento y sostenibilidad local de largo plazo.

Actas GT Fenómenos extremos y cambio climático

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 1 GRUPO DE TRABAJO CONSIDERACIÓN DE LOS FENÓMENOS EXTREMOS Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	1

Objeto de la reunión

Se trata de la primera reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo sobre «Consideración de los fenómenos extremos y adaptación al cambio climático», donde se hace una primera puesta en común de las distintas perspectivas a considerar para abordar esta temática en los planes de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes, buscando que las peculiaridades y heterogeneidades propias de la realidad iberoamericana queden tomadas en consideración a la hora de establecer la Guía sobre Planificación Hidrológica.

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Incorporación del cambio climático y los fenómenos extremos al proceso de planificación hidrológica

- La planificación hidrológica, al ser un proceso cíclico, permite actualizar continuamente las estrategias y medidas de adaptación al cambio climático. En Europa, este ciclo se repite cada 6 años, integrando nueva información sobre eventos extremos y tendencias climáticas.
- Se plantea que los fenómenos extremos están dejando de ser excepcionales, ya que el cambio climático aumenta su frecuencia e intensidad. Esto obliga a reconsiderar su tratamiento en la planificación, asegurando que las estrategias sean suficientemente flexibles para responder a eventos cada vez más frecuentes.
- Se discute si estos eventos deben abordarse dentro de los **planes hidrológicos generales** o mediante **planes específicos**. En países como España, se gestionan con:
    - **Planes de sequía**, que establecen estrategias para gestionar reducciones prolongadas y extraordinarias de disponibilidad de agua, mitigando sus efectos.
    - **Planes de gestión de inundaciones**, que mitigan los impactos de eventos extremos de precipitaciones, avenidas e inundaciones, generalmente tratados por separado, pero con fuertes sinergias con los planes hidrológicos.

(2) Seguridad hídrica y Gestión de recursos

- Se reconoce la necesidad de equilibrar **objetivos ambientales y socioeconómicos**, asegurando el acceso al agua en cantidad y calidad suficientes para el bienestar humano y el desarrollo productivo.
- La planificación hidrológica debe garantizar un reparto eficiente del agua mediante infraestructuras adecuadas y modelos probabilísticos que aseguren los suministros, incluso en escenarios de variabilidad climática.
- Sin embargo, los fenómenos extremos **desafían estos esquemas de garantía**, ya que pueden alterar la disponibilidad de agua más allá de lo previsto en los planes. Esto requiere estrategias adicionales de mitigación y planes de emergencia específicos para responder a situaciones críticas.
- En Chile, la **Ley Marco de Cambio Climático** ha establecido la seguridad hídrica como un eje prioritario, definiendo la capacidad de acceder al agua en cantidad y calidad adecuadas para el desarrollo socioeconómico, la salud pública y la

sustentabilidad de los ecosistemas. Este enfoque podría servir de referencia para la planificación en otros países de la región.

(3) Adaptación al Cambio Climático y Gestión de Eventos Extremos

- Se enfatiza la importancia de aprender de experiencias previas y fortalecer la **resiliencia en la planificación**, permitiendo que cada ciclo de revisión incorpore lecciones aprendidas sobre eventos extremos recientes.
- Se resalta la necesidad de diseñar infraestructuras considerando **nuevas escalas de riesgo y periodos de retorno**, ya que **las series de datos hidrometeorológicos ya no pueden entenderse como estadísticamente estacionarias** debido al cambio climático. Esto implica revisar los criterios tradicionales de planificación para reflejar la nueva realidad climática.
- Se discute si la adaptación al cambio climático debe formar parte del **Plan Hidrológico General o tratarse mediante planes complementarios**. La decisión dependerá del contexto institucional y territorial de cada país, siendo crucial contar con flexibilidad para integrar soluciones a diferentes escalas.

(4) Diferenciación entre Eventos Extremos y Variabilidad Climática

- Se destaca la importancia de distinguir entre eventos meteorológicos extremos (ocurrencias puntuales e impredecibles) y **variabilidad climática** (cambios progresivos en los patrones hidrológicos).
- Esta diferenciación es clave para definir estrategias de planificación adecuadas, ya que confundir impactos coyunturales con tendencias climáticas puede derivar en decisiones ineficaces. Mientras que los eventos extremos requieren planes de respuesta inmediata, la variabilidad climática exige medidas estructurales de largo plazo.

(5) Nuevos Enfoques en la Planificación Hidrológica

- Se menciona la exigencia de que los planes hidrológicos incorporen un Plan Específico de Adaptación al Cambio Climático, que contemple un análisis detallado de **peligro, vulnerabilidad y exposición**. Este enfoque permite anticipar riesgos y desarrollar estrategias de mitigación eficaces.
- Se enfatiza que este análisis debe realizarse en la etapa inicial del proceso de planificación, permitiendo que las estrategias de adaptación se integren desde el principio y sean consideradas en la toma de decisiones, no como respuestas tardías a eventos ya en curso.
- También se destaca la necesidad de mejorar la **recopilación y análisis de datos hidrológicos**, ya que la falta de información detallada y en tiempo real puede limitar la capacidad de respuesta. Es fundamental fortalecer los sistemas de monitoreo y modelización para una gestión más eficiente del recurso hídrico en escenarios de cambio climático.

Conclusiones generales

La planificación hidrológica debe evolucionar para responder de manera efectiva a los desafíos del cambio climático. Se requiere un enfoque flexible que permita integrar la seguridad hídrica, mejorar la gestión de fenómenos extremos y adaptar infraestructuras a nuevas realidades climáticas. Además, la incorporación de estrategias de adaptación dentro

de los planes hidrológicos y el fortalecimiento de la base de datos científica serán clave para la toma de decisiones informadas y la construcción de sistemas hídricos resilientes.

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la primera reunión del grupo de trabajo de consideración de los fenómenos extremos y adaptación al cambio climático:

- El cambio climático exige una evolución constante en la planificación hidrológica.
- Los fenómenos extremos deben ser considerados dentro de la planificación hidrológica, pero con estrategias flexibles.
- La seguridad hídrica debe ser el eje central de la planificación.
- Es necesario replantear los modelos estadísticos y criterios de diseño de infraestructuras.
- La diferenciación entre eventos extremos y variabilidad climática es clave para una planificación efectiva.
- Los planes hidrológicos deben incorporar explícitamente estrategias de adaptación al cambio climático.
- La recopilación y análisis de datos es fundamental para mejorar la toma de decisiones.

En este marco, se espera que la Guía pueda señalar directrices sobre dos elementos diferenciados: 1) la forma de tomar en consideración los efectos del cambio climático sobre la planificación y gestión de las aguas y 2) la diferenciación de los problemas ligados a los fenómenos extremos, considerando como tales aquellos que salen del rango de la variabilidad normal de los sistemas hidrológicos.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 2 GRUPO DE TRABAJO FENÓMENOS EXTREMOS Y CAMBIO CLIMÁTICO	2

Resumen de reunión

(1) Objeto de la reunión

Se trata de la segunda reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo sobre Fenómenos extremos y adaptación al Cambio Climático. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo definir los principales lineamientos que servirán para abordar esta temática en los planes hidrológicos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Listado de participantes:

- Pamela García Serrano – Chile
- Carla Llama - Chile
- Adriana Piperno - Uruguay
- Camila Tori - UNESCO
- Herberth Villavicencio – Costa Rica
- Víctor Manuel Arqued Esquía – España

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso
- María de los Ángeles Ramos Collado
- Macarena Muñoz Diaz
- Gonzalo López-Montenegro
- Jorge Prieto Mera

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(2) Evaluación de la Intensificación de los Fenómenos Extremos y riesgos asociados.

En distintas regiones se han observado cambios en los patrones de sequías e inundaciones. ¿Cómo se puede saber si estos cambios forman parte de la variabilidad climática normal o si representan una tendencia que requiere nuevas estrategias de gestión?

- Se resaltó la importancia de realizar **estudios sostenidos en el tiempo y en la escala adecuada** para evaluar con precisión los cambios en los patrones hidrológicos y determinar si corresponden a la variabilidad climática normal o a una tendencia de largo plazo. Los análisis estadísticos permiten determinar si los nuevos datos que se van registrando pertenecen a la misma familia que los existentes.
- No es suficiente con la **observación aislada de eventos extremos**, es necesario desarrollar un **análisis de tendencias basado** en datos a largo plazo, integrando metodologías robustas que permitan diferenciar la evolución natural del clima de los efectos del cambio climático.
- Se enfatizó la necesidad de fortalecer la evaluación de impactos en los sistemas hídricos, analizando cómo los eventos extremos afectan la disponibilidad de agua, la infraestructura y los ecosistemas.
- Se destacó la **interconexión entre los organismos científicos, la academia y las entidades de gestión del agua**, promoviendo el acceso a información fiable para la

toma de decisiones. La integración de modelos científicos con herramientas operativas permite anticipar escenarios futuros y diseñar estrategias de adaptación adecuadas.

- Actualmente, los datos de observación indican un aumento en la frecuencia e intensidad de sequías e inundaciones en diversas regiones. Se resaltó que la tendencia observada en muchas cuencas requiere una actualización de los planes de gestión del agua, adaptándolos a **escenarios de mayor incertidumbre**. ¿Cómo aplicar criterios de garantía en este nuevo escenario?.

(3) Evaluación de la Vulnerabilidad y Resiliencia de los Sistemas Hídricos.

Algunas infraestructuras hídricas colapsan o pierden funcionalidad al ser más vulnerables ante eventos extremos, mientras que otras parecen resistir mejor. ¿Qué características determinan esta diferencia y cómo pueden aplicarse estas lecciones a otros sistemas para mejorar su resiliencia?

