

MANUAL DE CAPACITACIÓN:  
INTEGRACIÓN DE DATOS  
PARA MEJORAR LA  
PROTECCIÓN Y  
RESTAURACIÓN DE  
ECOSISTEMAS DE AGUAS  
CONTINENTALES



## PRÓLOGO

Los ecosistemas de aguas continentales tienen un enorme valor biológico, ambiental, social, educativo y económico y proporcionan una variedad de bienes y servicios de los que dependen las personas y todas las formas de vida. Los ecosistemas purifican el agua, regulan los flujos, proveen agua y alimentos a miles de millones de personas, impulsan los ciclos del agua, el carbono y los nutrientes; albergan una biodiversidad acuática excepcional y permiten el uso productivo del agua para beber, la agricultura, la generación de energía, la navegación, el empleo y el turismo.

Los ecosistemas de aguas continentales en el contexto del marco de los ODS son recursos naturales fundamentales de la biosfera. Numerosas acciones de desarrollo dependen de ellos y tienen éxito o fracasan según la capacidad funcional o la integridad del ecosistema. Cualquier cambio adverso en la cantidad y calidad de los ecosistemas acuáticos continentales, en última instancia, reduce nuestra capacidad para desarrollarnos de manera sostenible.

A nivel mundial, las actividades humanas están provocando cambios observables en los ecosistemas de aguas continentales y los regímenes hidrológicos. La demanda de agua y tierra de la población ha redefinido el paisaje natural en tierras para agricultura y urbanizaciones. Los cambios globales en las precipitaciones y temperaturas agravan el problema. La cantidad y calidad de los ecosistemas de aguas continentales está actualmente comprometida. Ahora sabemos a través de observaciones satelitales que la extensión de agua superficial disponible en una quinta parte de las cuencas fluviales del mundo ha cambiado significativamente durante los últimos cinco años, en comparación con los últimos 20 años. Estos cambios observables representan áreas de inundación, a través de un enorme crecimiento en embalses y tierras agrícolas inundadas; las áreas de aguas superficiales que se reducen corresponden al secado de lagos, humedales y llanuras aluviales y la pérdida de muchos cuerpos de agua estacionales. Además, se estima que más del 80% de los humedales del mundo se han perdido desde la era preindustrial. Sin embargo, los humedales son necesarios para mitigar el cambio climático, reducir los impactos de inundaciones y sequías y proteger la pérdida de biodiversidad de aguas continentales.

¿Qué se puede hacer para cambiar estos cambios adversos en los ecosistemas? Como usuarios de este manual y participantes de las sesiones de capacitación, se espera que entiendan el papel y el valor de los ecosistemas de aguas continentales en diferentes contextos sectoriales y una descripción general de las acciones y soluciones de gestión para protegerlos. Hay tres áreas de acción que requieren una aceleración. En primer lugar, debemos aumentar la asimilación de datos sobre aguas continentales en todos aquellos procesos sectoriales que dependen del agua pero que pueden no comprender el impacto de sus decisiones sociales y económicas sobre el medio ambiente. Esto requiere la promoción, el intercambio y la difusión de datos de aguas

continentales fácilmente disponibles entre sectores, instituciones y empresas que dependen en gran medida del agua. En segundo lugar, necesitamos que los gobiernos implementen y hagan cumplir las políticas, leyes y prácticas a nivel nacional y de las cuencas fluviales para brindar una protección efectiva de la integridad del ecosistema de aguas continentales y emprender la restauración a gran escala de los ecosistemas acuáticos continentales degradados. Por último, necesitamos una mejor coordinación entre las instituciones que trabajan en aguas continentales. Dado el papel central de los ecosistemas saludables en el logro de la seguridad hídrica y el desarrollo sostenible, la coordinación efectiva entre las instituciones que trabajan en varios aspectos de los objetivos sociales, económicos y ambientales relacionados con el agua y avanzar en la implementación de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, es una necesidad.

Stuart Crane

Coordinador del Programa ODS 6

Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas

## **AGRADECIMIENTOS**

Este proyecto está siendo implementado conjuntamente por la Global Water Partnership Organization (GWPO) y Cap-Net, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), bajo la dirección de PNUMA-DHI. Los socios desean agradecer la importante contribución de Ronald Roopnarine, Ryan S. Mohammed, Akil Crichlow, Amrika Maharaj, Cassie Roopnarine, Gaius Eudoxie y Zaheer Hosein, (Caribbean WaterNet) para desarrollar el manual de capacitación. Se otorga un crédito especial a Julienne Roux (GWPO) por liderar el desarrollo del manual de capacitación en nombre de GWPO, en colaboración con Yasmina Rais El Fenni (Cap-Net PNUD).

En los países objetivo, la GWPO y las redes de Cap-Net llevaron a cabo un proceso intensivo de revisión por pares para garantizar altos estándares y control de calidad, y coordinarán la implementación de las actividades en el país con los puntos focales para el ODS 6.6.1 y los interesados. Los socios desean agradecer a los siguientes expertos por su contribución al proceso de revisión por pares: Stuart Crane (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), Jackline Ndiiri (Watercap), Francisco Firpo Lacoste y Laura Benzaquen (Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos, Argentina), Fernanda Julia Gaspari y Marcos Cipponeri (ArgCapNet - Universidad Nacional de la Plata), Ana Mugetti y Leandro Raúl Díaz (Foro Argentino del Agua - GWP Argentina), Daniel Petri (Departamento Provincial de Aguas de la Pcia. de Río Negro - Consejo Hídrico Federal, Argentina), Oscar Carlos Duarte (Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina), Silvia E. Ferreira Padilla (ArgCapNet - Universidad Nacional de Salta).

## **BIENVENIDOS AL CURSO**

Este manual de capacitación se ha desarrollado como un componente clave del proyecto piloto “Integración de datos de aguas continentales en la toma de decisiones de todo el sector para mejorar la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales”. El proyecto piloto es implementado por GWP y Cap-Net, con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), bajo la dirección de PNUMA-DHI.

Este manual de capacitación está diseñado para aumentar la conciencia y la capacidad de los tomadores de decisión, administradores y profesionales respecto de la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales a través de una mejor comprensión del rol, el valor y la importancia de proteger y/o restaurar los ecosistemas de aguas continentales, el conocimiento de las acciones, la gestión de soluciones y sobre el uso y aplicación de datos.

## **DESCRIPCIÓN DEL CURSO**

Los ecosistemas de aguas continentales son fundamentales para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Proporcionan servicios ecosistémicos cruciales, sostienen los medios de la vida y el desarrollo económico y apoyan la biodiversidad. Desafortunadamente, los ecosistemas de aguas continentales se enfrentan a graves presiones acumulativas que afectan su capacidad para proporcionar estos servicios. Estas presiones incluyen la contaminación y la extracción excesiva para usos socioeconómicos, y se ven agravadas por los impactos del cambio climático, el cambio de uso de la tierra y las especies invasoras.

Los desafíos de la gestión sostenible de los ecosistemas giran en gran medida en torno a encontrar el equilibrio entre la necesidad de un desarrollo socioeconómico a corto plazo, que a menudo ejerce una presión adicional sobre los ecosistemas, y la necesidad de proteger y restaurar los ecosistemas para apoyar un desarrollo sostenible a más largo plazo. Este proceso pone el énfasis en comprender la situación y las decisiones en juego, para luego definir un conjunto de acciones y herramientas para la gestión de los ecosistemas relacionados con el agua.

La aplicación de datos para proporcionar información y evidencia para la toma de decisiones es cada vez más esencial para la gestión, protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales. Desafortunadamente, y a pesar de la mayor disponibilidad de datos especialmente a través de la revolución de los datos y la tecnología, la captación de datos para la toma de decisiones es todavía limitada.

Los datos son tan valiosos como las decisiones que permiten, incluidos el control del estado de los ecosistemas, la formulación de planes y su implementación y la verificación del cumplimiento de las normas. Comprender cómo acceder y aplicar los conjuntos de datos disponibles puede ayudar a mejorar las decisiones para diferentes situaciones y a establecer una comunicación más eficaz entre los interesados.

## **ESTRUCTURA DEL CURSO**

El curso se desarrollará de manera on-line, durante el cual los participantes tendrán 30 días para completar sus 4 módulos a su propio ritmo. La dedicación total temporal será de aproximadamente 3 a 4 horas por módulo, para un total de 16 horas para todo el curso o el equivalente a 2 días de estudio a tiempo completo. La formación específica en cada país diferirá en función de cada contexto específico en cuanto a su forma de implementación, sin embargo, la dedicación de los participantes seguirá siendo la misma.

El curso es un programa fundamental para los participantes ya que crea comprensión sobre la planificación de acciones para la protección y restauración del ecosistema de agua continentales y cómo los datos a través de procesos de participación de múltiples interesados se pueden aplicar a conocimientos operativos procesables.

El manual incluye cuatro módulos:

Módulo 1: Estructura, funciones y valor de los Ecosistemas de Aguas Continentales

Módulo 2: Protección y restauración de Ecosistemas de Aguas Continentales

Módulo 3: Datos para la toma de decisión

Módulo 4: SDG 6.6.1 Explorer Platform (Plataforma para la Exploración de Ecosistemas de Aguas Continentales del ODS 6.6.1)

Los módulos 1 y 2 se centran en mejorar la comprensión de los tomadores de decisión y los profesionales relacionados a la protección y restauración de ecosistemas de aguas continentales y proporcionan ejemplos de los procesos que pueden emplearse para la identificación de ecosistemas de aguas continentales prioritarios y para el desarrollo de planes de acción. El módulo 3 se centra en cómo se pueden utilizar los datos para mejorar la toma de decisiones, referido específicamente a las fuentes de datos y a las herramientas prácticas disponibles para la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales. Luego, el módulo 4 proporciona orientación sobre el uso y las aplicaciones de la SDG 6.6.1 Explorer Platform, recientemente desarrollada, que es la plataforma de referencia mundial para el seguimiento de la meta 6.6 de los ODS.

## **PERFIL DE LOS PARTICIPANTES**

El curso ha sido diseñado para aquellos interesados en desempeñarse en la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales en sus respectivos países o regiones.

- Tomadores de decisiones, instituciones con responsabilidad e interesados en infraestructura, agua, silvicultura, agricultura, cambio climático, biodiversidad, uso de la tierra y planificación urbana, que pueden influir en los marcos de trabajo para la restauración y/o protección de ecosistemas en los países objetivo;
- Personas que trabajan en organizaciones multilaterales y bilaterales que apoyan la restauración y/o protección de ecosistemas de aguas continentales;
- Personas que trabajan en el sector privado, fundaciones y otros inversores no tradicionales en ecosistemas de aguas continentales.

## **OBJETIVO**

El objetivo general del curso es aumentar la conciencia y la capacidad de los tomadores de decisión, gestores y profesionales respecto de la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales a través de la participación de múltiples actores y la aplicación de los conocimientos relevantes en los procesos de toma de decisiones.

## **OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**

Durante este curso, los participantes adquirirán conocimientos sobre:

- Características, funcionamiento y valor de los ecosistemas de agua continentales
- Enfoques para proteger y restaurar ecosistemas de aguas continentales
- Técnicas y plataformas para la recolección, acceso, análisis y visualización de datos de ecosistemas de agua continentales y su contribución a la toma de decisiones en diferentes niveles.
- Capacidad para aplicar e integrar diversas fuentes de datos para la gestión de ecosistemas de aguas continentales.