- Se enfatizó la necesidad de evaluar y revisar el **diseño y funcionalidad de las infraestructuras hidráulicas**, con información y metodologías actualizadas, dado que muchas fueron diseñadas y construidas bajo condiciones climáticas pasadas y no están preparadas para enfrentar eventos extremos cada vez más intensos y frecuentes.
- Se mencionó que es crucial incluir el **concepto de resiliencia** en la planificación y diseño de infraestructuras, tomando en cuenta el aumento de eventos extremos y la mayor irregularidad en los caudales.
- La resiliencia de las infraestructuras depende en gran medida de la **disponibilidad de datos de observación adecuados y fiables**, lo que permite diseñarlas con criterios actualizados y adaptadas a escenarios climáticos cambiantes.
- Se destacó que **el aumento de la irregularidad en los eventos extremos** obliga a revisar y actualizar los estándares de seguridad de las infraestructuras hidráulicas, dado que nos encontramos ante periodos de retorno más cortos o intensidades mayores para los mismos periodos de retorno. habrá que considerar variaciones en los periodos de retorno y mayores intensidades de los fenómenos hidrometeorológicos, tanto en términos de seguridad como de diseño.
- Se recomendó desarrollar **estrategias de actuación diferenciadas** según el tipo de infraestructura y los riesgos específicos a los que están expuestas, priorizando soluciones adaptativas que minimicen el impacto de eventos extremos. La utilización de soluciones basadas en la naturaleza abre una nueva perspectiva en construcción de infraestructuras más resilientes.
- Es necesario plantearse una **estrategia de adaptación** que para cada problema identifique riesgo y vulnerabilidad, para identificar, así, soluciones adaptadas.
- Se propuso fortalecer el mantenimiento de infraestructuras clave, como embalses, puentes y bocatomas, para reducir su vulnerabilidad ante fenómenos extremos.

(4) Modelización y Simulación de Escenarios Hidrológicos.

Dado que los fenómenos extremos son difíciles de predecir con exactitud, ¿qué métodos podrían ayudar a anticipar sus efectos y tomar decisiones más informadas?

- Se resaltó que la modelización es una herramienta clave para la planificación y respuesta ante eventos extremos, pero debe estar respaldada por **datos detallados y de calidad y un monitoreo en tiempo real** para así mejorar la calidad de las modelaciones y la precisión de las proyecciones. Hay que trabajar sobre lo que se puede producir a futuro.

- Como al hablar de este tipo de escenarios la exactitud no existe, es necesario hablar de riesgo y probabilidad. Involucrar a la población es imprescindible.
- Con los modelos hidrológicos se pueden **establecer umbrales de alerta y estimar áreas de inundación**, lo que facilita la planificación y gestión del riesgo en las zonas vulnerables.
- Es fundamental contar con **monitoreo constante en línea**, asegurando que los datos recopilados se actualicen en tiempo real y permitan tomar decisiones informadas de manera oportuna.
- Se destacó la importancia de la **definición de cotas de afectación**, es decir, niveles de referencia que permitan identificar con anticipación qué áreas podrían verse más impactadas por eventos extremos, habiendo asociado grados de exposición y vulnerabilidad a dichos niveles.
- Para garantizar una mejor aplicación de los modelos en la toma de decisiones, se enfatizó que la información técnica generada debe ser **comprensible y accesible para los gestores y responsables de emergencias**.
- Se recomendó fortalecer los **sistemas de alerta temprana**, vinculándolos a modelos predictivos que permitan definir estrategias de respuesta en función de la vulnerabilidad de cada territorio.
- Adicionalmente, se destacan por su importancia los planes específicos que recojan: regulación, organización institucional, sistemas de diagnóstico y alertas, medidas, y participación pública.

(5) Afección del Cambio climático sobre las demandas.

Asumiendo la necesidad de tener en cuenta la afección del cambio climático sobre los recursos hídricos y el efecto que este puede tener en la atención de las demandas ¿considera necesario también considerar el efecto que el cambio climático podría tener sobre las demandas y específicamente sobre la demanda agrícola? ¿cómo podría abordarse este tema en los planes hidrológicos?

- Se concluyó que, además de afectar la disponibilidad de agua, el cambio climático impacta significativamente la **demanda hídrica**, especialmente en el sector agrícola que tiene un alto valor estratégico y económico, pero no sólo en este sector, también para la demanda urbana. Esto requiere un enfoque integral en la planificación hidrológica.
- Se destacó la necesidad de considerar el equilibrio entre la **seguridad hídrica y la productividad agrícola**, asegurando que el aumento de la producción no genere un impacto negativo en los ecosistemas ni comprometa la disponibilidad de recursos para otros sectores, al mismo tiempo que no se afecta la seguridad alimentaria.
- Se subrayó la importancia de la **transversalidad en la gestión de la demanda**, promoviendo un equilibrio entre la salud de los ecosistemas y el consumo hídrico, lo que requiere políticas coordinadas entre sectores.
- Se advirtió sobre el riesgo del **efecto rebote**, donde mejoras en la eficiencia del riego pueden traducirse en una expansión de las áreas de cultivo en lugar de una reducción del consumo de agua. Para mitigar este efecto, es fundamental desarrollar regulaciones y estrategias que fomenten el uso sostenible del recurso.
- Se enfatizó la importancia de mejorar la **eficiencia de los sistemas de riego**, asegurando que las inversiones en la mejora de esta eficiencia realmente reduzcan la demanda y no solo optimicen su uso sin un impacto positivo en la disponibilidad de agua.

- La planificación hidrológica debe considerar la **demanda de agua para otros usos**, como el abastecimiento urbano e industrial, asegurando una asignación equitativa del recurso que no genere conflictos ni crisis hídricas en el futuro.
- Pensando en la consideración del cambio climático en las demandas, hay que tener en cuenta las dificultades metodológicas que se plantean. Siendo la demanda agrícola en general la mayor con diferencia de todos los usos, hay muchos factores condicionantes de futuro, como por ejemplo el mercado, la aplicación de buenas prácticas, los aranceles, etc que condicionarán de forma transcendental la elección de cultivos en el futuro.
- Finalmente, se destacó que cualquier estrategia debe considerar los efectos del cambio climático en el crecimiento demográfico y las necesidades futuras de agua, estableciendo medidas preventivas que garanticen la sostenibilidad del recurso a largo plazo.

(6) Estrategias de Adaptación y Mitigación en la Gestión Integrada del Agua.

En un contexto donde los eventos climáticos extremos son cada vez más comunes, ¿qué tipo de medidas pueden hacer que los impactos en el agua sean menos severos?

- Se identificó la necesidad de diseñar **planes de adaptación alineados con la planificación hidrológica**, asegurando que las medidas de mitigación del cambio climático se integren en la gestión del recurso hídrico.
- La **educación ambiental** fue resaltada como un pilar clave en la implementación de estrategias de adaptación, promoviendo la concienciación sobre el uso responsable del agua y la adopción de buenas prácticas, desde los hogares hasta los distintos sectores productivos.
- Se enfatizó la **importancia de contar con guías y sistemas de buenas prácticas**, que sirvan de referencia para optimizar la gestión del agua en distintos sectores.
- Se destacó el pago por servicios ambientales, que incentiva actuaciones, en muchos casos mitigadoras del CC, aunque sea a pequeña escala, como por ejemplo el mantenimiento de la cobertura forestal.
- La planificación territorial (usos del suelo), debe considerar la **distribución y uso del agua**, asegurando un equilibrio entre las necesidades ambientales, sociales y económicas. Debe llegarse a acuerdos mediante la comunicación entre las partes interesadas, a través de mesas y consejos de cuenca, para evitar conflictos.
- Las soluciones no son únicas, pasan por enfoques múltiples, incluyendo involucrar al sector privado, transferir el conocimiento, SbN, educación, diversificación de fuentes de suministro… Siempre precedidas de un análisis de riesgos.
- Se destacó la necesidad de enfocar las estrategias de mitigación en los **grandes productores de agua**, que son los que ejercen mayor presión sobre los recursos hídricos, promoviendo la eficiencia en su consumo y el desarrollo de tecnologías sostenibles.
- Se resaltó la relevancia de **diseñar infraestructuras multifuncionales**, permitiendo que una misma inversión pueda servir para distintos usos y garantizar una mayor resiliencia ante eventos climáticos extremos.
- Finalmente, se concluyó que **todas las medidas deben ser complementarias** y no excluir ninguna estrategia viable, combinando enfoques estructurales y no estructurales para una gestión integrada y sostenible del agua. Estas medidas deben estar focalizadas para que penetren en la planificación hidrológica de forma que conecten con la estrategia del país.

(7) Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana y Protocolos de Respuesta.

¿Cómo pueden las comunidades y gestores del agua prepararse mejor para reaccionar con rapidez ante eventos climáticos extremos?

- Se concluyó que la preparación y reacción ante eventos extremos requiere una combinación de **monitoreo continuo, planificación anticipada, coordinación interinstitucional** e implicación de la población.
- Se resaltó la **importancia de aprender de experiencias previas** en la gestión de eventos climáticos extremos, asegurando que los nuevos proyectos incorporen estos conocimientos para mejorar su eficiencia.
- Es necesario vincular a los gestores locales. No se trata sólo de actuar con rapidez, hay hacer una adaptación permanente, conectando con la población y con transferencia de conocimiento. Se precisa: comunicación, capacitación, conocimiento del terreno, tecnologías y financiación.
- Se enfatizó que no basta con desarrollar sistemas de alerta si no se complementan con **procesos de sensibilización y educación** para que las comunidades comprendan los riesgos y respondan adecuadamente.
- La **capacidad de reacción está directamente vinculada al soporte económico disponible**, lo que requiere asegurar financiamiento para implementar medidas efectivas y sostenibles.
- Se propuso el **establecimiento de protocolos de acción diferenciados según los niveles de alerta**, garantizando respuestas escalonadas y adaptadas a la magnitud del evento.
- Se hizo hincapié en la necesidad de contar con **sistemas de diagnóstico objetivo**, que permitan evaluar en tiempo real los impactos potenciales y activar planes de emergencia de manera eficiente.
- Se resaltó la importancia de distinguir entre **sequías e inundaciones**, ya que requieren estrategias y tiempos de respuesta completamente diferentes.
- Se destacó la relevancia de una **acción sostenida en el tiempo**, asegurando que los sistemas de alerta y respuesta se mantengan actualizados y operativos, y que los conocimientos adquiridos se integren en la toma de decisiones futuras.

(8) Conclusiones generales

El cambio climático está alterando la dinámica de los recursos hídricos, intensificando los fenómenos extremos y aumentando la incertidumbre en la planificación hidrológica. Para hacer frente a estos desafíos, es crucial mejorar la observación y modelización de datos, adaptar las infraestructuras, fortalecer la resiliencia de las comunidades y diseñar estrategias de adaptación sostenibles. La planificación hidrológica debe ser flexible, intersectorial y basada en evidencia, integrando sistemas de alerta temprana y medidas de mitigación que permitan minimizar los impactos y garantizar la seguridad hídrica a largo plazo.

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la segunda reunión del grupo de trabajo de fenómenos extremos y cambio climático:

1. **Es imprescindible mejorar el monitoreo y análisis de datos climáticos** para evaluar tendencias, distinguir entre variabilidad natural y cambio climático, y

proyectar impactos futuros en los sistemas hídricos. Para ello, es fundamental fortalecer los sistemas de observación y la integración de información en la toma de decisiones.

2. **Las infraestructuras deben adaptarse a escenarios más extremos**, ya que muchas fueron diseñadas bajo condiciones climáticas pasadas. Es clave evaluar su vulnerabilidad, mejorar su resiliencia e implementar estrategias de mantenimiento y actualización basadas en nuevas condiciones de riesgo.
3. **La modelización hidrológica y los sistemas de alerta temprana son herramientas fundamentales** para anticipar impactos y mejorar la respuesta ante fenómenos extremos. Estos modelos deben estar respaldados por datos de calidad, ser comprensibles para los gestores y la comunidad, e integrarse en protocolos de emergencia efectivos.
4. **El cambio climático afecta tanto la oferta como la demanda de agua**, especialmente en sectores como la agricultura, donde es necesario equilibrar la productividad con la sostenibilidad del recurso. La eficiencia en el uso del agua debe ir acompañada de regulaciones que eviten efectos no deseados, como la expansión del riego en zonas vulnerables.
5. **Las estrategias de adaptación deben ser integrales y multisectoriales**, alineándose con los planes hidrológicos y promoviendo la diversificación de fuentes de suministro, el uso de soluciones basadas en la naturaleza y la planificación territorial sostenible.
6. **El desarrollo de sistemas de alerta temprana y protocolos de respuesta eficaces es clave para minimizar impactos**. Para ello, se requiere financiamiento adecuado, diferenciación de estrategias según el tipo de evento (sequía o inundación), y una acción sostenida en el tiempo que garantice la preparación de comunidades y gestores.
7. **La educación ambiental y la participación pública son esenciales** para fortalecer la resiliencia de las comunidades y de los sistemas hídricos. La transmisión del conocimiento y difusión de información clara, accesible y basada en evidencia científica fomenta la apropiación social de las estrategias de adaptación y la toma de decisiones informadas.

Mayúsculas son de floja , no de gritona Asunto RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 3 GRUPO DE TRABAJO FENÓMENOS EXTREMOS Y CAMBIO CLIMÁTICO	Nº reunión 3

Resumen de reunión

Objeto de la reunión

Se trata de la tercera y última reunión celebrada, el día 1 de abril de 2025, en el marco del Grupo de Trabajo sobre Fenómenos extremos y adaptación al Cambio Climático. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera y segunda sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo definir los principales lineamientos que recogerá la Guía para la elaboración de los planes hidrológicos con visión GIRH y que servirán para abordar esta temática en los mismos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Listado de participantes:

- Herberth Villavicencio – Costa Rica
- Carla Labra Concha – Chile
- Camila Tori - UNESCO
- Kevin Ledezma – Uruguay
- Pamela García Serrano - Chile
- Víctor Manuel Arqued Esquía – España (Apoyo técnico a FCAS-AECID)

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso
- María de los Ángeles Ramos Collado
- Macarena Muñoz Diaz
- Gonzalo López-Montenegro
- Jorge Prieto Mera

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Evaluación de la Intensificación de los Fenómenos Extremos y riesgos asociados.

El cambio climático está intensificando la frecuencia y severidad de los fenómenos extremos, como sequías e inundaciones, lo que representa un desafío para la gestión hídrica.
¿Qué métodos permiten identificar y cuantificar cambios en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos bajo distintos escenarios climáticos?
¿Qué técnicas estadísticas y modelos se utilizan para evaluar estas tendencias y sus impactos en la disponibilidad de agua?

- Se abordó el uso de modelos estadísticos y de simulación para analizar sequías e inundaciones, destacando la necesidad de series largas de datos y la incorporación de microclimas y condiciones topográficas locales.
- Se destacó la importancia de identificar y calcular los períodos de retorno para evaluar la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos. En aquellos lugares donde ya se tienen calculados hace tiempo es recomendable hacer una reevaluación de los periodos de retorno acorde a efectos del cambio climático.
- Se subrayó que es esencial trabajar con series largas de datos para que los análisis estadísticos sean representativos y se pueda disminuir la incertidumbre.

- Es crucial considerar las características climáticas locales y microclimáticas, especialmente en regiones con alta variabilidad en espacios reducidos.
- Se mencionó la utilidad de modelos de simulación hidrológica ajustados a la disponibilidad y calidad de datos locales.
- Se sugirió colaborar e involucrar a universidades y centros especializados con el fin de compartir experiencias y así, fortalecer la base técnica y metodológica de la guía.
- Se ofreció por parte de la UNESCO cierta documentación sobre casos reales de eventos extremos y metodologías como insumos para la guía.
- Se propuso organizar capacitaciones técnicas vinculadas al contenido de la guía, para fortalecer capacidades en la evaluación de fenómenos extremos.
- En ausencia de datos instrumentales confiables se propuso integrar registros históricos de inundaciones y sequías y paleoclimáticos (ej. dendrocronología) como fuente alternativa.

(2) Evaluación de la Vulnerabilidad y Resiliencia de los Sistemas Hídricos.

Los sistemas hídricos enfrentan crecientes amenazas debido a fenómenos extremos como sequías e inundaciones, lo que puede afectar su capacidad de recuperación y sostenibilidad.

¿Cómo se pueden evaluar la vulnerabilidad y la resiliencia de estos sistemas ante estos eventos?

¿Qué metodologías existen para esta evaluación y qué papel juegan los ecosistemas naturales y los factores socioeconómicos en la reducción de los impactos y en la mejora de la resiliencia?

- Se coincidió en que el análisis debe combinar variables hidrometeorológicas, socioeconómicas y ecológicas. Además, se deben tener en cuenta otros aspectos como la financiación, infraestructuras, gobernanza, acceso a la información y participación comunitaria en la gestión de los recursos hídricos con equidad de género.
- Se presentaron metodologías como **índices de vulnerabilidad climática, estrés hídrico y análisis de riesgo**. El uso de estos índices en conjunto con información socioeconómica puede ayudar a priorizar intervenciones en zonas vulnerables.
- Se destacó el papel de los ecosistemas naturales (humedales, bosques ribereños) como infraestructura verde que aporta resiliencia frente a fenómenos extremos.
- Se enfatizó que **las sequías y las inundaciones no son extremos de la misma variable**, ya que presentan características espaciales, temporales y socioeconómicas completamente diferentes.
- Se mencionó la importancia de utilizar instrumentos normativo-administrativos, por ejemplo, en situaciones de sequía, que establezcan áreas de restricción cuando hay un determinado descenso de los niveles piezométricos. Establecimiento de derechos de aprovechamiento provisionales.
- Es fundamental **identificar cómo los cambios en el uso del suelo** incrementan la vulnerabilidad frente a fenómenos extremos.
- Se destacó el papel clave de la **resiliencia ecológica**, que debe evaluarse junto a factores socioeconómicos (análisis socio-ecológico) para entender la capacidad de recuperación de los sistemas hídricos.
- Se mencionó el uso de **métodos de evaluación de la resiliencia de los ecosistemas acuáticos**, incluyendo el análisis de cómo se recuperan ante eventos extremos.

- Es clave realizar **estudios de distribución espacial de la vulnerabilidad** para identificar zonas críticas.
- Se destacó que **la modelización numérica robusta** (mejor cuanto mayor sea la disponibilidad de información) es una herramienta indispensable para estimar impactos de eventos extremos, así como la vulnerabilidad humana y territorial.
- Se mencionó el ejemplo de Chile, donde se aplican medidas de gestión hídrica basadas en índices como el de sequía y estrés hídrico para anticipar impactos y planificar respuestas.

(3) Modelización y Simulación de Escenarios Hidrológicos.

La modelización hidrológica es clave para evaluar cómo el cambio climático afecta la disponibilidad y distribución del agua, ayudando a la toma de decisiones en la gestión hídrica.

¿Cuáles son las principales herramientas de modelización utilizadas para este propósito?

¿Qué desafíos existen en su calibración y validación, especialmente ante la incertidumbre de los escenarios climáticos futuros y la disponibilidad de datos?

- Se resaltó que **siempre es un reto calibrar los modelos**, especialmente cuando se dispone de datos limitados, como se evidenció en experiencias compartidas por Costa Rica.
- Se propuso **reforzar los esfuerzos en la mejora de las estaciones de toma de datos**, no solo en número, sino también en la consistencia y mantenimiento a lo largo del tiempo.
- Se discutió la importancia de la **calidad y resolución de datos** para calibrar modelos. Se expuso un caso en el que la ausencia de datos hizo necesario **generar datos propios** (como modelos digitales de elevación).
- Se compartieron experiencias con modelos como **IBER** (para simulación de inundaciones) y **AQUATOOL** (para sequías).
- Se subrayó que los **modelos deben adaptarse a la calidad y disponibilidad de los datos**, y que aquellos que permiten obtener resultados significativos con datos parciales pueden ser de gran utilidad.
- Se recomendó la **implementación de la inteligencia artificial (IA)** como herramienta para simular escenarios complejos y mejorar la precisión de los modelos.
- Se remarcó la necesidad de **evaluar la variación de cobertura vegetal y cambios antrópicos como expansión de los asentamientos**, ya que modifican las condiciones hidrológicas y, por tanto, deben incorporarse en los escenarios.
- Las **Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)** deben integrarse como parte de los escenarios simulados, considerando la urbanización y densidad poblacional de las distintas zonas.

(4) Estrategias de Adaptación y Mitigación en la Gestión Integrada del Agua.

¿Cuáles son los criterios clave para priorizar inversiones en infraestructura hídrica que promuevan tanto la adaptación al cambio climático como la mitigación, incluyendo medidas de eficiencia energética?

¿Cómo se pueden evaluar los impactos ambientales, sociales y económicos de estas inversiones a largo plazo?