## Contenido

PRÓLOGO .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	4
Bienvenidos al curso .....	5
Descripción del curso .....	5
Estructura del curso .....	6
Perfil de los participantes.....	6
Objetivo .....	7
Objetivos de aprendizaje.....	7
MÓDULO 1: ESTRUCTURA, FUNCIONES Y VALOR DE LOS ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES .....	11
OBJETIVO .....	11
INTRODUCCIÓN .....	11
La diversidad de los ecosistemas de aguas continentales y sus características.....	12
Ecosistemas lóticos (ríos y arroyos).....	13
Ecosistemas lénticos .....	15
Dinámica de cambios y amenazas en los ecosistemas acuáticos continentales.....	19
Evaluación del estado de los ecosistemas acuáticos continentales .....	20
Presiones sobre los ecosistemas de aguas continentales y sus impulsores .....	22
Marco para entender el estado del ecosistema, las presiones, los impulsores de cambio y los impactos .....	24
Servicios de los ecosistemas acuáticos continentales.....	28
Servicios ecosistémicos proporcionados por los sistemas de aguas continentales basados en el Evaluación de los Ecosistemas del Milenio .....	28
Perspectivas sobre la valoración de los servicios ecosistémicos .....	31
Conclusión - hacia la acción.....	35
Lecturas obligatorias .....	36
Lecturas recomendadas .....	36
Sitios Web .....	36
Referencias .....	36
MÓDULO 2: PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES	41
OBJETIVO .....	41
INTRODUCCIÓN .....	41
Alcance, escala y principios de los planes de acción de los ecosistemas de acuáticos continentales.....	41



Análisis de situación, análisis de interesados y diseño del proceso de planificación de acciones .....	44
Análisis de situación.....	44
Importancia de la participación y análisis de los interesados .....	45
Diseño del proceso de desarrollo de planes de acción .....	49
Compromiso inicial con los interesados e identificación de los ecosistemas acuáticos continentales prioritarios para la protección y restauración.....	50
Desarrollo del plan de acción a través de un proceso de participación de múltiples interesados .....	52
Implementación, seguimiento, evaluación y aprendizaje.....	57
Conclusión e importancia de los datos.....	58
Lecturas recomendadas .....	58
Videos recomendados .....	58
Referencias .....	59
MÓDULO 3. DATOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN .....	60
OBJETIVO.....	60
INTRODUCCIÓN .....	60
Importancia de los datos .....	60
Enmarcando la terminología de datos, información y conocimiento .....	61
Tipos de datos, fuentes y tipos de recopilación .....	62
Tipos de datos .....	62
Herramientas de recopilación de datos.....	62
Enfoque en herramientas y técnicas específicas de datos.....	64
Herramientas y plataformas de evaluación de servicios ecosistémicos .....	73
Proceso de jerarquía analítica .....	73
Herramientas para la visualización y presentación.....	75
Plataformas globales .....	77
Toma de decisión bajo incertidumbre y complejidad; uso de datos.....	79
Conclusión .....	81
Lecturas recomendadas .....	82
Videos recomendados .....	82
Referencias .....	82
MÓDULO 4: SDG 6.6.1 EXPLORER PLATFORM.....	86
OBJETIVO.....	86
INTRODUCCIÓN .....	86
¿Qué es SDG 6.6.1 Explorer Platform? .....	86

Elementos clave del Explorador de Ecosistemas de Agua Dulce: Introducción y Acceso a la plataforma de exploración .....	87
Características generales de los datos presentados en la SDG 6.6.1 Explorer Platform .....	89
Otras funcionalidades de la SDG 6.6.1 Explorer Platform.....	90
Ejemplos de aplicación de la SDG 6.6.1 Explorer Platform .....	95
Conclusión .....	96
Sitios web.....	96
Lecturas recomendadas .....	96

## **MÓDULO 1: ESTRUCTURA, FUNCIONES Y VALOR DE LOS ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES**

### **OBJETIVO**

Este módulo tiene como objetivo mejorar la comprensión de los tomadores de decisión y los profesionales en la conservación y restauración de los ecosistemas de aguas continentales, destacando tanto su función, valor e importancia, así como los impulsores del cambio.

### **OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**

Al completar este módulo, los participantes deben mostrar un buen conocimiento de:

1. Las características y diversidad de los ecosistemas de aguas continentales;
2. La dinámica de los cambios en los ecosistemas de aguas continentales y las amenazas;
3. Los servicios ecosistémicos relacionados con el agua;
4. Perspectivas sobre la valoración de los servicios ecosistémicos;
5. Contextualización:
  - a. 2-3 ejemplos de diferentes contextos sectoriales y el rol de los ecosistemas de aguas continentales para esos sectores a nivel de país y de cuenca;
  - b. Uno o más ejemplo/s de valoración de servicios ecosistémicos y aplicación de distintas metodologías (tales como pago por servicios ecosistémicos o fondos de agua) para la protección y restauración de ecosistemas (en el país o región).

### **INTRODUCCIÓN**

El entorno natural juega un papel integral para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Lograr un progreso duradero en los ámbitos social y económico requiere la provisión sostenida de bienes y servicios ambientales, derivados de ecosistemas funcionales y saludables. Los ecosistemas de aguas continentales, incluidos lagos, ríos, humedales y aguas subterráneas, poseen un enorme valor biológico, social, educativo y económico. Son la base de las actividades sectoriales, como provisión de agua para beber y el saneamiento, la agricultura, el empleo, la generación de energía, la industria, la navegación, la recreación y el turismo. Al mismo tiempo, brindan importantes servicios ecosistémicos, como la purificación natural del agua, la regulación de caudales, la mitigación de condiciones extremas, la captura de carbono, el apoyo a la adaptación climática y la creación de un vínculo cultural entre las personas y la naturaleza.

Reconociendo la importancia de los ecosistemas de aguas continentales para la Agenda 2030, la meta 6.6 de los ODS apunta específicamente a “proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua”. Desafortunadamente, son cada vez más las presiones graves impulsadas por las actividades humanas a las que se enfrentan los ecosistemas de aguas continentales, dentro de las cuales se incluyen la contaminación, la explotación excesiva, la invasión y la alteración de los escurrimientos naturales; presiones que se ven agravadas por el cambio climático.

Según datos recopilados en todo el mundo en el marco de la UN-Water Data Drive del año 2020 (campaña de la ONU-Agua para la obtención de datos sobre el agua), una quinta parte de las cuencas hidrográficas del mundo están experimentando cambios rápidos en las superficies de los cuerpos de agua. Los formuladores de políticas, junto con los interesados, deben

comprender mejor la importancia de los ecosistemas relacionados con el agua, las amenazas a las que se enfrentan e implementar las medidas adecuadas para protegerlos y restaurarlos.

Como los ecosistemas de aguas continentales son complejos, dinámicos y diversos, es importante entender, para poder actuar, sus características clave, valor, dinámica y cuáles son los generadores de cambios. Este módulo proporcionará a los participantes una descripción general de estos temas.

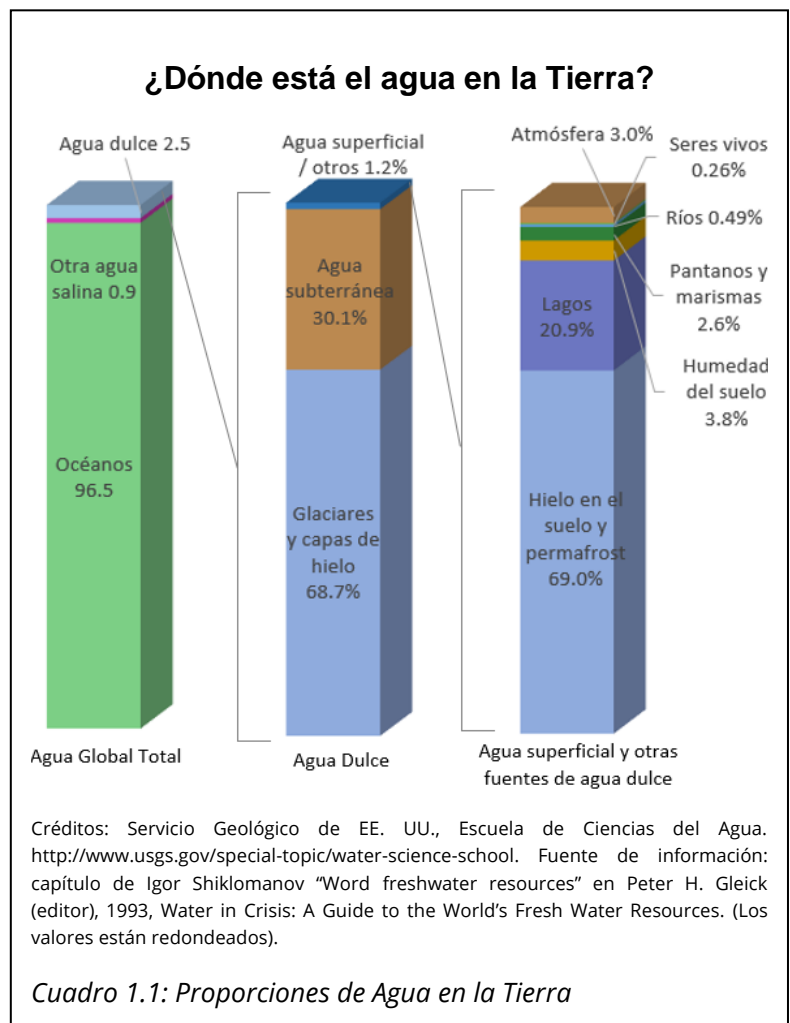
### LA DIVERSIDAD DE LOS ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES Y SUS CARACTERÍSTICAS

En este módulo se abordarán una amplia tipología de ecosistemas de aguas continentales, con sus principales características. Se debe tener en cuenta que, aunque esta tipología se aplica comúnmente, se pueden utilizar otras formas de clasificación. A menudo, se adopta una escala más detallada de clasificaciones para la evaluación de las condiciones de los ecosistemas y el diseño de respuestas de gestión adecuadas, por ejemplo, utilizando el enfoque de "ecorregión". Las ecorregiones son áreas donde los ecosistemas tienen características similares y generalmente son subdivisiones de cuencas hídricas. Algunos países también han adoptado sistemas de clasificación específicos que recomendamos tener en cuenta al trabajar en intervenciones dentro de cada país.

Un ecosistema es un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos y su entorno abiótico que interactúan

como una unidad funcional (UNEP, 2017). Los ecosistemas acuáticos se definen como los componentes, hábitats y procesos ecológicos abióticos (físicos y químicos) y bióticos contenidos en los ríos y sus zonas ribereñas, embalses, lagos, humedales y su vegetación periférica. A los efectos de este documento, los "ecosistemas de agua dulce" incluyen todos los ecosistemas acuáticos continentales cuyas aguas superficiales contienen salinidades inferiores al 1%. Las aguas superficiales continentales tienen una serie de características distintivas, tales como:

- Son elementos lineales o en mosaico incrustados en la matriz terrestre.
- Típicamente se encuentran localizados en el punto topográficamente más bajo del paisaje, por lo que recolectan y transportan materiales (agua y materia disuelta y particulada) dentro de su cuenca de captación.



- Pueden expandirse, contraerse y fragmentarse, ocasionando cambios rápidos en volumen y/o superficie.
- Están estrechamente vinculados y son mutuamente dependientes de los sistemas terrestres adyacentes (superficiales y subterráneos) y, en muchos casos, marinos.

Estas propiedades únicas hacen que las aguas superficiales continentales se encuentren entre los ecosistemas más complejos, dinámicos y diversos del mundo, lo que tiene importantes implicancias para la gestión: la cuenca de captación (o cuenca) es la unidad clave para la conservación y la gestión. La conectividad dentro del ecosistema acuático - longitudinal, lateral y vertical - es fundamental para comprender y gestionar las aguas superficiales continentales. La mayoría de los ecosistemas de aguas continentales son sistemas moldeados e influenciados por eventos hidrológicos, morfológicos y biológicos. Por ejemplo, la conectividad hidrológica, la transferencia de energía, materia y organismos, mediados por el agua entre los elementos del ciclo hidrológico, controlan la biodiversidad y los procesos y servicios ecosistémicos a escala de cuenca (Bunn y Arthington, 2002).

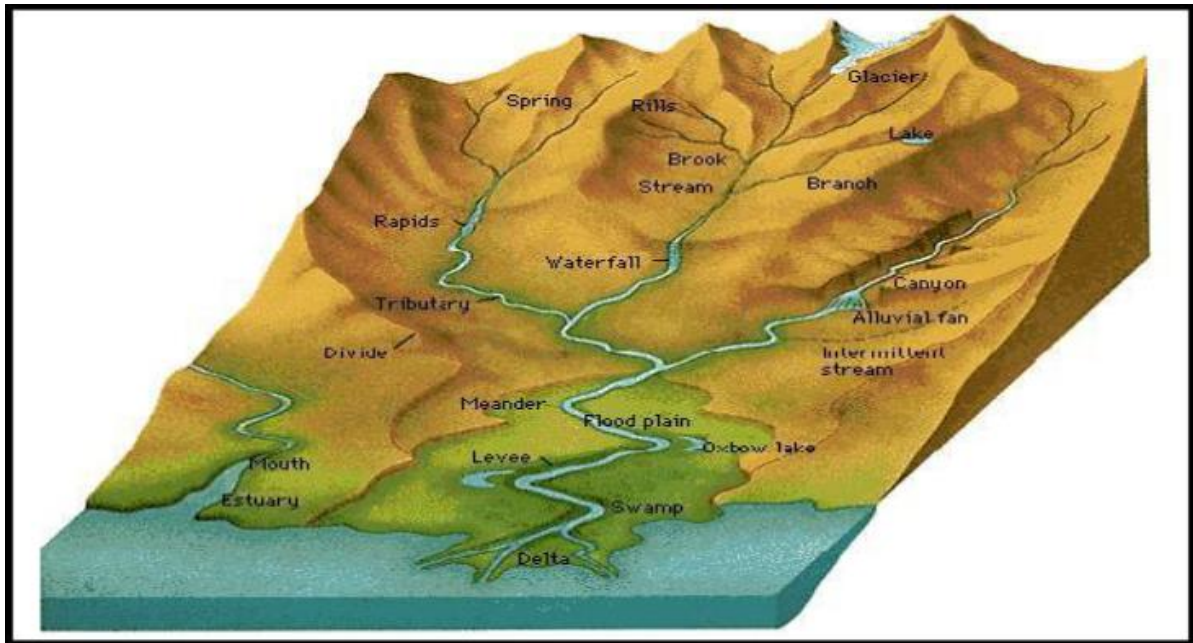
Las aguas superficiales continentales contienen más especies por unidad de área que los ecosistemas marinos y terrestres. Nuestro conocimiento actual de la diversidad de especies de agua dulce, muy subestimada, varía mucho entre grupos de organismos. Incluso entre los peces de agua dulce, recientemente se han descrito casi un centenar de nuevas especies por año solo en América del Sur (Abell et al., 2008).