- Se señaló que **los criterios económicos y la disponibilidad de financiamiento** influyen fuertemente en la priorización de actuaciones.
- Las **Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN)** deberían ocupar un lugar prioritario en la toma de decisiones, por sus múltiples beneficios y sostenibilidad.
- Se enfatizó la necesidad de considerar **las condiciones sociales y la implicación de la ciudadanía** en la priorización de intervenciones. Además, es necesario tener en cuenta criterios de resiliencia climática y disminución de la vulnerabilidad.
- Las actuaciones se definen a menudo por **las opciones que logran acceder a financiamiento** o son presentadas por los promotores.
- **El promotor normalmente prioriza** lo que considera más relevante, lo que puede limitar la incorporación de otras alternativas más sostenibles o integradoras.
- Se destacó que **el enfoque técnico no siempre coincide con el enfoque institucional**, lo que puede generar tensiones o contradicciones en la selección de medidas.
- Se recalcó la necesidad de que los diferentes criterios de priorización de actuaciones estén incluidos en la normativa y, por tanto, protegidos legislativamente.
- Existe una **escasa aplicación de criterios integradores**, como la equidad o la reducción de vulnerabilidad, al momento de decidir entre distintas intervenciones.

(5) Desarrollo de Sistemas de Alerta Temprana y Protocolos de Respuesta.

Los sistemas de alerta temprana son fundamentales para reducir el impacto de fenómenos extremos como inundaciones y sequías, permitiendo respuestas más rápidas y eficaces.

¿Cuáles son las características clave que debe tener un sistema de alerta temprana para ser efectivo y accesible para diferentes comunidades?

¿Cómo pueden las comunidades locales involucrarse en su implementación y en la respuesta ante emergencias hídricas para mejorar su resiliencia?

- Se subrayó que las **comunidades locales pueden aportar información valiosa**, especialmente en contextos de emergencia.
- Es crucial fortalecer la comunicación y generar confianza con las comunidades vulnerables, para asegurar su implicación y respuesta eficaz. Ejemplo: comités locales de emergencia que se comunican con las entidades públicas de emergencias.
- Los **modelos de pronóstico funcionales** deben estar disponibles y ajustados a las necesidades locales. Se identificó que los avisos a teléfonos móviles son el método más eficiente para difundir alertas tempranas a gran escala.
- Se deben utilizar **diversos métodos de comunicación**, incluyendo redes sociales, para alcanzar a distintos públicos.
- Esencial contar con sistemas de alerta que estén operativos de forma constante y también modelos de pronóstico.
- La **coordinación entre organismos responsables** es indispensable para que los sistemas de alerta funcionen adecuadamente.

- Se destacó la importancia de contar con reglas y protocolos claros y asegurar su difusión efectiva entre la población.
- **Los sistemas de alerta temprana de inundaciones** deben adaptarse a los distintos contextos y no deben replicarse de forma automática entre regiones. Las características espaciales y temporales diferentes de las sequias hacen que el propio control meteorológico continuo permita identificar la entrada paulatina en periodos de sequía.

Conclusiones generales

Durante la tercera sesión del Grupo de Trabajo sobre Fenómenos Extremos y Cambio Climático, se abordaron en profundidad los desafíos asociados a la intensificación de fenómenos como sequías e inundaciones en el contexto del cambio climático. A través del intercambio de experiencias, se identificaron herramientas clave para su evaluación, criterios técnicos para priorizar intervenciones y propuestas concretas para mejorar los sistemas de monitoreo y respuesta. Las siguientes conclusiones recogen los principales aportes del debate y apuntan a fortalecer la gestión hídrica frente a escenarios cada vez más extremos e inciertos.

1. **Importancia de la calidad y continuidad de los datos hidrometeorológicos**

   Se remarcó la necesidad de contar con series temporales de datos hidrológicos largas y de alta calidad, ya que estas son esenciales para realizar análisis estadísticos robustos, detectar tendencias, calcular periodos de retorno y aplicar modelos predictivos. En regiones donde los datos son escasos, se propuso recurrir a registros históricos de eventos extremos (como inundaciones o sequías) y aplicar índices e indicadores específicos para evaluar la evolución de estos fenómenos bajo distintos escenarios climáticos. Mejorar las estaciones de monitoreo y su mantenimiento a lo largo del tiempo es una tarea prioritaria.

2. **Sequías e inundaciones: dos fenómenos con dinámicas diferentes**

   Aunque comúnmente se consideran opuestos, las sequías y las inundaciones no son dos extremos de la misma variable. Poseen distribuciones espaciales y temporales completamente diferentes, lo cual requiere enfoques técnicos y estrategias diferenciadas. Para abordarlas adecuadamente, se propuso el uso de índices como el Índice de Sequía, el Índice de Estrés Hídrico y mapas de vulnerabilidad y de inundaciones. También se subrayó la importancia de analizar cómo el cambio de uso del suelo incrementa la vulnerabilidad a estos eventos extremos.

3. **Uso de modelización, tecnología e inteligencia artificial**

   Se discutieron herramientas de modelización como IBER para inundaciones y Aquatool para sequías (gestión de recursos), destacando que, en ambos casos, la calibración de los modelos sigue siendo un reto cuando hay datos limitados. Se recomendó mejorar la toma de datos y explorar tecnologías emergentes como la inteligencia artificial para la simulación de escenarios. También se planteó incluir en los modelos las variaciones en la cobertura vegetal y el crecimiento de infraestructuras, elementos que modifican la respuesta del sistema frente a eventos extremos.

4. **Criterios de priorización de actuaciones frente a fenómenos extremos**

   La disponibilidad de financiación influye de manera determinante en qué proyectos se priorizan. Se destacó la necesidad de integrar criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales para orientar las decisiones. Se subrayó que las soluciones basadas en la naturaleza (SbN) deberían recibir mayor atención, por su eficiencia y sostenibilidad. Además, se propuso evaluar el impacto potencial de las actuaciones desde la

planificación, teniendo en cuenta la equidad territorial y la participación comunitaria como elementos clave.

5. **Sistemas de alerta temprana y comunicación eficaz del riesgo**

   Se reconoció el rol crucial que juegan las comunidades en la identificación y comunicación de riesgos, así como su experiencia práctica. Se propuso implementar modelos de pronóstico funcionales combinados con herramientas de difusión adaptadas al contexto local. Los canales de comunicación deben ser accesibles, claros y adaptados a los distintos públicos; los mensajes cortos y directos, enviados a través de teléfonos móviles, fueron señalados como el medio más eficaz. También se insistió en la necesidad de establecer protocolos y reglas claras entre organismos responsables, y fomentar la coordinación multisectorial en la respuesta a eventos extremos.

Actas GT Cuencas transfronterizas

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 1 GRUPO DE TRABAJO COMPARTIR INFORMACIÓN Y EXPERIENCIAS ENTRE PAÍSES CON CUENCAS TRANSFRONTERIZAS	1

Objeto de la reunión

Se trata de la primera reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo sobre «Compartir información y experiencias entre países con cuencas transfronterizas», donde se hace una primera puesta en común de las distintas perspectivas a considerar. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Gobernanza y cooperación en la gestión de cuencas transfronterizas

- La cooperación entre países para la gestión de cuencas transfronterizas es clave para la gestión ordenada y sostenible del recurso hídrico. Se presentaron diversas experiencias exitosas, como el Plan Trifinio entre Guatemala, El Salvador y Honduras, y el Convenio de Albufeira entre España y Portugal.
- Se destacó la importancia de los **acuerdos institucionales y la cooperación de alto nivel político**, que en algunos casos incluyen la participación de vicepresidencias y cancillerías para garantizar su continuidad en el tiempo.
- Los organismos multilaterales como la **OEA, CAF, UNESCO y el CIC Plata** han desempeñado un papel clave en la facilitación de estos acuerdos, promoviendo la gestión conjunta de recursos hídricos compartidos.

(2) Desafíos en la armonización legislativa y normativa

- Existen grandes **asimetrías legales** entre países, que dificultan la cooperación para el manejo de las cuencas y los acuíferos transfronterizos. Algunas naciones carecen de una legislación específica sobre aguas (ej. Guatemala), mientras que otras han avanzado con leyes modernas y mecanismos específicos de gobernanza del agua (ej. El Salvador).
- Diferencias en el reconocimiento del concepto de **aguas transfronterizas** pueden dificultar la firma de acuerdos y la implementación de estrategias conjuntas.
- Se enfatizó la necesidad de fortalecer la **capacidad institucional** de los países para asegurar que los compromisos adquiridos en acuerdos binacionales o regionales puedan implementarse de manera efectiva.

(3) Gestión de la información y ciencia aplicada a la toma de decisiones

- La **generación, intercambio y acceso a la información** son fundamentales para la gestión eficiente de cuencas compartidas. Sin embargo, los países tienen diferencias en sus metodologías de recolección de datos, lo que complica la integración de la información.
- Se destacó la importancia de contar con **plataformas de información compartida**, como las implementadas en la Cuenca del Plata y el Acuífero Guaraní, que permiten mejorar la coordinación en la toma de decisiones.
- Un desafío clave es **cómo hacer llegar la información a las comunidades locales**, especialmente en zonas fronterizas, donde muchas veces no se prioriza la gestión del agua desde los gobiernos centrales.

- Se propuso fortalecer la **ciencia ciudadana** como un mecanismo para involucrar a la sociedad civil en la recolección y uso de datos, promoviendo una mayor apropiación del conocimiento por parte de las comunidades.

(4) Experiencias y buenas prácticas en cuencas transfronterizas

- Se compartieron diversos ejemplos de proyectos exitosos en la gestión de cuencas transfronterizas, entre ellos:
    - **Plan Trifinio (Guatemala, El Salvador, Honduras):** Ejemplo de cooperación regional con respaldo político de alto nivel.
    - **Cuenca del Bermejo (Argentina, Bolivia):** Trabajo con comunidades indígenas y ciencia ciudadana en la generación de datos.
    - **Convenio de Albufeira (España, Portugal):** Ejemplo de cooperación estructurada y diálogo técnico-político constante.
    - **Cuenca del Río Uruguay (Argentina, Brasil):** Enfoque en reducción de inundaciones y adaptación climática.
    - **Puyango-Tumbes (Ecuador, Perú):** Proyecto reciente financiado por CAF con enfoque en gobernanza y fortalecimiento de capacidades.
- En muchos de estos casos, la presencia de **organismos internacionales** ha sido clave para facilitar la cooperación y movilizar financiamiento.

(5) Estrategias para fortalecer la cooperación y sostenibilidad a largo plazo

- Se resaltó la necesidad de establecer **instrumentos y mecanismos de cooperación sostenibles en el tiempo**, que no dependan exclusivamente de proyectos temporales o de la voluntad política del momento.
- Se sugirió trabajar en **acuerdos operacionales y plataformas institucionalizadas**, que trasciendan los cambios de gobierno y permitan mantener la continuidad en la gestión de cuencas compartidas.
- Se destacó la importancia de **espacios de diálogo multiactor**, que incluyan tanto a técnicos como a representantes políticos, para lograr acuerdos efectivos que reflejen las realidades de cada país.

Conclusiones generales

La gestión de cuencas transfronterizas requiere un enfoque integral que combine cooperación política, armonización legislativa, acceso a información confiable y fortalecimiento institucional. Si bien existen experiencias exitosas de colaboración entre países, ciertos desafíos persisten, como por ejemplo la falta de marcos normativos homogéneos, la escasa disponibilidad y accesibilidad de datos compartidos, o la falta de continuidad de los acuerdos en el tiempo. Para superar estas barreras, es fundamental establecer mecanismos de gobernanza estables, promover plataformas de información conjunta y fortalecer las capacidades técnicas y operativas de los actores involucrados. La cooperación debe diseñarse con una visión de largo plazo, asegurando que los acuerdos trasciendan los cambios políticos y permitan una gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos compartidos.

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la primera reunión del grupo de trabajo de «Compartir información y experiencias entre países con cuencas transfronterizas»:

- La cooperación transfronteriza en la gestión del agua requiere un marco institucional sólido.
- Es fundamental armonizar marcos normativos y fortalecer las capacidades institucionales.
- El acceso y uso compartido de información es clave para una gestión eficiente.
- Las experiencias exitosas demuestran que la cooperación es posible y genera beneficios.
- Los acuerdos deben diseñarse con visión de largo plazo.

La Guía debería abordar la cuestión transfronteriza pensando en favorecer una panorámica general de la situación, los casos de éxito en la región, los marcos de referencia que suponen los convenios de Nueva York o Helsinki, y el diagnóstico que a este respecto ofrece el indicador 6.2.1, de los ODS.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 2 GRUPO DE TRABAJO CUENCAS TRANSFRONTERIZAS	2

Resumen de reunión

(1) Objeto de la reunión

Se trata de la segunda reunión celebrada en el marco del Grupo de Trabajo sobre Cuencas Transfronterizas. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo compartir experiencias entre los países con cuencas o acuíferos transfronterizos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Listado de participantes:

- André Matoso - Portugal
- Mauricio Cerna – SG/OEA
- Luciana Sarmento – Brasil
- Chantal Demilecamps – CEPE/ONU
- Axel Martínez – GWP
- Fabiana Bianchi - CAF

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso - AECID
- Maria de los Ángeles Ramos Collado - TRAGSATEC
- Macarena Muñoz Diaz - AYESA
- Gonzalo Lopez-Montenegro – AYESA

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(2) Cuando distintos países comparten un mismo recurso hídrico, ¿cómo pueden trabajar para tener una visión común sobre su condición inicial y las principales problemáticas que lo afectan?

- Se resaltó la necesidad de contar con **datos fiables y accesibles como base para la cooperación transfronteriza**. Sin embargo, se destacó que la información técnica no es suficiente si no se traduce en estrategias y acciones concretas.
- En la gestión de aguas transfronterizas hay dos dimensiones imprescindibles a las que hay que atender: dimensión hidrológica y dimensión social. Diplomacia basada en ciencia.
- Se mencionó la utilidad del **análisis compartido**, por parte de los países implicados, de los **estudios científicos** realizados previamente en las cuencas transfronterizas.
- Se mencionaron experiencias exitosas en América Latina, como los **estudios de evaluación diagnóstica** en la Cuenca del Plata y la Amazonia, que han permitido definir prioridades comunes.
- Se discutió el **rol clave de los sistemas de monitoreo conjunto** y el establecimiento de estándares armonizados para facilitar la gestión de cuencas compartidas.

(3) ¿Qué estructuras (modelos de gobernanza) y tipología de acuerdos o

propuestas de cooperación entre países, pueden garantizar una gestión equitativa y coordinada del agua en una cuenca transfronteriza?

- El marco normativo de los países debería contemplar esa necesidad de compartir y formar acuerdos de cooperación.
- El modelo de gobernanza debe de ser participativo.
- Se revisaron diferentes **estructuras de gobernanza** implementadas en América Latina y Europa, como el Convenio de Albufeira entre España y Portugal o las comisiones de la Cuenca del Plata y la Amazonia.
- Se mencionó que **no todas las cuencas cuentan con acuerdos formales**, y se debatió la importancia de promover **arreglos flexibles** que permitan avanzar en cooperación sin comprometer la soberanía de los países involucrados.
- Se destacó la necesidad de que los acuerdos reflejen los **desafíos específicos de cada cuenca y sean vinculantes** para garantizar una gestión efectiva.
- La generación de determinados modelos de gobernanza puede ser difícil, lo básico es compartir información y "crear hábitos": modelos de coproducción de conocimiento y sistemas participativos que deben hacerse confiables (trabajando con ellos conjuntamente).
- La cooperación puede llevarse a cabo con distintos niveles de participación, a escalas más limitadas. Ejemplo: designación de un punto focal por país, algún tipo de arreglo sencillo con objetivos compartido y compromiso de intercambio de datos.

(4) ¿Cómo se puede trabajar para que las personas y comunidades que dependen del agua de una cuenca transfronteriza tengan voz en su gestión, a pesar de las diferencias entre países?

- Se reconoció que, en muchos casos, la **participación de las comunidades locales en la gestión de cuencas transfronterizas es limitada**, lo que puede generar tensiones y falta de apropiación de las políticas hídricas.
- Se mencionaron modelos de participación pública utilizados en planes hidrológicos nacionales y regionales que pueden servir como referencia para mejorar la inclusión de actores locales.
- Se resaltó la importancia de fortalecer capacidades y adaptar estrategias de gobernanza para **reflejar mejor las necesidades de las comunidades afectadas**.

(5) Si cada país maneja su propia información sobre el agua en una cuenca compartida, ¿cómo pueden trabajar para que las decisiones se basen en datos confiables y accesibles para todos?

- Se discutió la **necesidad de generar plataformas de información compartida**, accesibles y confiables, para mejorar la toma de decisiones en la gestión de cuencas transfronterizas.
- Se analizaron experiencias en Europa y América Latina donde se han desarrollado redes de monitoreo conjunto y bases de datos integradas para facilitar el acceso a la información.
- Se **enfatizó la importancia de avanzar hacia modelos de coproducción de conocimiento** que permitan a los países compartir información de manera equitativa y transparente.

(6) Conclusiones generales

A continuación, se muestran algunas de las principales ideas compartidas durante la segunda reunión del grupo de trabajo de Cuencas Transfronterizas:

- **Evaluación diagnóstica transfronteriza:** La gestión de cuencas transfronterizas requiere una visión común basada en información técnica y social. Se debe fomentar la recopilación y armonización de datos como base para la cooperación.
- **Modelos de gobernanza:** Los acuerdos de gobernanza deben ser flexibles y adaptados a las realidades de cada cuenca. No todas las regiones pueden desarrollar estructuras formales avanzadas, por lo que se deben explorar opciones más accesibles para facilitar la cooperación.
- **Participación y gestión comunitaria:** Es necesario fortalecer la participación de comunidades locales. Incluir actores clave desde las etapas iniciales de planificación garantiza una mayor legitimidad y sostenibilidad de las políticas hídricas.
- **Mecanismos efectivos de recopilación e intercambio de información:** la transparencia y el acceso a información son fundamentales para la toma de decisiones conjuntas. Se deben promover plataformas compartidas y mecanismos de intercambio de datos que favorezcan la cooperación y la gestión integrada de los recursos hídricos.

Asunto	Nº reunión
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES IDEAS EXTRAÍDAS REUNIÓN 3 GRUPO DE TRABAJO CUENCAS TRANSFRONTERIZAS	3

Resumen de reunión

Objeto de la reunión

Se trata de la tercera reunión celebrada el día 8 de abril de 2025 en el marco del Grupo de Trabajo sobre Cuencas Transfronterizas. La dinámica de la reunión es el planteamiento de una serie de cuestiones para su desarrollo por los miembros del grupo de trabajo. Estas preguntas pretenden profundizar en las principales ideas y conclusiones de la primera y segunda sesión del grupo de trabajo. La resolución de estas cuestiones o el debate sobre las mismas tiene como objetivo compartir experiencias entre los países con cuencas o acuíferos transfronterizos. Todo ello partiendo del conocimiento y las experiencias adquiridas por los distintos expertos y responsables en la gestión del agua de distintos países participantes.

Listado de participantes:

- Mauricio Cerna – SG/OEA
- Luciana Sarmento – Brasil
- Chantal Demilecamps – CEPE/ONU
- Axel Martínez – GWP
- Fabiana Bianchi – CAF
- Georges Laumé – OCDE
- Víctor Manuel Arqued Esquía – España (Apoyo técnico a FCAS-AECID)

Equipo técnico:

- Natalia Gullón Muñoz-Repiso - AECID
- Maria de los Ángeles Ramos Collado - TRAGSATEC
- Macarena Muñoz Diaz - AYESA
- Gonzalo Lopez-Montenegro – AYESA
- Jorge Prieto Mera - AYESA

A continuación, se exponen las distintas ideas tratadas:

(1) Para gestionar eficazmente una cuenca transfronteriza, es fundamental conocer la situación de la cuenca en cuanto a calidad de las aguas, cantidad, usos, presiones, factores ambientales y sociales. Sobre esta base, la puesta en común entre los países que comparten la cuenca podrá ser más efectiva y permitirá tomar decisiones informadas. En este sentido, ¿qué información es esencial en la caracterización de la situación de partida de una cuenca transfronteriza para tomar decisiones informadas?

- Se reiteró que **los datos relacionados con el agua** sobre calidad y cantidad son los más difíciles de compartir, ya sea por falta de disponibilidad, sensibilidad política o falta de procedimientos institucionales claros.
- En ocasiones, la falta de intercambio **se debe simplemente a que no se dispone de la información**, especialmente en regiones con capacidades técnicas limitadas.
- Se enfatizó la necesidad de **no compartir información solo durante desastres**, ya que esta práctica reactiva no permite anticipación ni planificación conjunta.
- Se subrayó que el intercambio debe incluir **toda la información relevante para la gestión integrada de recursos hídricos (GIRH)**: usos del suelo, datos socioeconómicos, demografía, uso industrial del agua, etc.