De forma general, los ecosistemas de aguas continentales pueden ser divididos en dos grupos: ecosistemas lénticos y ecosistemas lóticos. Los lóticos son aquellos que tienen aguas corrientes, como los ríos o arroyos. Están caracterizados por un flujo unidireccional o flujo de agua en una sola dirección. Por otro lado, los lénticos son aguas quietas o de un movimiento muy lento, como lagos, lagunas, estanques, charcas naturales, humedales con vegetación y otras planicies inundadas.

Cabe señalar que la meta 6.6 de los ODS también identifica a los acuíferos como parte de los ecosistemas relacionados con el agua, pero este curso se centrará en las aguas superficiales. Los datos, el conocimiento y los enfoques de acción para los acuíferos presentan características únicas que requieren un enfoque separado.

### **ECOSISTEMAS LÓTICOS (RÍOS Y ARROYOS)**

Los sistemas lóticos se caracterizan principalmente por ser sistemas de agua en movimiento. La Figura 1.1 muestra la diversidad y los detalles geográficos de cada uno de ellos.



Nota: Aluvial fan: Abanico aluvial - Branch: Rama - Brook: Arroyo - Canyon: Cañón - Delta: Delta - Divide: Divisoria - Estuary: Estuario - Flood plain: Planicie de inundación - Glacier: Glaciar - Intermittent stream: curso intermitente - Lake: Lago - Levee: Dique lateral - Meander: Meandro - Mouth: Desembocadura - Oxbow lake: Meandro antiguo - Rapids: Rápidos - Rills: Surcos - Spring: Manantial - Stream: Curso de agua - Swamp: Marisma - Tributary: Tributario - Waterfall: Salto de agua

Figura 1.1: Sistema lótico: Cuenca de drenaje (o Cuenca fluvial). Fuente: <https://www.3dgeography.co.uk/river-diagrams>

Los cursos de agua se originan en las zonas de mayor altitud, como montañas o cordilleras. Pueden surgir por la acción de las aguas subterráneas que ascienden a la superficie como manantiales, por el derretimiento de nieves o glaciares o por la captación de agua de lluvia, entre otros. Hacia aguas abajo, los cursos de agua se transforman en ríos más grandes, que fluyen hacia un lago, el mar o el océano. Estos sistemas son bastante diversos, incluidos, por ejemplo, arroyos de cabecera, arroyos intermitentes o arroyos de llanuras aluviales abiertas en las zonas bajas (ver Figura 1.2). Las características físicas y químicas varían en función de la ubicación del curso de agua. Por ejemplo, en las nacientes habrá temperaturas más bajas, mayor oxígeno disuelto y generalmente menor turbidez en comparación con su desembocadura. La salinidad del agua es también otro componente que aumenta desde la cabecera (naciente) hasta la desembocadura, dependiendo del tipo de suelo que drene la cuenca.

La flora y fauna de los cursos de agua varían en diversidad y morfometría según el curso y la sección del río. La fauna, como los peces de las cabeceras, está adaptada para resistir las altas corrientes aferrándose o excavando. Vegetación como la caña (*Phragmites australis*) se encuentra bien sujeta al sustrato por las raíces, son de tallos flexibles y hojas estilizadas. En el curso medio, los peces ocupan la columna de agua y hay varias macrófitas. Hacia aguas abajo, el agua suele tener un tono más oscuro debido principalmente al transporte de sedimentos, a los aportes de materia en descomposición y a los taninos disueltos de la vegetación circundante. Los tramos aguas abajo pueden tener condiciones de estuario, ya que pueden estar cerca de la desembocadura del río. Algunas especies de peces (por ejemplo, anguilas y salmones) y crustáceos (por ejemplo, *Macrobrachium* sp.) dependen de atravesar sistemas lóticos de agua dulce hasta los hábitats salobres e incluso marinos para completar su ciclo de vida.



Figura 1.2: Ejemplos de ecosistemas lóxicos (Fotografías, Ryan S. Mohammed)

## ECOSISTEMAS LÉNTICOS

Los sistemas lénticos son sistemas de agua quieta caracterizados por tener un tiempo de residencia (tiempo de permanencia del agua en el sistema) mayor y, como resultado, posee las siguientes características:

- Las partículas en suspensión se depositan en el fondo de los cuerpos de agua.
- Se produce el desarrollo de comunidades de peces lacustres, fitoplancton y zooplancton.
- Presencia de ciclos de agua verticales complejos en lugar de una corriente unidireccional.
- La mezcla de agua superior e inferior puede estar limitada debido a la estratificación térmica (separación del agua en capas debido a diferencias de densidad).

Los sistemas lénticos que presentan bajos impactos por las actividades humanas pueden ser de agua clara, lo que permite que la luz penetre en las comunidades bentónicas y periféricas (litorales) con macrófitas y otras plantas. Otros sistemas pueden tener sólidos suspendidos del sustrato asociado o tener un alto contenido de algas como resultado de la eutrofización. Los sistemas lénticos poco profundos son hábitats ideales para plantas como las algas de estanque con raíces sumergidas (*Elodea*); mientras que las aguas más profundas, como en el lago Baikal<sup>1</sup>, pueden tener grandes columnas de algas sumergidas. Los sistemas lénticos incluyen humedales y lagos.

<sup>1</sup> Siberia, Rusia

## **Humedales**

Los humedales son unos de los ecosistemas de agua dulce más críticos y escasos. Aunque cubren solo aproximadamente el 6% de la superficie terrestre y son más comunes en las regiones templadas y boreales, asimismo realizan una amplia gama de funciones ecosistémicas, muchas de las cuales tienen consecuencias a escala mundial. Los humedales son ecosistemas saturados de agua, ya sea de manera estacional o permanente. Se caracterizan por suelos hídricos, en los que prevalecen las condiciones anaeróbicas y sustentan hábitats únicos<sup>2</sup>. Pueden ser artificiales o naturales.

Sus servicios ecosistémicos incluyen el ciclo de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y el filtrado de sedimentos. Aunque el secuestro de carbono (captura y almacenamiento de dióxido de carbono atmosférico) se considera típicamente como una función ecosistémica de la vegetación terrestre, investigaciones recientes han demostrado que los humedales almacenan grandes concentraciones de compuestos de carbono dentro de su sustrato y tejidos vegetales.

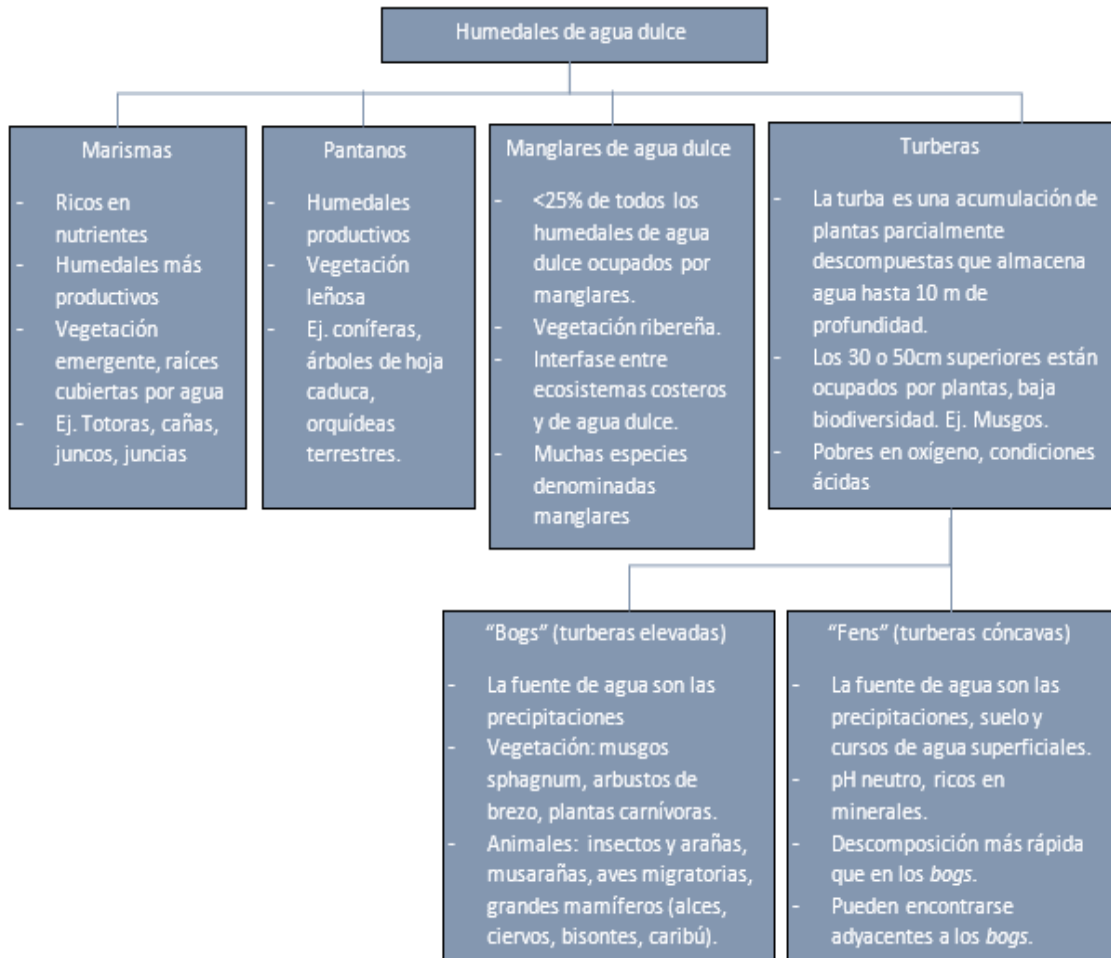
La vegetación que se desarrolla en los humedales debe estar especialmente adaptada para crecer en condiciones ácidas y con poco oxígeno. La superficie de agua y el fondo del humedal proporcionan un hábitat propicio para múltiples etapas de vida de insectos acuáticos y terrestres. Peces, anfibios y reptiles dependen del hábitat proporcionado por los humedales. Además, muchas especies de aves y mamíferos utilizan el agua y sus costas adyacentes. El Cuadro 1.2 y la Figura 1.13 destacan varios tipos y estructuras de humedales.