- Se recalcó la necesidad e importancia de **estandarizar la obtención y intercalibración de datos** entre países para garantizar compatibilidad y fiabilidad de los sistemas de información.
- Se recalcó la **importancia de disponer de datos e información sobre las aguas subterráneas**, muchas veces olvidados hasta que hay crisis como sequías severas.
- Se consideró fundamental compartir información sobre el **consumo de agua que no retorna al sistema**, por ejemplo, en el riego agrícola o procesos industriales.
- Se destacó la necesidad de **vigilar el impacto** de las actividades en las tres dimensiones clave: calidad del agua, cantidad disponible e infraestructuras existentes.
- Se señaló que **cuando países aguas abajo piden información a los países aguas arriba**, surgen complicaciones, por lo que es clave establecer acuerdos previos de intercambio.
- Se remarcó la importancia de contar con información también en las partes bajas de la cuenca, para evaluar impactos acumulativos de las actividades aguas arriba.
- Se mencionó que el uso de **escenarios climáticos para cuencas transfronterizas** es muy limitado, pese a su utilidad para anticipar riesgos compartidos.
- Se compartió una referencia útil del capítulo “Tipos de datos e información compartida” del documento de la UNECE sobre buenas prácticas en cuencas transfronterizas.

https://unece.org/sites/default/files/2024-11/2413395_E_web%20%281%29.pdf

(2) Para una gestión eficaz de cuencas transfronterizas, sería importante definir acuerdos de gobernanza que sean sostenibles y eficaces, permitiendo la coordinación entre países con intereses y realidades diversas. Estos acuerdos deben ser flexibles, inclusivos y capaces de adaptarse a los cambios en el tiempo. En este sentido, ¿Qué características debería tener un acuerdo de gestión transfronteriza exitoso? ¿Qué aspectos serian imprescindibles en orden de prioridad?

- Se coincidió en que **el primer paso esencial para cualquier acuerdo es la voluntad política compartida** entre los países involucrados. Sin este compromiso inicial, la cooperación transfronteriza es difícil de sostener. El proceso de negociación es muy importante al aportar “visión compartida”.
- Para que estos acuerdos sean duraderos, **es importante su revisión y actualización periódica**, adaptándolos a nuevas circunstancias técnicas, climáticas o institucionales.
- **No existe un modelo único de acuerdo**: cada caso depende de la cuenca, el tipo de gobierno, el contexto institucional y los intereses en juego. Por ello, los acuerdos deben ser flexibles y adaptables de manera que se puedan implementar o aplicar en el territorio.
- Se debe fomentar una **gestión integral, multisectorial e inclusiva**, que contemple no solo el recurso hídrico, sino también la protección de ecosistemas, los usos productivos y sociales del agua, y los marcos regulatorios nacionales.
- Para **convencer a los países más reticentes** a participar (especialmente aquellos ubicados aguas arriba), es necesario explicar con claridad los beneficios concretos que podrían obtener.

- Se propuso que, en determinadas situaciones, puede ser interesante que **la ejecución de los acuerdos esté en manos de un órgano imparcial y externo**, que también actúe como mediador ante posibles conflictos.
- Los acuerdos deben contemplar explícitamente **los mecanismos de coordinación, estrategias de comunicación y toma de decisiones compartidas**, evitando la improvisación. Modelos de gobernanza que establezcan mecanismos que faciliten el intercambio y la resolución de conflictos.
- Se destacó que **si un acuerdo permite compartir datos de forma fluida**, ya representa un logro importante, incluso si no se alcanza la cooperación plena en otras dimensiones.
- Se subrayó que los acuerdos deben ir **acompañados de mecanismos de financiación y monitoreo**, para asegurar su implementación y sostenibilidad.
- En el debate se mencionó la existencia de convenios impulsados internacionalmente, como los de Nueva York o Helsinki, aunque también se expresó que existe cierta reticencia con estos en algunos países latinoamericanos. Aun así, se mencionó que **estos tratados pueden servir como referencia útil** si se adaptan al contexto local.
- También se compartieron recursos en el chat, incluyendo:
  - La guía práctica de la UNECE para la elaboración de acuerdos en materia de aguas transfronterizas. https://unece.org/sites/default/files/2024-03/ECE_MP.WAT_68_SPA_web_draft_1.pdf
  - Los principios de cooperación en la gestión de aguas transfronterizas en la región SICA. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/resumen_proceso-drm-y-lineamientos_fin.pdf

(3) La inclusión de las comunidades locales es clave para garantizar que la gestión del agua en cuencas transfronterizas sea equitativa y sostenible. Estas comunidades, que dependen directamente del recurso, deben ser parte activa del proceso de toma de decisiones para que sus necesidades y perspectivas sean consideradas. En este sentido, ¿Cómo se les puede hacer a las comunidades partícipes en la toma de decisiones sobre la gestión del agua en una cuenca compartida?

- Se coincidió en que los **acuerdos de gobernanza deben incluir explícitamente mecanismos que obliguen a involucrar a las comunidades locales** en la gestión del recurso hídrico.
- Se mencionó la necesidad de que **cada Estado fortalezca su institucionalidad** de modo que sea capaz de **incorporar a las comunidades en los procesos de toma de decisiones**, desde el nivel nacional hasta el local.
- Los participantes señalaron que la **distribución de competencias varía por país**, pero es clave que las comunidades sean parte activa en todos los niveles, incluso mediante instrumentos legales que les otorguen voz.
- En algunos casos, **la existencia de una estructura de gobernanza sólida en un país puede ser una "palanca"** para impulsar la participación comunitaria también en el país vecino.
- Se compartió la experiencia del **proyecto de la Comisión Binacional del río Sixaola**, donde la gobernanza se articula desde el nivel central hasta los territorios, como un ejemplo valioso de participación efectiva en un contexto transfronterizo.

- Las **comisiones externas de gestión**, si están bien conformadas, pueden ser una herramienta útil para garantizar dicha participación.
- Se subrayó la importancia de considerar el **Acuerdo de Escazú** como un marco de referencia regional que reconoce y promueve el acceso a la información, la **participación pública y la justicia ambiental** en América Latina y el Caribe.
- En este sentido, se destacó que **muchos organismos de cuenca transfronteriza ya contemplan en su funcionamiento la participación pública como observadores**, aunque se requiere seguir fortaleciendo estos espacios. En ocasiones puede ser necesario, y de hecho existen, comités específicos para cuencas compartidas que actúan a niveles de cooperación para resolver conflictos.
- También se compartieron materiales útiles en el chat como:
    - El "**Handbook of What Works**" de la OCDE sobre gobernanza del agua en cuencas transfronterizas. https://www.oecd.org/en/publications/a-handbook-of-what-works_bf54627e-en.html
    - El ejemplo del **sistema de monitoreo transnacional del río Danubio**, implementado por la Comisión Internacional para la Protección del Danubio (ICPDR), como buena práctica replicable en otras regiones. https://www.icpdr.org/tasks-topics/topics/water-quality/transnational-monitoring-network

(4) La transparencia y el acceso equitativo a la información son fundamentales para una cooperación eficaz entre los países que comparten una cuenca transfronteriza. Asegurar que todos los países tengan acceso a datos confiables y actualizados facilita la toma de decisiones conjuntas y promueve la confianza entre los involucrados. En este sentido, ¿Cómo se puede promover y hacer efectiva la transparencia y el acceso equitativo a la información hidrológica entre los países involucrados?

- Se resaltó la **utilidad de contar con plataformas compartidas y de acceso público a los datos** como herramienta clave para la toma de decisiones informadas en cuencas transfronterizas. De hecho, resolver el tema técnico de compartir información, puede impulsar el acuerdo en otros temas.
- Se compartió como **ejemplo de éxito** el caso de la **cuenca del Río de la Plata**, donde se ha implementado un sistema de soporte para la toma de decisiones y una **plataforma de intercambio de datos** funcional entre los países implicados.
- Se planteó que **el desarrollo de plataformas de acceso regional público** podría facilitar el intercambio fluido de datos, especialmente en lo que respecta a la calidad, cantidad y uso del agua.
- Sin embargo, se reconoció que en **cuencas más pequeñas** este tipo de mecanismos resulta más difícil de aplicar debido a limitaciones institucionales, técnicas y de escala. En este tipo de cuencas a veces es más necesaria la sensibilización, pero, por otro lado, la aproximación entre comités hace que los técnicos se conozcan y aumente la confianza.
- Se remarcó que **la calidad de los datos compartidos debe ser cuidadosamente revisada y asegurada**, evitando inconsistencias o vacíos que afecten la confiabilidad del sistema. Para garantizar la rendición de cuentas y la transparencia a veces se recurre a organismos externos que garantizan la calidad de los datos.
- Se señaló que en ocasiones los **ministerios de relaciones exteriores dificultan el proceso** de intercambio por razones diplomáticas o de soberanía nacional.

- Se reiteró que **los datos deben subirse con periodicidad suficiente**, siendo lo ideal que haya actualizaciones frecuentes (incluso diarias) y no únicamente anuales.
- También se compartieron experiencias positivas de intercambio de información en el marco del seguimiento de los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**.
- Finalmente, se insistió en que los acuerdos deben incluir cláusulas específicas sobre cómo se gestionará el intercambio de datos y cuáles serán las obligaciones de cada parte.

Conclusiones generales

Durante esta tercera sesión del grupo de trabajo se abordaron aspectos clave vinculados al intercambio de información, la construcción de acuerdos de cooperación, el papel de las comunidades en la gobernanza transfronteriza y el uso de plataformas y sistemas de soporte para la toma de decisiones. El debate evidenció la importancia de adaptar las herramientas de cooperación a las realidades territoriales y políticas de cada cuenca, así como la necesidad de fomentar mecanismos efectivos, sostenibles y transparentes. A continuación, se resumen las principales conclusiones derivadas de la discusión:

1. Intercambio de información entre países con cuencas transfronterizas

El intercambio de información debe ir más allá de los datos técnicos sobre agua y contemplar aspectos sociales, económicos y ambientales. Se subrayó la necesidad de estandarizar procesos de obtención y intercalibración de datos para garantizar su compatibilidad, destacando la importancia de incluir información sobre aguas subterráneas, muchas veces olvidadas. Asimismo, se insistió en que los datos deben compartirse de forma continua y no solo en situaciones de emergencia, y que la asignación de recursos hídricos debe considerar el consumo no retornable y los impactos aguas abajo.