---

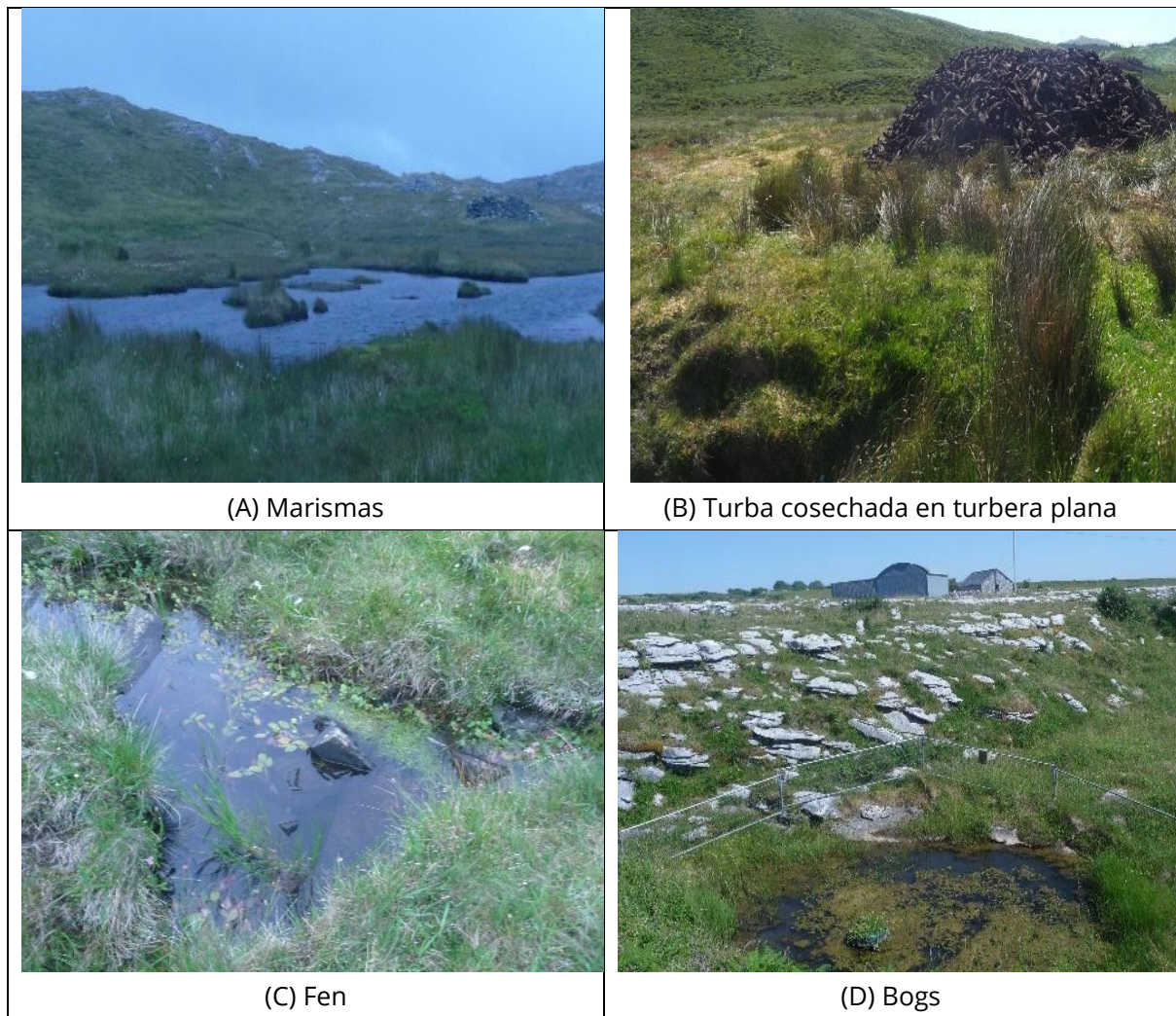
<sup>2</sup> La delimitación precisa de los humedales a escala nacional, provincial o local depende de la definición de humedal que se aplique, ya que los criterios pueden variar. Los humedales con vegetación según la definición del ODS 661 son ecosistemas dominados por el agua, como pantanos, bosques pantanosos, marismas, turberas, arrozales y manglares. Además, las estimaciones de las áreas ocupadas por humedales a nivel mundial, que se están actualizando y mejorando en cuanto a estudios y métodos de identificación, dependen de la definición de humedal que se tome, ya sea que incluyan o no lagos, zonas costeras entre otros.



Cuadro 1.2: Tipos de humedales, estructura y biodiversidad<sup>3</sup>



<sup>3</sup> Esta clasificación responde a los humedales del hemisferio norte, por lo que no se ajustan a las características de nuestro continente. La traducción de los términos se realizó en base al siguiente documento: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/regiones\\_de\\_humedales\\_de\\_argentina\\_final.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/regiones_de_humedales_de_argentina_final.pdf)



(A) Marismas

(B) Turba cosechada en turbera plana

(C) Fen

(D) Bogs

Figura 1.3: Tipos de Humedales (Fotografías Ryan S. Mohammed, Irlanda)

Los lagos son cuerpos de agua profundos que generalmente no tienen conexión directa con el mar y que presentan estratificación en términos de temperatura, oxígeno y nutrientes. Pueden ser tanto de agua dulce como salada (por ejemplo, el Mar Caspio es un lago de agua salada, Figura 1.4A). La mayor parte del agua dulce superficial del planeta (1,2 millones de km<sup>3</sup> o el 0,009% del agua total de la tierra, Cuadro 1.1) se encuentra en los principales lagos del mundo. Los lagos pueden tener diferentes orígenes (ver Figura 1.4). La mayoría son geológicos; sin embargo, algunos lagos son cuencos orgánicos, que son el resultado de la actividad de los organismos vivos (incluido el crecimiento de las plantas, la deposición de detritos o la actividad de los castores, por ejemplo). Otros son artificiales o inducidos (debido a la construcción de presas).

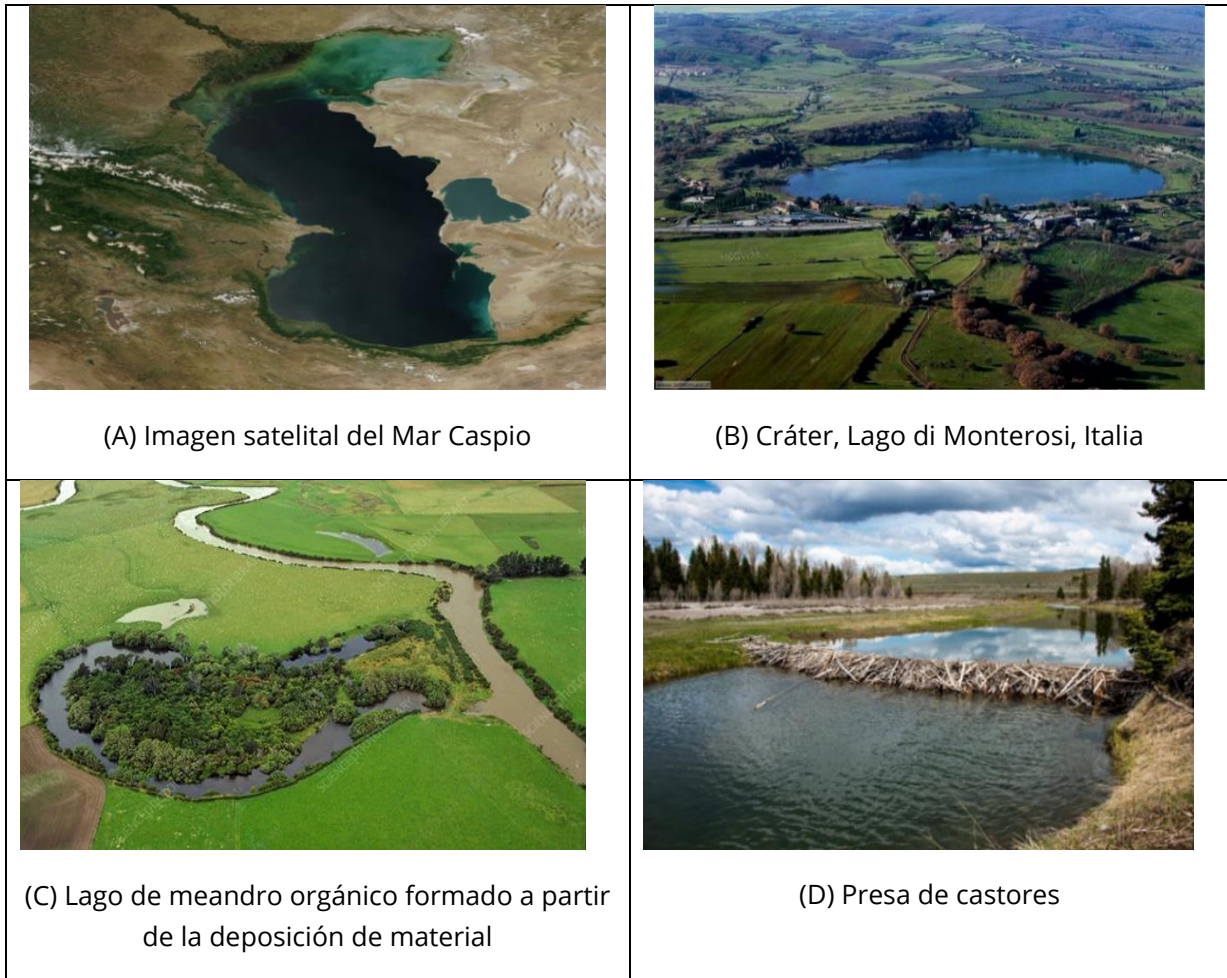


Figura 1.4: Tipos de lagos de cuencas.

A: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Caspian\\_Sea\\_from\\_orbit.jpg/1200px-Caspian\\_Sea\\_from\\_orbit.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/Caspian_Sea_from_orbit.jpg/1200px-Caspian_Sea_from_orbit.jpg)

B: [https://www.settemuse.it/viaggi\\_italia\\_lazio/VT\\_lago\\_monterosi/foto\\_lago\\_monterosi\\_010.JPG](https://www.settemuse.it/viaggi_italia_lazio/VT_lago_monterosi/foto_lago_monterosi_010.JPG)

C: [https://media.sciencephoto.com/image/c0056678/800wm/C0056678Aerial\\_view\\_of\\_an\\_oxbow\\_lake.jpg](https://media.sciencephoto.com/image/c0056678/800wm/C0056678Aerial_view_of_an_oxbow_lake.jpg)

D: [https://cdn.ecohustler.com/media/2020/01/15/beaver\\_dam.jpg](https://cdn.ecohustler.com/media/2020/01/15/beaver_dam.jpg)

## DINÁMICA DE CAMBIOS Y AMENAZAS EN LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

Los ecosistemas de aguas continentales están afectados por las actividades humanas, lo cual conduce a que muchos se encuentren muy degradados. El informe de síntesis de agua de la ONU sobre el ODS 6 (2018) enfatizó que, durante los últimos 40 años, las poblaciones de especies de agua dulce han disminuido en un 80%, más del doble de las tasas observadas en las especies tanto en la tierra como en los océanos. Al mismo tiempo, el mundo ha perdido el 70% de la extensión de sus humedales naturales, incluida una pérdida significativa de especies de agua dulce, en los últimos 100 años, mientras que los cuerpos de agua artificiales, como embalses, presas y arrozales, han aumentado en la mayoría de las regiones del mundo. Para agravar esta pérdida de extensión, se estima que el 80% de las aguas residuales en todo el mundo se vierten directamente a los cuerpos de agua sin ningún tratamiento, lo que genera graves impactos en el ecosistema y la salud humana.

## EVALUACIÓN DEL ESTADO DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES

Hay diferentes formas de evaluar el estado de los ecosistemas relacionados con el agua, incluida la extensión, la cantidad, la calidad, el hábitat y la biología. En el Cuadro 3 se muestra el indicador adoptado a nivel mundial en el marco de los ODS.

### **Cuadro 1.3: Indicador ODS 6.6.1**

La meta 6.6 de los ODS tiene como objetivo específico proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua, incluidas las montañas, los bosques, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos. El seguimiento del progreso en la meta 6.6 utiliza un indicador global, el indicador 6.6.1, que considera el cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua a lo largo del tiempo, proporcionando datos importantes para que los países tomen medidas. El indicador tiene como objetivo monitorear cuatro categorías principales de ecosistemas: humedales con vegetación (incluidos pantanos, bosques pantanosos, marismas, arrozales, turberas y manglares), superficies de agua libre (como lagos y embalses), ríos y estuarios y aguas subterráneas; cuatro sub-indicadores (extensión espacial, cantidad de agua, calidad del agua y salud del ecosistema) describen diferentes aspectos de estos ecosistemas. Debido a las limitaciones de los datos, a nivel global se enfatiza en la evaluación del cambio en la extensión espacial de las superficies de agua libre.

La SDG 6.6.1 Explorer Platform (Plataforma para la Exploración de Ecosistemas de Aguas Continentales del ODS 6.6.1 - <https://map.sdg661.app/>) contiene datos a nivel mundial sobre ecosistemas que se utilizan para monitorear el indicador 6.6.1 de los ODS. Además, las evaluaciones específicas del estado de los ecosistemas de aguas continentales pueden estar disponibles en el país o a escalas provinciales o locales. En algunos casos, es posible que ya existan evaluaciones generales que permitan identificar los ecosistemas de aguas continentales, por ejemplo, como naturales / en gran parte naturales / moderadamente perturbados / en gran parte perturbados / o gravemente perturbados y que pueden ayudar a orientar la acción. En el módulo 4 se analizarán más orientaciones sobre las características y aplicaciones de dicha plataforma.

### **Contextualización**

#### **Estado de los ecosistemas asociados al agua en Argentina: indicadores y fuentes de datos e información disponibles**

Conocer el estado actual de los ecosistemas relacionados con el agua resulta útil para formular objetivos presentes y futuros sobre el estado deseado de los ecosistemas, para realizar determinadas acciones de gestión, para aumentar la conciencia de las autoridades y las diferentes partes interesadas y para conocer los cambios de los ecosistemas a lo largo del tiempo (PNUMA, 2017a). En relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se proponen una serie de indicadores para describir el estado de los ecosistemas. Uno de los principales desafíos es elegir el conjunto apropiado de indicadores, lo que dependerá del contexto particular de cada región, de los tipos de ecosistemas y de los recursos disponibles (PNUMA, 2017a). En Argentina todavía no se cuenta con toda la información necesaria para informar el estado de

todos estos indicadores para todas las regiones y tipos de ecosistemas. Se describe a continuación una pequeña parte de la información disponible asociada a los diferentes indicadores de estado de los ecosistemas relacionados con el agua en Argentina.

### **Indicadores de cantidad de agua**

De acuerdo con una estimación realizada para todo el país la oferta del recurso hídrico en Argentina se puede expresar como un caudal medio anual de 26000 m<sup>3</sup>/s (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, 2012). A pesar de que esta cifra es cuantitativamente importante, la distribución de este recurso es heterogénea: el 85% del agua superficial total disponible corresponde a los territorios argentinos de la cuenca del Río de la Plata, donde se concentra la mayor parte de la población y la actividad productiva del país (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, 2012). La oferta media anual de agua superficial por habitante es de aproximadamente 20400 m<sup>3</sup>/habitante/año, sin embargo, el consumo y la distribución del agua son desiguales en todo el territorio (Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva, 2012). También resulta importante destacar en relación con la oferta del recurso hídrico las estimaciones realizadas para la Cuenca del Plata por parte del Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata-CIC, 2017), así como también las estimaciones realizadas en términos de la calidad de agua.

Más allá de las estimaciones puntuales sería importante conocer la oferta de recurso hídrico en las diferentes regiones del país, sobre todo teniendo en cuenta la desigual distribución, así como en el tiempo, para poder estudiar, por ejemplo, las variabilidades temporales (estacionales y anuales) y espaciales y los cambios en la oferta.

### **Indicadores de extensión espacial y cambio en la superficie**

En relación con las estimaciones de superficie de los ecosistemas relacionados con el agua en Argentina, resulta importante destacar las realizadas para los humedales en el contexto del Inventario Nacional de Humedales. Investigadores y profesionales de varias instituciones del país están desarrollando desde hace varios años actividades y proyectos para avanzar en el proceso de elaboración del Inventario Nacional de Humedales de Argentina. Uno de los resultados de este proceso es la identificación y delimitación de las regiones y subregiones de humedales de todo el país (Nivel 1 del Inventario Nacional de Humedales) (Benzaquén et al., 2017). Este trabajo incluye una estimación de la expresión de los humedales en cada región y subregión utilizando un criterio edáfico (Kandus et al., 2008) y un criterio basado en la cartografía de humedales del suelo (Fabricante, Minotti & Kandus, en preparación) (por tratarse de estimadores de carácter regional, la presencia de humedales de dimensiones pequeñas fue subestimada en algunos casos). En Argentina la superficie ocupada por los humedales (según el criterio edáfico) fue estimada en 600000 km<sup>2</sup>, lo que representa el 21,5% del territorio nacional (Kandus et al., 2008).

La extensión espacial de los humedales de Argentina estimada según la metodología del Indicador 6.6.1 (PNUMA) es de 121654,88 km<sup>2</sup>, número que subestima considerablemente la superficie de humedales calculada para el país (600000 km<sup>2</sup>) (PNUMA, 2021). De acuerdo también con este indicador la superficie de lagos, ríos, estuarios y cuerpos de agua artificiales en Argentina es de 27897,89 km<sup>2</sup> y en el año 2016 se observó una disminución de un 22% en la extensión espacial de estos ecosistemas respecto de la línea de base estimada para el período 2001-2005. La mayor parte de esta disminución se encontró asociada con cambios en

los cuerpos y cursos de agua permanentes.

### **Indicadores de calidad del agua**

Para reportar la calidad de agua (Indicador 6.3.2 de los objetivos de desarrollo sostenible) se precisan datos de mediciones in situ y análisis de muestras recolectadas en los diferentes ecosistemas. Deben ser relevados varios parámetros fisicoquímicos para caracterizar el estado de la calidad de agua. La elección de estos parámetros dependerá del tipo de ecosistema y también de la capacidad para monitorear y evaluar la calidad del agua de cada región. Algunos de los parámetros básicos sugeridos por el PNUMA son: oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, nitrógeno (en sus diferentes formas), fósforo y pH (PNUMA, 2020). También sugieren la medición de otros parámetros adicionales como contaminantes específicos (metales pesados, pesticidas, etc.) y contaminantes biológicos (*Escherichia coli*, número de coliformes fecales, etc.) (PNUMA, 2017b).

Con respecto a la disponibilidad de datos de calidad del agua el sistema WEBGIS de calidad del agua (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021) administrado por la Dirección de Gestión Ambiental de Recursos Hídricos de Argentina, es una herramienta donde se centraliza y se comparte información georreferenciada de varias de las cuencas hidrográficas del país. El sistema permite conocer el estado y las modificaciones en la calidad de agua de distintos cuerpos de agua (ríos, lagos, embalses, acuíferos, humedales, mares).

### **Indicadores biológicos**

La provisión de bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad dependen de la integridad ecológica de los ecosistemas (Kandus et al., 2010). La integridad ecológica es compleja de evaluar y es el resultado de la composición de la biota, su estructura espacio-temporal y de diferentes procesos (como los ciclos biogeoquímicos) (Krug, 2018). Dependiendo del tipo, tamaño y la biota de los ecosistemas los indicadores biológicos pueden ser útiles para monitorear su integridad ecológica (PNUMA, 2017b). El monitoreo de estos indicadores requiere de mayor esfuerzo que el monitoreo parámetros fisicoquímicos. Estos indicadores pueden referirse a peces, invertebrados, algas, macrófitas (entre otros) y pueden implicar, la estimación de abundancia y composición de especies, la medición de rasgos funcionales, de biomasa, el relevamiento de especies exóticas, entre otros (PNUMA, 2017b).

En relación con los indicadores biológicos en Argentina resulta importante destacar el trabajo realizado en el marco de la Red de Evaluación y Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos (REM.AQUA), donde se reúnen los antecedentes y el estado del arte sobre los bioindicadores en los ecosistemas fluviales del país (Domínguez et al., 2020).

## **PRESIONES SOBRE LOS ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES Y SUS IMPULSORES**

Dentro de las presiones que impactan en las condiciones de los ecosistemas de aguas continentales, se incluyen (adaptado de UNEP, 2017):

- Infraestructura hidráulica (p. ej. presas y diques);
- Alteraciones del flujo (p. ej. extracciones y derivaciones de agua, operación de embalses);
- Modificaciones de hábitats acuáticos y cambios en el uso del suelo (p. ej. urbanización o cambios hacia producción agrícola);
- Sobreexplotación (p. ej. pesca o caza en exceso, extracciones excesivas de agua o arena);

- Contaminación biológica del agua (p. ej. especies invasoras);
- Contaminación química del agua (p. ej. drenaje desde áreas agrícolas o urbanas, aguas residuales no tratadas);
- Contaminación térmica del agua.

Estas presiones y sus impulsores son de por sí dinámicas y evolucionan con el tiempo, debido principalmente a las evoluciones socioeconómicas y al cambio climático.

La Figura 1.5, adaptada de Perspectiva Mundial sobre los Humedales (Convención de Ramsar sobre los Humedales., 2018), presenta los tipos de presiones que influyen en los cambios en diferentes tipos de humedales.

		Régimen físico				Extracción			Introducción			Modificación				
		Cantidad de agua	Frecuencia del agua	Sedimentos	Salinidad	Régimen térmico	Agua	Biota	Suelo y turba	Nutrientes	Productos químicos	Especies Invasoras	Residuos sólidos	Drenaje	Conversión	Quema
Continental	Ríos, arroyos, llanuras de inundación	o					o								o	
	Lagos	o					o									
	Humedales arbolados	o	o				o	o						o	o	o
	Turberas						o		o					o	o	o
	Marismas (en suelos minerales)	o					o							o	o	
	Humedales subterráneos						o									
Costeros	Estuarios, llanuras mareales, marismas saladas, lagunas	o													o	
	Manglares	o						o							o	
	Sistemas de arrecifes (incl. De coral, de bivalvos, de zonas templadas)			o		o					o					
	Dunas de arena, costas rocosas, playas			o											o	
	Aguas marinas someras, praderas de pastos marinos, bosque de algas marinos				o					o		o				

**Generadores de cambio antropogénicos directos en diferentes tipos de humedales naturales**

Generadores de cambio en diferentes tipos de humedales

- Principales generadores de cambio de distribución/importancia mundial
- Generadores de cambio importantes de distribución/importancia de regional a mundial
- Otros generadores de cambio importantes conocidos, de alcance local o desconocido
- Indica los generadores que se sabe que ocasionan la destrucción de los humedales

Figura 1.5: Presiones que provocan cambios en los humedales naturales. Fuente: (Convención de Ramsar sobre los Humedales., 2018), [https://www.ramsar.org/sites/default/files/flapbooks/ramsar\\_gwo\\_spanish\\_web.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/flapbooks/ramsar_gwo_spanish_web.pdf)

## MARCO PARA ENTENDER EL ESTADO DEL ECOSISTEMA, LAS PRESIONES, LOS IMPULSORES DE CAMBIO Y LOS IMPACTOS

Como se dijo anteriormente, la interacción entre los ecosistemas acuáticos continentales y las sociedades humanas impulsa cambios en los ecosistemas. Estos cambios pueden generar impactos tanto positivos como negativos en los ecosistemas y, por lo tanto, también en los servicios que brindan. Comprender estos vínculos y la dirección potencial del cambio es clave para la gestión sostenible de los ecosistemas acuáticos continentales, donde se pueden identificar tanto las amenazas como los posibles mecanismos de cambio.

El marco de referencia para este análisis es el de Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR) (Figura 1.6). Se trata de un marco causal para describir las interacciones entre la sociedad y el ambiente y se utiliza para evaluar y gestionar los problemas ambientales (Gupta et al 2020).

Cada uno de los componentes del marco FPEIR se describe a continuación:

- *Fuerzas Motrices (drivers)* son las causas subyacentes del cambio ambiental que son externas al sistema o región en cuestión, p. ej. cambio climático y socioeconómico, política regional, nacional e internacional. Reflejan las condiciones pasadas, presentes o futuras que provocan cambios en los ecosistemas.
- Las *presiones (pressures)* son las variables que cuantifican el efecto de los Impulsores dentro de un sistema o región, p. ej. temperatura, precipitación, cobertura del suelo, población regional, demanda de agua per cápita, precios de los cultivos o márgenes brutos; generalmente se evalúan mediante el desarrollo de escenarios cuantitativos regionales.
- Las variables de *estado (state)* representan la sensibilidad del sistema o del sector a las variables de presión. Esto implica la definición y cuantificación de todos aquellos elementos relevantes para el suministro del servicio ecosistémico por organismos biológicos y la demanda de servicios ecosistémicos por parte de las personas. Los estados están compuestos por variables que describen el conjunto del sistema socio-ecológico, incluyendo tanto los atributos de los beneficiarios como de los proveedores de los servicios ecosistémicos. Son elementos tangibles.
- El *impacto (impact)* es una medida de cómo los cambios en las variables de estado tienen un efecto negativo o positivo en los individuos, la sociedad y/o los recursos ambientales. En el marco que aquí se presenta, los efectos negativos o positivos se miden en términos de capacidad para prestar un servicio determinado.
- Las *respuestas (responses)*, a través de las políticas y de la gestión planificadas, tienen como objetivo minimizar los impactos negativos (o maximizar los impactos positivos o beneficios) actuando sobre las variables socioeconómicas de presión o directamente sobre las variables de estado.