2. Elementos clave para construir acuerdos de cooperación

Se destacó que la voluntad política compartida es el punto de partida fundamental para establecer acuerdos sostenibles en el tiempo. Los acuerdos deben ser integrales, multisectoriales y contar con mecanismos de seguimiento, revisión periódica y resolución de conflictos. La adaptación de los marcos a las características institucionales y contextuales de cada país fue considerada clave, así como la inclusión de estrategias de comunicación y toma de decisiones compartidas. Se compartieron referencias útiles como los convenios de Helsinki, Nueva York y la guía práctica de la UNECE.

3. Participación de las comunidades en la gobernanza del agua

Los acuerdos deben garantizar la participación efectiva de las comunidades en la toma de decisiones. Se mencionó que, en muchos casos, la existencia de estructuras de gobernanza sólidas en uno de los países puede servir como punto de apoyo para fortalecer la participación en el otro. Se valoró positivamente la existencia de comisiones externas o binacionales que articulan los distintos niveles de gestión. También se destacó el Acuerdo de Escazú como marco relevante para asegurar el acceso a la información y la participación ciudadana.

4. Plataformas compartidas y sistemas de soporte a la decisión

Se consideró especialmente útil el desarrollo de plataformas de acceso regional y público a los datos como mecanismo de cooperación técnica. Se señaló la necesidad de garantizar la calidad y actualización periódica de los datos, así como de superar obstáculos diplomáticos y de soberanía que dificultan el intercambio. Se presentó como ejemplo exitoso la plataforma compartida de datos de la cuenca del Plata, que permite apoyar la toma de decisiones de forma conjunta entre los países que la integran.

Conclusiones de los Grupos de Trabajo

22 de julio de 2025

Introducción

Contexto y desafíos

- Variabilidad climática, presión sobre recursos, demandas sociales y fragmentación institucional.
- Necesidad de planes hidrológicos **integrales, adaptativos y sostenibles**.
- Herramienta estratégica para la **seguridad hídrica** y el fortalecimiento de la **gobernanza del agua**.

Proceso participativo

- Impulsado por CODIA y el Fondo del Agua de la Cooperación Española.
- Participación técnica de países miembros, instituciones y organizaciones.
- Formación de 4 grupos de trabajo temáticos.

Acuerdo 6 de la XXV CODIA

- Avanzar en la implementación la **GIRH** a través de la Guía técnica.
- Lanzamiento de 3 grupos de trabajo sobre:
  1. **Financiación**
  2. **Participación pública**
  3. **Fenómenos extremos y adaptación al cambio climático**
- Grupo de trabajo adicional para compartir información y experiencia acerca de **cuencas transfronterizas**.

Dinámica de trabajo de los Grupos Técnicos (GT)

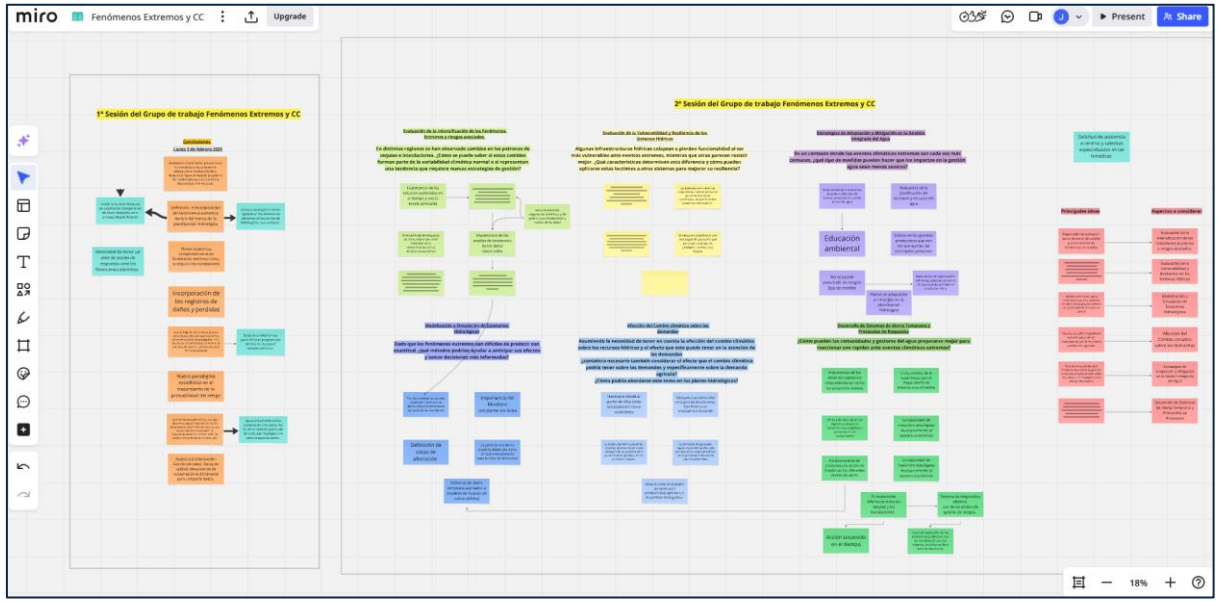
3 sesiones virtuales por grupo entre **febrero y abril de 2025**.

Estructura basada en **preguntas orientadoras** que guiaron el debate:

- El **intercambio de experiencias nacionales**
- La **identificación de buenas prácticas**, desafíos y necesidades
- El **diálogo estructurado entre países y sectores**

Metodología complementada con:

- **Foros en línea** para consultas y aportes asincrónicos
- **Tableros digitales colaborativos** (MIRO)
- Proceso de **sistematización técnica** orientado a generar insumos útiles para la Guía



Estructura general de las sesiones

Bienvenida y revisión sesión anterior

-Bienvenida e informe de avances del grupo
-Resumen de hallazgos previos y aportes del foro
-Repaso del panel MIRO actualizado

Recordatorio herramientas colaborativas

-Panel MIRO como espacio visual y editable en tiempo real
-Foro CODIA como canal asincrónico para ideas y documentos

Debate guiado por preguntas orientadoras

-Preguntas definidas a partir de prioridades del grupo
-Rondas abiertas con intervenciones breves (3–5 min)
-Énfasis en experiencias nacionales y propuestas aplicables
-Sistematización en vivo por el equipo técnico en MIRO

Síntesis colectiva, lectura de conclusiones

-Lectura de conclusiones preliminares
-Detección de consensos, divergencias y aportes clave

Participantes

- CEDEX - Arqued, Víctor Manuel.
- Chile - García, Pamela.
- Chile - Labra, Carla.
- Costa Rica - Martínez, Luis Carlos.
- Costa Rica - Villavicencio, Herberth
- UNESCO - Tori, Camila.
- Uruguay - Ledezma, Kevin.
- Uruguay - Piperno, Adriana.

Equipo técnico

- FCAS - Natalia Gullón
- Tragsatec- ª Angeles Ramos
- Ayesa- Macarena Nuñez
- Ayesa- Jorge Prieto
- Ayesa- Gonzalo López-Montenegro

Conclusiones del GT Fenómenos extremos y adaptación al Cambio Climático

Conclusiones GT Fenómenos Extremos y Cambio Climático

Conclusiones y aportes destacados

🟦 **Eje 1: Evaluación de fenómenos extremos**

•Necesidad de datos hidrometeorológicos históricos confiables.
•Uso de fuentes alternativas (registros históricos, paleoclimáticos).
•Enfoques climáticos multiescalares y diferenciación entre fenómenos.

🟦 **Eje 2: Vulnerabilidad y resiliencia**

•Incorporar variables sociales, económicas, ecológicas y de gobernanza.
•Uso de índices e identificación de zonas y poblaciones en riesgo.
•Resiliencia como capacidad dinámica a fortalecer desde la planificación.

🟦 **Eje 3: Modelización y escenarios**

•Modelos como herramientas clave para anticipar impactos.
•Necesidad de datos calibrados y adaptados al contexto.
•Incorporar IA y dinámicas territoriales (urbanización, vegetación).

🟦 **Eje 4: Priorización de medidas de adaptación**

•Criterios técnicos, sociales y financieros para priorizar acciones.
•Valoración de Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN).
•Importancia del marco legal para asegurar sostenibilidad.

🟦 **Eje 5: Alerta temprana y participación comunitaria**

•Sistemas integrados de monitoreo, respuesta y comunicación.
•Inclusión de comités locales y tecnologías móviles.
•Reforzar preparación comunitaria y participación en la gestión del riesgo.

Conclusiones GT Fenómenos Extremos y Cambio Climático

Retos identificados

- **Falta de datos locales**

Las proyecciones climáticas regionales no son operativas a escala de cuenca.

- **Desconexión ciencia–planificación**

Poca integración entre modelos climáticos y análisis hídrico.

- **Indicadores de resiliencia ausentes**

Escasez de métricas para evaluar la capacidad adaptativa.

- **SbN poco priorizadas**

Falta de valorización y uso de soluciones basadas en la naturaleza.

- **Articulación débil con sistemas de alerta**

Poca inclusión de comunidades y estrategias de respuesta en los planes.

Participantes

- Brasil - Sarmento, Luciana.
- CAF - Bianchi, Fabiana.
- CEDEX - Arqued, Víctor Manuel.
- CEPE/ONU - de Strasser, Lucia.
- CEPE/ONU - Demilecamps, Chantal.
- GWP - Martínez, Axel.
- OCDE - Laumé, Georges.
- Portugal - Matoso, André
- SG/OEA - Cerna, Mauricio.
- SG/OEA - Iervolino, Delfina

Equipo técnico

- FCAS- Natalia Gullón
- Tragsatec-Mª Angeles Ramos
- Ayesa- Macarena Nuñez
- Ayesa- Jorge Prieto
- Ayesa- Gonzalo López-Montenegro

Conclusiones del GT Cuencas Transfronterizas

Conclusiones GT Fenómenos Extremos y Cambio Climático

Recomendaciones para la Guía

1. Evaluación de riesgos climáticos

- Incluir metodologías para estimar la frecuencia, intensidad y distribución de fenómenos extremos.
- Promover el uso de datos históricos, escenarios climáticos y fuentes alternativas de información (local, científica y tradicional).

2. Vulnerabilidad y resiliencia

- Incorporar análisis multidimensional e indicadores adaptativos.

3. Modelización

- Usar modelos ajustados a los datos disponibles y contemplar variables como urbanización, usos del suelo y cobertura vegetal.

4. Medidas de adaptación

- Priorizar con base en impacto, viabilidad y co-beneficios
- Integrar Soluciones basadas en la Naturaleza.