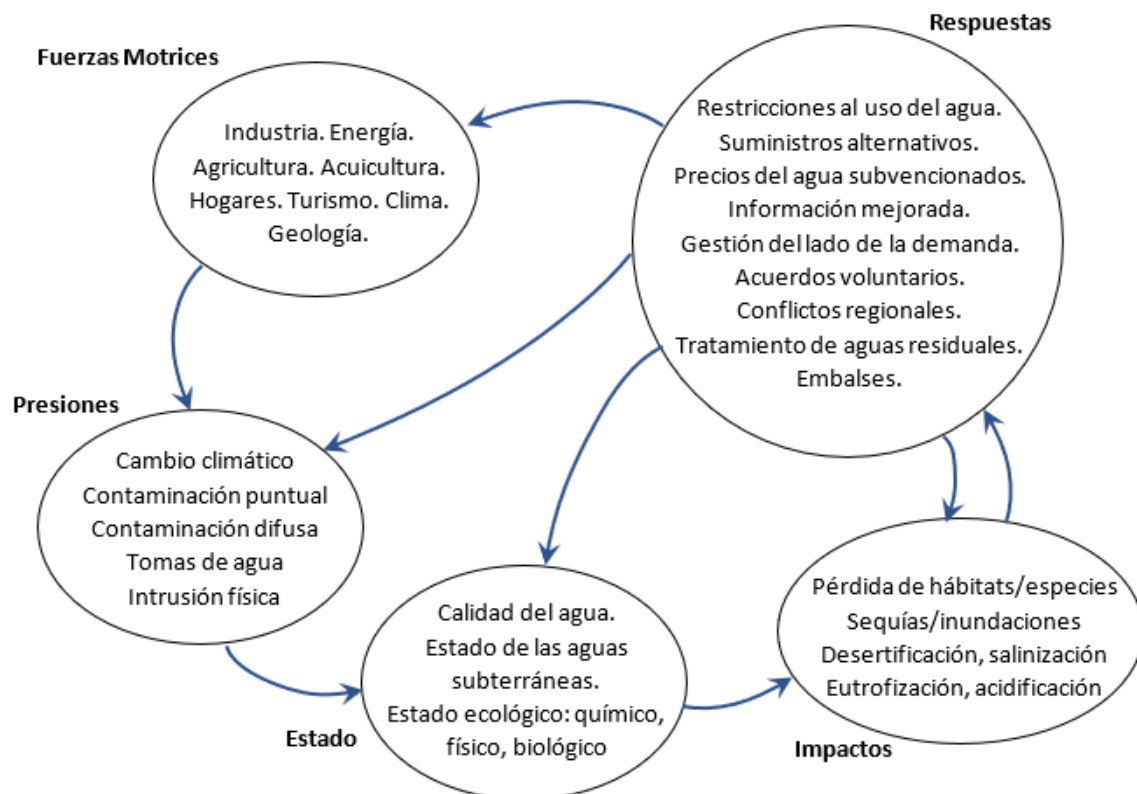


Figura 1.6: Marco FPEIR. Fuente: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-019-00708-6>

Establecer un marco FPEIR integral es una tarea compleja, ya que se deben identificar y describir todas las diversas relaciones causa-efecto y el cambio ambiental rara vez se puede atribuir a una sola causa. Sin embargo, este "Marco para pensar" es útil para aplicar a los respectivos enfoques de gestión y ayuda a identificar los impulsores y las fuerzas del cambio, así como las posibles vías de acción.

### Contextualización

#### Presiones, fuerzas directrices y tendencias de cambio en los ecosistemas de aguas continentales de Argentina

Diversos forzantes y agentes generan presiones sobre los ecosistemas relacionados con el agua en Argentina, llevando a su degradación y en algunos casos a su pérdida. Entre las presiones más importantes que impactan sobre las condiciones de los ecosistemas de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2017) se incluyen: infraestructura hídrica, alteración del flujo, modificación del hábitat acuático, sobreexplotación, contaminación biológica del agua, contaminación química del agua y contaminación térmica del agua. Se describirán algunos ejemplos de estos tipos de presiones sobre los ecosistemas relacionados con el agua en Argentina.

En relación con las presiones asociadas con la infraestructura hídrica y la alteración del flujo, en los ecosistemas acuáticos misioneros las principales presiones son generadas por las represas. Las represas como Yacyretá y Uruguái y otras proyectadas como Garabí representan cambios para los ríos y arroyos: pérdida de hábitats, alteración de variaciones hidrológicas naturales, modificación de las propiedades químicas del agua, alteraciones de las comunidades biológicas, aumento de invasiones biológicas y desaparición de especies, entre

otras (Baigún & Lombardo, 2017). Por otro lado, en varias regiones del país se realizan diferentes tipos de obras para el manejo del agua (canalizaciones, drenajes por bombeo, esclusas y azudes, terraplenes) principalmente asociadas a las actividades agrícolas y ganaderas (por ejemplo, en la región pampeana) (Baigún & Lombardo, 2017) y a las actividades forestales (por ejemplo, en el Delta del Paraná) (Blanco & Méndez, 2010).

Respecto a las modificaciones en el hábitat acuático, por ejemplo, en los humedales del corredor fluvial chaco-mesopotámico hay una expansión de las arroceras, lo que implica un reemplazo total de la vegetación natural original y potenciales impactos negativos debido al uso de agroquímicos (Bo & Quintana, 2017). En el caso de la región pampeana, la actividad agropecuaria ha provocado la mayor degradación y reemplazo de ambientes naturales de todo el territorio nacional (Cabido et al., 2003).

En cuanto a la sobreextracción de recursos, se registró que las vegas y lagunas altoandinas pueden verse afectadas por la utilización de los acuíferos que las alimentan (por ejemplo, al instalarse tomas de agua para abastecer a pueblos cercanos) (Yacobaccio & Morales, 2017) y por la tendencia a utilizar agua de las lagunas y vegas de altura para construcción de rutas en proyectos viales (Sosa & Guevara, 2017). Además, las vegas son afectadas por la excesiva carga de ganado doméstico, que ha llevado a un lento proceso de degradación y desertificación por sobrepastoreo (Sosa & Guevara, 2017). Los mallines de la Patagonia y algunos humedales de la planicie de inundación del río Paraná son otros ejemplos de ecosistemas afectados por la sobrecarga ganadera, el sobrepastoreo y pisoteo del ganado (Bo & Quintana, 2017; Buria, 2017).

La contaminación química del agua ha sido registrada como una presión en muchas regiones del país (Benzaquén et al., 2017). Como ejemplo se destacan los proyectos de explotación de litio en las salinas de la puna, que además de implicar un consumo de gran cantidad de agua, conllevan un potencial riesgo de salinización de las capas de agua dulce (Yacobaccio & Morales, 2017). Por otro lado, cabe mencionar el aumento del estado trófico de los cuerpos de agua de la región pampeana asociado al uso del suelo (principalmente agrícola y ganadero) (Ver ejemplo de enfoque DPSIR en la siguiente sección). En cuanto a las invasiones biológicas de especies exóticas se encuentran, entre muchas otras, la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), uno de los peces más frecuente y ampliamente introducido en el mundo, en las yungas y varias cuencas de la Patagonia; la carpa (*Cyprinus carpio*) en lagunas de la planicie de inundación del Paraná, en humedales del monte central y en lagunas de la pampa húmeda; el tamarisco (*Tamarix ramosissima*) en los humedales del monte central y en los ríos y arroyos de los valles intermontanos (Benzaquén et al., 2017).

#### **Ejemplo de aplicación del esquema fuerza directriz- presión- estado - impacto - respuesta (FPEIR): la agriculturización de la región pampeana.**

Las lagunas son el componente central de los humedales pampeanos (Quirós et al., 2006). Son someras, polimícticas, eutróficas o hipertróficas (Quirós, 2003). En la región pampeana se ha observado un cambio en la composición de los usos de la tierra, dado principalmente por un aumento en la proporción de tierra dedicada a la agricultura (Viglizzo et al., 2001). A continuación, se aplica el esquema fuerza directriz- presión- estado - impacto - respuesta para esta problemática (Figura 1.7).

**Fuerza directriz:** la agricultura pampeana ha sufrido una intensificación en las últimas décadas (Quirós et al., 2006), reemplazando pastizales naturales de la región y zonas previamente ganaderas. A su vez, el avance de la agricultura sobre la ganadería ha favorecido la implementación del engorde de ganado a corral ("Feedlot") (Quirós et al., 2006).

**Presiones:** la intensificación de la ganadería se encuentra asociada con un aumento en el uso de fertilizantes y pesticidas (Quirós et al., 2006), que por escorrentía ingresan a las lagunas pampeanas (Castro Berman et al., 2018; Iturburu et al., 2019). Los efluentes de los feedlots sin adecuado tratamiento y el gran volumen de estiércol generado convierte a estos establecimientos en fuentes de contaminación de las lagunas y otras aguas superficiales y subsuperficiales (García et al., 2015).

**Estados:** el contenido de nutrientes en el agua (principalmente de fósforo y nitrógeno), la concentración de herbicidas, insecticidas y otros agroquímicos en el agua, la biomasa algal y la cobertura de vegetación acuática arraigada son indicadores que describen el estado de las lagunas pampeanas.

**Impactos:** se observa una abundancia relativa de lagunas turbias con elevada eutrofización en las zonas con mayor intensidad de uso de la tierra de la región (Quirós, 2003). Muchas de estas lagunas experimentan floraciones de cianobacterias que pueden generar toxinas. Estas condiciones en las lagunas, además de disminuir su capacidad de uso recreativo, podrían generar riesgos para la salud humana y animal. Se observa una paulatina disminución de la vegetación arraigada al sedimento, mientras que la biomasa algal cobra una creciente importancia en las aguas abiertas de las lagunas (Quirós et al., 2006).

**Respuestas:** la restauración de lagunas someras no vegetadas y turbias hacia un estado vegetado de aguas más claras es dificultosa. La drástica reducción de la carga de nutrientes es una necesidad para la recuperación, pero sus efectos podrían observarse luego de varias décadas (Quirós et al., 2006). Un apropiado manejo de los residuos y efluentes generados en los feedlots, una adecuada distribución de los usos del suelo y un control en la utilización de fertilizantes y pesticidas podrían contribuir a la disminución de la carga de nutrientes y contaminantes exportada a los cuerpos de agua (Ongley, 1997).

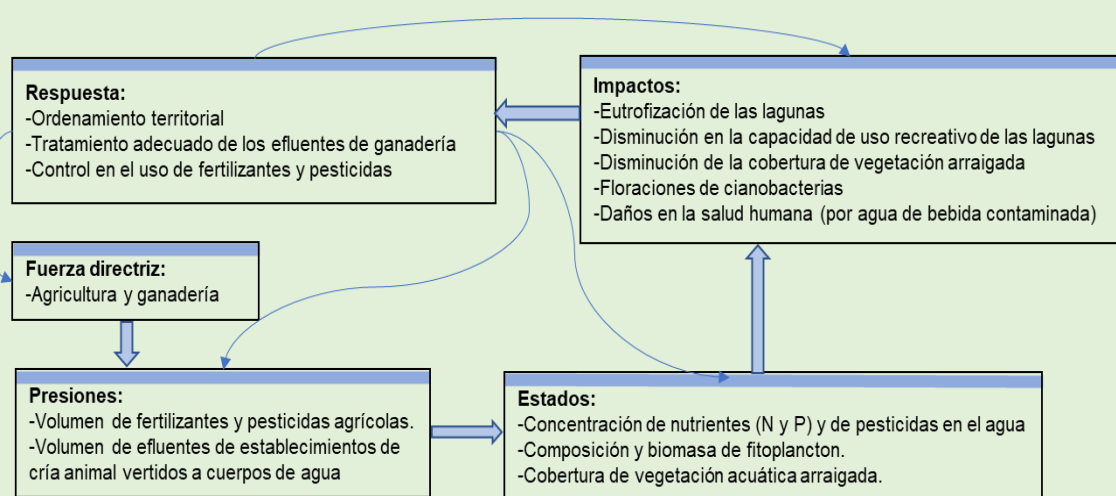


Figura 1.7: Esquema fuerza directriz- presión- estado - impacto - respuesta aplicado a la agriculturización de la región pampeana.

## **SERVICIOS DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES**

Definir y comprender los diferentes tipos de servicios que brindan los ecosistemas de aguas continentales permite internalizar la importancia de su gestión eficaz. Para lograr el desarrollo sostenible, es clave la participación de los interesados en la gestión de los ecosistemas acuáticos continentales en lo referido a su protección y restauración.

Si bien existen diferentes enfoques (ver en particular el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021, sección 2.3), compartimos aquí un marco de referencia clave para comprender y analizar los servicios de los ecosistemas, desarrollado bajo la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM) (Millennium Ecosystem Assessment). Iniciado en 2001, el objetivo de la EM era evaluar las consecuencias del cambio de ecosistemas para el bienestar humano y la base científica para actuar en mejorar la conservación y el uso sostenible de esos sistemas (incluidos los sistemas de agua dulce) y su contribución al bienestar humano. También ayudó a demostrar que la capacidad de estos hábitats de aguas continentales para producir estos servicios está en declive y alertó sobre la necesidad de actuar.

## **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROPORCIONADOS POR LOS SISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES BASADOS EN EL EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO**

Los servicios ecosistémicos se definen como las condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los componen sostienen, satisfacen la vida humana. Los servicios que brindan los ecosistemas acuáticos continentales se pueden clasificar de la siguiente manera:

### ***Abastecimiento***

- Alimentos: pesca de consumo, caza silvestre, frutas, cereales.
- Agua dulce: almacenamiento y provisión de agua para uso doméstico, industrial y agrícola.
- Materia prima y combustible: producción de troncos, leña, turba, forraje.
- Extracción bioquímica de materiales de la biota.
- Materiales genéticos: medicina, genes vegetales resistentes a patógenos, especies ornamentales.
- Biodiversidad: especies y acervos genéticos

### ***Regulación***

- Regulación climática: gases de efecto invernadero, temperatura, precipitación; composición química de la atmósfera.
- Flujos hidrológicos: recarga y descarga de acuíferos; almacenamiento de agua para la agricultura o la industria.
- Control de la contaminación y depuración: retención, recuperación y eliminación del exceso de nutrientes y contaminantes.
- Erosión-retención de suelos.
- Riesgos naturales: control de inundaciones, protección contra tormentas.

### ***Vínculo cultural con los ecosistemas acuáticos continentales***

- Espiritual e inspirador: sentimientos personales y bienestar.
- Recreativo: oportunidades para actividades de esparcimiento.

- Estética: apreciación de las características naturales (Valoración del paisaje natural).
- Educativo: oportunidades de educación y formación formal e informal.
- Religiosos: rituales y ceremonias.

Debido a la variedad de sus características biológicas, físicas y químicas, los diferentes tipos de ecosistemas acuáticos continentales brindan diferentes tipos de servicios. El PNUMA, en su Framework for Ecosystems Management (Marco para la Gestión de Ecosistemas) (2017), brindó una descripción general de los diferentes tipos de servicios ecosistémicos que pueden ser proporcionados por los distintos ecosistemas (Ver Tabla 1.1). Si bien cada tipo de ecosistema tiene el potencial de proporcionar la mayoría de los servicios de los ecosistemas, si lo hacen o no depende de las condiciones nacionales y locales.

Tabla 1.1: Ejemplos de servicios ecosistémicos potencialmente provistos por distintos tipos de ecosistemas

CATEGORÍA	TIPO DE SERVICIO	TIPO DE ECOSISTEMA					
		Ríos	Zonas ribereñas	Humedales	Lagos	Estuarios	Agua subterránea
ABASTECIMIENTO	Alimentos	X	X	X	X	X	
	Agua	X	X	X	X	X	X
	Materias primas	X	X	X			
	Recursos genéticos	X	X	X	X	X	
	Recursos medicinales	X	X	X	X	X	
REGULACIÓN	Regulación de la calidad del aire	X	X	X	X	X	
	Clima		X	X	X		
	Flujos de agua	X	X	X	X	X	X
	Agua residual	X	X	X	X	X	
	Prevención de erosión		X	X		X	
	Mantenimiento de la fertilidad del suelo	X	X	X			
	Polinización		X	X	X	X	
Control biológico	X	X	X	X	X		
HÁBITAT	Mantenimiento de los ciclos de vida de las especies	X	X	X	X	X	
	Mantenimiento de diversidad genética	X	X	X	X	X	X
CULTURAL	Recreación y salud física y mental	X	X	X	X	X	X
	Turismo	X	X	X	X	X	X
	Apreciación estética e inspiración para el arte, cultura y diseño	X	X	X	X	X	
	Experiencias espirituales y sentido del lugar	X	X	X	X	X	X

Fuente: PNUMA, Framework for Ecosystems Management (2017)

## **Contextualización**

### **Bienes y servicios ecosistémicos: la región del Delta del Paraná**

¿Qué son los humedales? En el marco del Inventario Nacional de Humedales de Argentina se adoptó la siguiente definición “un humedal es un ambiente en el cual la presencia temporaria o permanente de agua superficial o subsuperficial causa flujos biogeoquímicos propios y diferentes a los ambientes terrestres y acuáticos. Rasgos distintivos son la presencia de biota adaptada a estas condiciones, comúnmente plantas hidrófitas, y/o suelos hídricos o sustratos con rasgos de hidromorfismo” (Benzaquén et al., 2017). Esta definición pone el foco en los aspectos funcionales como carácter determinante de los humedales.

La región del Delta del Paraná es un macromosaico de humedales (Malvárez, 1999). Se extiende en la porción inferior de la cuenca del río Paraná a lo largo de aproximadamente 300 km, desde el sur de la ciudad de Diamante (Entre Ríos) hasta las cercanías de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, con una superficie de cerca de 17500 km<sup>2</sup> (Malvárez, 1999)

Un trabajo realizado por Kandus et al (2010) recopila algunos de los numerosos bienes y servicios que proveen los humedales del Delta del Paraná a la sociedad. La provisión de estos servicios depende del mantenimiento de las funciones ecosistémicas de los humedales, que a su vez dependen de aspectos de la biodiversidad y de los procesos que ocurren en los humedales (Kandus et al., 2010). Las funciones ecosistémicas pueden separarse en diferentes categorías: de regulación hidrológica (regulación de inundaciones, recarga de acuíferos, etc), de regulación biogeoquímica (ciclado de nutrientes, regulación de salinidad, etc.) y ecológicas (provisión de hábitat, producción primaria, etc). Estas funciones se asocian con diferentes bienes y servicios ecosistémicos. A continuación, se enumerarán y describirán brevemente algunos de los bienes y servicios provistos por los humedales del Delta del Paraná recopilados en el trabajo de Kandus et al (2010).

#### **Amortiguación de inundaciones** (Minotti et al., 2010)

Los humedales del Delta reducen los picos de las crecientes del río, retienen los excedentes de la escorrentía luego de las lluvias y los liberan luego lentamente. Sin la provisión de este servicio se verían afectadas las ciudades localizadas a lo largo de las márgenes del Paraná. Las actividades humanas de manejo del agua (por ejemplo: endicamientos, terraplenes, canalizaciones, etc.) afectan la capacidad de regulación hídrica de los humedales.

#### **Mejoramiento de la calidad del agua** (Mariñelarena, Giorgi, & Rep, 2010)

Cerca del 96 % de la superficie del Delta se encuentra cubierta por plantas herbáceas. Esta cobertura favorece la disminución de la velocidad del agua, la sedimentación y la retención de materiales en suspensión. Además, las condiciones propias de estos humedales (su estado de óxido reducción, la concentración de oxígeno disuelto, pH, etc.) pueden resultar adecuadas para el ciclado del nitrógeno, la complejación y precipitación del fósforo y de metales. Varias de las especies que son abundantes en el Delta han mostrado tener la capacidad de depurar las aguas, como por ejemplo el junco (*Schoenoplectus californicus*), la paja brava (*Scirpus giganteus*) y la totora (*Typha latifolia*).

### **Secuestro de carbono, producción de forraje para ganado y producción de productos vegetales no alimenticios** (Vicari, 2010)

La vegetación tiene la capacidad de transformar el dióxido de carbono atmosférico en biomasa vegetal (producción primaria) mediante la fotosíntesis. La productividad primaria de las plantas herbáceas del Delta suele ser muy elevada y sostiene una importante producción ganadera. Especies como el carrizo (*Panicum spp.*), el canutillo (*Paspalum repens*) y el pasto dulce (*Glyceria multiflora*) son de gran importancia para la ganadería. A su vez, el junco (*Schoenoplectus californicus*), es cosechado por los pobladores del delta y utilizado en cestería, elaboración de cortinados y otros productos que son comercializados en el puerto de Tigre. Por otro lado, en muchos de los pajonales de paja brava (*Scirpus giganteus*) el anegamiento sostenido genera condiciones de falta de oxígeno que disminuyen la actividad de organismos descomponedores de la materia orgánica, facilitando su acumulación en los suelos.

### **Provisión de proteínas para consumo humano** (Baigún, 2010)

La pesca artesanal es una de las actividades económicas más importantes en la región. La especie más explotada por la pesquería artesanal es el sábalo (*Prochilodus lineatus*), una especie migradora que se pesca principalmente en las lagunas de la planicie de inundación del Paraná y también en los cursos de agua. Desde el año 2001 se observó un aumento en el volumen de pesca de sábalo para exportación, por ello han aumentado las capturas y como consecuencia se observó una reducción en la talla media de los peces capturados.

### **Producción de productos animales alimenticios** (Basilio, Gurini, Fracassi, & Fagúndez, 2010)

La apicultura es otra de las principales actividades productivas de la región (junto con la ganadería y la pesca). Se desarrolla a escala familiar y comercial y se destaca por la alta productividad y la calidad de los productos. Un tipo de agricultura en la zona es la trashumante, donde los apicultores se establecen a principios del verano para producir miel de isla (miel de catay), un producto característico de la región que es apreciado en los mercados internacionales.

### **Provisión de hábitat para especies de interés comercial, cinegético, cultural, etc.** (Quintana & Bó, 2010)

La región del delta posee una elevada diversidad de ecosistemas que permiten albergar una abundante y diversa fauna silvestre. Algunas de estas especies son utilizadas para obtener productos (carne, cuero y medicinas) tanto para fines comerciales como para la subsistencia de los pobladores. Todas las especies pueden considerarse parte del patrimonio cultural de la zona y a su vez son importantes para el desarrollo de prácticas recreativas y de ecoturismo (observación de aves, caza deportiva, etc.).

## **PERSPECTIVAS SOBRE LA VALORACIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

La identificación de los servicios de los ecosistemas de aguas continentales y su valoración pueden contribuir en gran medida a su protección y restauración. La valoración puede ayudar a evaluar la contribución de los ecosistemas al bienestar humano. Además, favorece el intercambio de perspectivas de los interesados sobre los beneficios de proteger los ecosistemas y los enfoques para hacerlo. Por último, puede llevar a comprender, de diferentes formas, los

incentivos que enfrentan los tomadores de decisión en la gestión de ecosistemas o a evaluar las consecuencias de actuar de forma alternativa.

La valoración económica de los ecosistemas acuáticos continentales sigue siendo una herramienta clave para la toma de decisiones, aunque es importante tener en cuenta que su valor reside en múltiples dimensiones, incluidas en particular las económicas, culturales, espirituales, emocionales y ambientales. Como se destaca en el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021, "Valorar el agua", reconocer, medir y expresar el valor del agua e incorporarlo en la toma de decisiones es fundamental para lograr la gestión sostenible y equitativa de los recursos hídricos y los ODS. "Valor" significa cosas diferentes para varios grupos de usuarios e interesados y es importante, a través del proceso de toma de decisiones, que se concilien los diferentes valores del agua y que las compensaciones entre ellos se resuelvan e incorporen de manera sistemática e inclusiva.

### ***Metodologías para la valoración económica de los servicios ecosistémicos de aguas continentales***

Como se mencionó anteriormente, los ecosistemas acuáticos continentales proporcionan diversos bienes y servicios a la sociedad humana. Muchos de los bienes y servicios que pueden proporcionar a nivel mundial en la actualidad no se compran ni venden y, por lo tanto, no tienen una etiqueta de precio fácilmente observable. Cualquier valor económico asociado a estos bienes o servicios debe estimarse utilizando un sustituto de los comportamientos observables presenciados en el mercado.

Los métodos disponibles para la valoración cuantitativa de los ecosistemas de aguas continentales superficiales requieren experiencia tanto de las ciencias sociales como de las ciencias naturales. Tradicionalmente, los enfoques de precios utilizan datos derivados del mercado del "mundo real" para establecer un valor monetario. Esto es relativamente fácil para los bienes y servicios que se comercializan en el mercado (como el suministro de agua potable o energía), pero es más difícil para los servicios que no lo son (como la calidad del paisaje).

Existen métodos de valoración más completos, incluido, por ejemplo, el Valor Económico Total (VET) (Loomis et al, 2000; Tinch et al, 2019). El enfoque incluye los conceptos de Valor de Uso y de Valor de No Uso. El Valor de Uso incluye (i) uso directo, (ii) uso indirecto y (iii) la oportunidad de usar un recurso (también llamado valor de opción). El Valor de No Uso incluye (i) el valor de la existencia de un recurso y (ii) el beneficio del recurso para otros. El valor de uso directo puede aplicarse a recursos extractivos como peces y agua, mientras que indirecto podría ser la provisión de servicios para crianza de peces juveniles, aunque la oportunidad de usar estos recursos del ecosistema para la pesca recreativa también tiene un valor monetario sin extraer agua realmente. El sistema de valor de no uso aborda la disposición a pagar por permitir a terceros disfrutar del ecosistema y también para permitir su existencia para las generaciones futuras. El valor de no uso generalmente se enfoca en un recurso intangible.

El Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2021, secciones 2.3 y 2.4, proporciona una buena descripción general del estado del arte en la valoración económica de la contribución de la naturaleza a las personas y los servicios ecosistémicos.



A veces, dentro del proceso de toma de decisiones, no es posible realizar una valoración económica de los servicios ecosistémicos. En esos casos, puede ser útil buscar estimaciones existentes en contextos relativamente similares del valor de los servicios ecosistémicos, y utilizarlas como referencias para ilustrar el valor potencial de los servicios e informar y mejorar el diálogo en torno a la protección y restauración de los ecosistemas acuáticos continentales (Cuadro 1.4).

#### **Cuadro 1.4: Ejemplos de valoraciones a diferentes escalas**

A nivel mundial, por ejemplo, Costanza *et al* (2014) cuantificaron la pérdida mundial de servicios ecosistémicos debido al cambio de uso del suelo y encontraron que ascendía a \$ US 4.3-20.2 billones/año. El mismo estudio encontró que los servicios ecosistémicos contribuyen más del doble al bienestar humano que el PBI mundial. Esto, a su vez, puede conducir a un aumento posterior del valor cuantificable de los servicios ecosistémicos existentes.