5. Alertas tempranas y participación

- Proponer lineamientos para el diseño de sistemas de alerta efectivos, adaptados al territorio y accesibles a las comunidades.
- Sugerir estrategias de sensibilización, educación y organización comunitaria para la gestión del riesgo en planes hidrológicos.

Conclusiones y aportes destacados

🟦 **Eje 1: Intercambio de información**

•Persisten barreras políticas e institucionales para compartir datos.
•Se propusieron protocolos predefinidos y estándares mínimos comunes.
•Confianza y transparencia: clave el acceso público y plataformas abiertas.

🟦 **Eje 2: Acuerdos de cooperación**

•No hay un modelo único: deben adaptarse al contexto de cada cuenca.
•Elementos críticos: gobernanza, revisión periódica, presupuestos estables.
•El éxito depende de la integración real en las instituciones nacionales.

🟦 **Eje 3: Participación comunitaria**

•La participación local es esencial pero poco integrada en acuerdos binacionales.
•Se destacó el valor de la gobernanza multinivel y el Acuerdo de Escazú.
•Necesidad de espacios permanentes, formación y acceso a información.

🟦 **Eje 4: Plataformas de datos y soporte a la decisión**

•Se valoró el monitoreo compartido y herramientas como el Sistema de la Cuenca del Plata.
•En cuencas menos institucionalizadas, avanzar gradualmente con transparencia.
•Usar la información para sistemas de soporte a la decisión compartidos.

Conclusiones GT Cuencas Transfronterizas

Retos identificados

- **Falta de marcos jurídicos bilaterales o regionales operativos**
  En muchas cuencas compartidas no existen acuerdos formales, o bien los existentes no se implementan de manera efectiva ni incluyen mecanismos de seguimiento o financiamiento.
- **Intercambio limitado de datos entre países**
  Por motivos políticos, técnicos o de soberanía, la información hídrica clave no se comparte regularmente o con la calidad necesaria para planificar de forma coordinada.
- **Débil institucionalidad de los órganos de cuenca binacionales**
  Muchos espacios de cooperación carecen de funciones claras, presupuesto propio o capacidad operativa para influir en las decisiones nacionales.
- **Falta de mecanismos para la participación local transfronteriza**: Las comunidades que comparten una cuenca suelen estar excluidas de los procesos de gobernanza, a pesar de sufrir directamente los impactos de decisiones unilaterales.
- **Baja interoperabilidad entre sistemas nacionales de monitoreo**
  Las diferencias en metodologías, periodicidad y plataformas tecnológicas limitan la posibilidad de construir sistemas conjuntos de soporte a la decisión.

Conclusiones del GT Participación pública

Portavocía: Argentina

- Bernstein, Laura.
- Cuasnicu, Alexandra.
- De Simone, Silvia.
- Fucito, Bárbara.
- Valladares, Andrea Isabel.

Participantes

- CEDEX - Arqued, Víctor Manuel.
- GWP - Tábora, Fabiola.
- SG/OEA - Carlier, Alexandra.
- SG/OEA - Cerna, Mauricio.
- Uruguay - Panizza, Amalia.

Equipo técnico

- FCAS- Natalia Gullón
- Tragsatec-Mª Angeles Ramos
- Ayesa- Macarena Nuñez
- Ayesa- Jorge Prieto
- Ayesa- Gonzalo López-Montenegro

Conclusiones y aportes destacados

🟦 **Eje 1: Equidad, representatividad y corresponsabilidad**

•La participación debe construirse sobre principios reales de equidad y representación.
•Necesidad de mapear actores y relaciones de poder desde el inicio.
•Propuesta de mecanismos para amplificar voces excluidas (ONG, universidades, talleres focales).
•Corresponsabilidad: no solo opinar, sino incidir y asumir compromisos compartidos.

🟦 **Eje 2: Fases y documentos clave**

•La participación debe acompañar todas las etapas del ciclo de planificación.
•Importancia de una estrategia flexible, adaptada al contexto territorial e institucional.
•Necesidad de formatos accesibles y comprensibles para públicos no técnicos.
•La planificación debe tener en cuenta calendarios y realidades locales (épocas de cosecha, elecciones, etc.).

🟦 **Eje 3: Evaluación y seguimiento**

•Evaluar no solo cantidad, sino legitimidad e impacto de la participación.
•Indicadores sugeridos: inclusión, confianza, influencia en decisiones.
•Propuesta de trazabilidad documentada de aportes ciudadanos.
•Desarrollo de un **índice de resiliencia participativa** como herramienta de mejora continua.

Retos identificados

- **Desigualdades estructurales**

Brechas de género, idioma, acceso a la información o localización geográfica limitan una participación real, afectando especialmente a los sectores más vulnerables.

- **Representación débil o no representativa**

La figura del representante institucional o sectorial no siempre recoge la diversidad de visiones presentes en una comunidad.

- **Restricciones de tiempo, escala y recursos**

Procesos con amplios alcances territoriales, plazos cortos y presupuestos limitados tienden a reducir la participación a consultas puntuales sin capacidad de incidencia.

- **Exceso de tecnicismo**

El lenguaje y formato de los planes hidrológicos dificultan su comprensión y apropiación por parte de actores no técnicos.

- **Falta de mecanismos de evaluación**

Ausencia de metodologías claras para evaluar la calidad de la participación o dar seguimiento a la incorporación de aportes ciudadanos en los planes.

Recomendaciones para la Guía

1. Procesos participativos estructurados

- Definir fases mínimas: *mapeo de actores, estrategia de involucramiento, participación en diseño, validación y monitoreo*.
- Adaptar los procesos a los contextos *institucionales, territoriales y culturales*.

2. Equidad y representatividad

- Asegurar la participación de grupos subrepresentados (género, edad, etnia, condición socioeconómica).
- Usar herramientas que visibilicen relaciones de poder y reduzcan asimetrías.

3. Comunicación accesible

- Promover el uso de *materiales gráficos, resúmenes ejecutivos, lenguaje claro, traducciones y formatos audiovisuales*.
- Fomentar canales híbridos (presencial + digital) para superar la brecha de acceso.

4. Evaluación y seguimiento participativo

- Definir indicadores: *incidencia real, percepción de legitimidad, trazabilidad de aportes*.
- Incluir ejemplos de *monitoreo social, auditorías ciudadanas y retroalimentación comunitaria*.

Portavocía

- Rep. Dominicana-Saldaña, Juan
- CEPAL - Altamirano, Mónica.

Participantes

- Argentina - Bernstein, Laura.
- Argentina -Cuasnicu, Alexandra
- Argentina - De Simone, Silvia.
- Argentina - Fucito, Bárbara.
- CAF - Real, Carlota.
- CEDEX - Arqued, Víctor Manuel.
- El Salvador - Cerón, Roberto.
- El Salvador - Pérez, Mario H.
- España - Hernández, Andrea.
- España-Marcuello, Concepción
- GWP - Soto, Iván Leonardo.
- GWP - Tábora, Fabiola.
- SG/OEA - Cerna, Mauricio.

Equipo técnico

- FCAS- Natalia Gullón
- Tragsatec-Mª Angeles Ramos
- Ayesa- Macarena Nuñez
- Ayesa- Jorge Prieto
- Ayesa-Gonzalo López-Montenegro

Conclusiones del GT Financiación

Conclusiones GT Financiación

Conclusiones y aportes destacados

🟦 **Eje 1: Participación del sector privado y articulación institucional**

•El sector privado debe ser aliado estratégico, no solo fuente de recursos.
•Requiere marcos regulatorios claros y ambientes habilitadores.
•Importancia de perfiles puente entre sectores técnico y financiero.
•Necesidad de indicadores de retorno social y evaluación de riesgos.

🟦 **Eje 2: Recuperación de costes y sostenibilidad financiera**

•Propuesta de esquemas tarifarios sostenibles, diferenciados y progresivos.
•Uso de fondos hídricos, cánones y tasas por vertido.
•Requiere legislación habilitante y gestión transparente de recursos.
•Necesidad de sensibilización frente a resistencias sociales.

🟦 **Eje 3: Acceso a fondos climáticos y cooperación internacional**

•Fondos climáticos como oportunidad complementaria.
•Obstáculos: requisitos técnicos, lentitud y falta de capacidades.
•Alinear planes hidrológicos con NDC y prioridades climáticas.
•Fomentar cooperación regional e intercambio de aprendizajes.

🟦 **Eje 4: Sostenibilidad operativa y visión de largo plazo**

•La financiación debe garantizar operación y mantenimiento.
•Se requiere planificación anticipada ante cambio climático.
•Necesidad de mecanismos estables de recuperación de costes.
•Importancia de priorizar territorios con menor capacidad institucional.

Conclusiones GT Financiación

Retos identificados

- **Falta de marcos normativos habilitantes**
  Organismos de cuenca sin facultades legales para aplicar tarifas o gestionar ingresos.
- **Escasa cultura de recuperación de costes**
  Resistencia política y social al cobro de servicios hídricos.
- **Desarticulación entre planificación y financiamiento**
  Planes sin análisis económico dificultan acceso a recursos públicos o privados.
- **Capacidades limitadas para fondos climáticos**
  Déficit técnico en formulación de proyectos y alineación internacional.
- **Invisibilidad de costos de operación y mantenimiento**
  Estos costos no se contemplan en presupuestos, afectando la sostenibilidad.

Recomendaciones para la Guía

1. Participación del sector privado

- Diseñar entornos habilitantes para alianzas público-privadas.
- Establecer criterios para proyectos atractivos y rentables.
- Formar equipos técnicos con capacidades en agua y finanzas.

2. Tarifas, tributos e instrumentos económicos

- Aplicar tarifas diferenciadas según uso y capacidad de pago.
- Difundir ejemplos de fondos hídricos y recuperación de costes.
- Acompañar con estrategias de comunicación y transparencia.

3. Financiamiento climático e internacional

- Alinear planes hidrológicos con agendas climáticas.
- Facilitar acceso a fondos y metodologías de formulación.
- Promover equipos especializados para gestión de fondos.

4. Sostenibilidad operativa

- Incluir costes de operación y mantenimiento en los planes.
- Evaluar la sostenibilidad financiera de largo plazo.

codia
Conferência de Direções e Autoridades Ibero-americanas de Águas | Conferencia de Direcciones y Autoridades Iberoamericanas del Agua
Red Iberoamericana
Rede Ibero-Americana
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE ASUNTOS EXTERIORES, UNIÓN EUROPEA Y COOPERACIÓN
aecid
cooperación española
FCAS