Como parte del desarrollo de un plan de gestión de cuencas hidrográficas para el lago Ohrid, compartido entre Albania y Macedonia del Norte, se realizó una valoración de los servicios ecosistémicos en 2017. El valor de los servicios de los ecosistemas proporcionados por el lago se estimó en más de 60 millones de dólares solo para los servicios de abastecimiento. También se estimó el valor de los servicios de toda la cuenca. Esta valoración fue uno de los insumos clave para el desarrollo del plan de gestión de la cuenca<sup>4</sup>.

Finalmente, también es útil mencionar que se está avanzando de manera más amplia para el desarrollo y estructuración del relevamiento de los ecosistemas. En particular, la Comisión de Estadística de las Naciones Unidas adoptó en marzo de 2021 el [System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting](#) (Sistema de Contabilidad Ambiental-Económica — Contabilidad de Ecosistemas) (SEEA EA). Se trata de un marco estadístico integrado y completo para organizar datos sobre hábitats y paisajes, medir los servicios ecosistémicos, rastrear los cambios activos de los ecosistemas y vincular esta información a la actividad económica y humana. Los datos sobre los ecosistemas de aguas continentales, incluida la información sobre la extensión y condición de los ecosistemas, los servicios ecosistémicos y su valoración, pueden contribuir al desarrollo del SEEA EA. Inversamente, los avances que se están logrando en el SEEA EA pueden proporcionar información importante a los responsables de la toma de decisiones y los profesionales para la planificación de políticas, el análisis de costos y beneficios o para crear conciencia sobre la importancia de la naturaleza para la sociedad.

#### ***Inversiones para la protección de ecosistemas de aguas continentales***

Un caso de inversión presenta los argumentos para la acción. Puede dirigirse a diferentes categorías de actores, incluidos los encargados de formular políticas, los interesados o las empresas. Su contenido podría incluir, por ejemplo, información de antecedentes, beneficios esperados de la acción (en particular para los actores a los que se dirige), también

---

<sup>4</sup> Ver <https://www.gwp.org/en/GWP-Mediterranean/WE-ACT/News-List-Page/2021/valuing-lake-ohrid/#:~:text=The%20total%20value%20%E2%80%93%20expressed%20in,watershed%2C%20equals%20%242%2C102%2Fha>

potencialmente las opciones consideradas y los costos y riesgos esperados. Un caso de inversión no está necesariamente cuantificado (ver, por ejemplo, <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/businesscase.pdf>), pero la valoración de los servicios prestados y de los impactos de los cambios puede fortalecer enormemente el caso para la acción.

## **Contextualización**

### **Casos de pago por servicios ecosistémicos relevantes del país o de la región**

La valoración de los ecosistemas de aguas continentales se puede llevar a cabo mediante esquemas de pago por servicios ecosistémicos (PSA). Estos son en general mecanismos en que los proveedores de servicios ecosistémicos (SE) reciben un pago por parte de los beneficiarios de esos servicios lo que ocurre a partir de una compensación financiera a los usuarios de la tierra. La estructura que siguen los PSA consiste en un mecanismo de financiamiento, un mecanismo de pago y un mecanismo de administración. Dentro de los servicios ecosistémicos más comúnmente compensados se encuentran la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos.

En el caso de los últimos, la valoración económica de los SE ha sido aplicada con bastante éxito e incorporada a la toma de decisiones. En particular, las cuencas fluviales tienen características que facilitan la adopción de esta metodología. Por un lado, tienen una marcada polaridad espacial respecto a la provisión de SE, mientras que las tierras aguas arriba los proveen, las comunidades aguas abajo gozan de su provisión o experimentan su carencia (Jobbágy et al. 2020). Por otro lado, frente a cambios en el uso del suelo o variabilidad hidrológica que impulsen la transformación y la degradación de los ambientes de la cuenca alta, es relativamente fácil evaluar de manera muy clara un costo de reemplazo. Esto significa que las empresas, corporaciones y/o los grandes usuarios del agua en las zonas bajas, deberán incurrir en significativos gastos (planta de tratamiento, defensas contra inundaciones, riego, etc) para compensar la ausencia de ese SE (Heal 2000).

La Alianza Latinoamericana de fondos de agua se conformó en 2011 a partir de la unión de la ONG The Nature Conservancy (TNC) con el Banco Interamericano de Desarrollo, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente y la Fundación FEMSA. Este organismo lidera un mecanismo de PSA que busca asegurar la conservación de los recursos hídricos. El primero de los fondos de agua se llevó a cabo en el año 2000 en Quito, Ecuador y su objetivo fue para la conservación de los humedales altoandinos, indispensables como fuente de agua para abastecimiento.

Este tipo de PSA se apoya en inversiones a largo plazo concentrados en un solo fondo y cuyos recursos se asignan a preservar los ambientes de la cuenca alta a través de acciones de conservación. Los fondos desarrollan mecanismos financieros, de gobernanza y de gestión que reúnen actores tales como gobiernos locales, corporaciones, usuarios o empresas administradoras del agua. El Fondo de agua consta formalmente de 5 etapas. La etapa 1 de factibilidad en la cual se define el problema y se buscan potenciales socios; la etapa 2 de diseño, que abarca el análisis de áreas prioritarias, estudios financieros y la definición del plan estratégico; la etapa 3 de creación que consiste en la formalización del fondo; la etapa 4 donde se desarrollan e implementan los planes de trabajo y la etapa 5 de

consolidación y que tiene por objetivo asegurar la viabilidad a largo plazo.

Hoy en día, en la región se están llevando a cabo 25 fondos de agua en distintas etapas. En Argentina se están desarrollando los Fondos de Agua de la cuenca del río Mendoza y del Río Chubut. El primero se encuentra en la etapa más avanzada (etapa de diseño) mientras que para el río Chubut se ha presentado recientemente el análisis de factibilidad. En el caso del fondo de agua de Mendoza que se firmó en 2019, participa el gobierno local y tiene apoyo de 3 empresas multinacionales (Coca-Cola, Danone y Quilmes).

El fondo de agua de Mendoza se conformó para la protección de la principal cuenca hidrográfica de la provincia de nombre homónimo. Este río es el foco de desarrollo del oasis de riego más importante del país y del cuarto complejo urbano más populoso. En la etapa de factibilidad (Jobbágy et al. 2018) se evaluaron los 300 km que recorre el río desde el nacimiento de sus afluentes más occidentales en la frontera con Chile hasta su vertido en el río Desaguadero. En el estudio se determinó que la demanda de agua se concentra casi completamente en las áreas de llanura y se estimó el uso tanto domiciliario como agrícola. Se definió que, si bien la demanda urbana compite con la agrícola por la misma fuente, el agua no se ve afectada en su calidad debido a que la toma para consumo humano se encuentra aguas arriba. Por otro lado, destaca que una parte de la zona de recarga de acuíferos se ubica bajo el área más densamente poblada y bajo el área de cultivos sugiriendo su vulnerabilidad a la contaminación urbana y la recarga no controlada a partir del agua de riego (Torres et al. 2003). Además, y en consonancia con estudios históricos, se determinó que el aumento de la superficie cultivada dependiente del riego restringió fuertemente los subsidios de agua a los sistemas naturales aguas abajo. En consecuencia, los ambientes ubicados en la última parte de la cuenca han sufrido procesos de desertificación, agotamiento del sistema de lagunas y asociado a esto el empobrecimiento y migración de los pobladores del desierto que dependían de este recurso (Torres et al., 2003; Jobbágy et al., 2018)

La primera etapa del Fondo de Agua permitió entonces definir los segmentos de la cuenca más relevantes en cuanto a la producción de agua. Estos puntos son los que necesitan más protección junto con los lugares en los cuales ocurre el desvío para consumo y descarga de agua. Se plantea entonces la necesidad de mejorar o construir obras para aumentar la eficiencia en el suministro de agua para riego, así como trabajar en soluciones que mitiguen el impacto de dicha actividad. El próximo paso consiste en orientar las inversiones para la concreción de medidas tendientes a la conservación del recurso.

## **CONCLUSIÓN – HACIA LA ACCIÓN**

Como se desprende de los tipos de servicios ecosistémicos, presiones y fuerzas motrices, los ecosistemas de aguas continentales son parte de sistemas socioeconómicos e institucionales complejos. Su situación se ve profundamente afectada por la evolución socioeconómica, incluida, por ejemplo, la expansión agrícola, la industrialización o la urbanización. A su vez, los cambios en los ecosistemas acuáticos continentales también pueden afectarlos; por ejemplo, el aumento de los riesgos de inundaciones vinculados a la reducción de las áreas de humedales puede afectar las actividades humanas. En este sentido, es fundamental a la hora de actuar, tener un enfoque intersectorial que involucre a todos los interesados relevantes y movilice el

pensamiento sistémico. El Módulo 2 presentará los pasos clave hacia el desarrollo de un plan de acción para la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales.

#### LECTURAS OBLIGATORIAS

- UN Water, 2018. Synthesis report on SDG 6.
  - Sección sobre el Objetivo 6.6 (páginas 87 - 92). Disponible en <https://www.unwater.org/publications/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/>

#### LECTURAS RECOMENDADAS

- Janos J. Bogardi, Jan Leentvaar, Zita Sebesvári, 2020. *Biología Futura: integrating freshwater ecosystem health in water resources management*. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s42977-020-00031-7>
- UNEP, 2021. Story map presenting example of status of a Freshwater ecosystem and pressures: <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/1/0/0>
- UN WWAP, 2021. United Nations World Water Development Report 2021 "Valuing Water". Disponible en: <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021/>
  - Resumen ejecutivo. Disponible en español en: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375750\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375750_spa)
  - Sección 2.3 "Valuing the environment" and 2.4 "Methods used to calculate value"
- The Nature Conservancy - Guidance on developing a business case. TNC Water Funds Toolbox. Disponible en: <https://waterfundstoolbox.org/project-cycle/design/design-studies/business-case>

#### SITIOS WEB

- SDG 661 Freshwater ecosystems explorer: <https://www.sdg661.app/>
- Alianza latinoamericana de fondos de agua: <https://www.fondosdeagua.org/es/>

#### REFERENCIAS

Abell, R., Thieme, M.L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S.C., Bussing, W. & Stiassny, M.L., (2008). Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5), pp.403-414.

Baigún, C. (2010). Pesca artesanal. En P. Kandus, N. S. Morandeira, & F. Schivo (Eds.), *Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná*. Fundación Humedales / Wetlands International.

Baigún, C., & Lombardo, R. (2017). Región Humedales de la Pampa. Subregión lagunas de la pampa húmeda. En L. Benzaquén, D. Blanco, R. Bo, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti, & R. Quintana (Eds.), *Regiones de Humedales de la Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.

Basilio, A., Gurini, L., Fracassi, N., & Fagúndez, G. (2010). Apicultura. En P. Kandus, N. S. Morandeira, & F. Schivo (Eds.), *Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del*

Paraná. Fundación Humedales / Wetlands International.

Benzaquen, L., Blanco, D., Bo, R., Kandus, P., Lingua, G., Minotti, P. G., & Quintana, R. (2017). Regiones de humedales de la Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.

Blanco, D., & Méndez, F. (2010). Endicamientos y terraplenes en el Delta del Paraná. Situación, efectos ambientales y marco jurídico. Fundación Humedales / Wetlands International.

Bo, R., & Quintana, R. (2017). Región Humedales del corredor fluvial Chaco-Mesopotámico. Subregión Ríos, esteros, bañados y lagunas del río Paraná. En L. Benzaquén, D. Blanco, R. Bo, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti, & R. Quintana (Eds.), Regiones de Humedales de la Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.

Bunn, S.E. & Arthington, A.H., (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental management*, 30(4), pp.492-507.

Buria, L. (2017). Región Humedales de la Patagonia. Subregión Lagos, cursos de agua y mallines de los Andes patagónicos. En L. Benzaquén, D. Blanco, R. Bo, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti, & R. Quintana (Eds.), Regiones de Humedales de la Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.

Cabido, D., Cabido, M., Garré, S. M., Gorgas, J. A., Miatello, R., Rambaldi, S., Ravelo, A., & Tassile, J. L. (2003). Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba.

Calvache, A., S. Benítez y A. Ramos. 2012. Fondos de Agua: Conservando la Infraestructura Verde. Guía de Diseño, Creación y Operación. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. The Nature Conservancy, Fundación FEMSA y Banco Interamericano de Desarrollo. Bogotá, Colombia. 144p.

Castro Berman, M., Marino, D. J. G., Quiroga, M. V., & Zagarese, H. (2018). Occurrence and levels of glyphosate and AMPA in shallow lakes from the Pampean and Patagonian regions of Argentina. *Chemosphere*, 200, 513-522.

Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata-CIC. (2017). Análisis Diagnóstico Transfronterizo de la Cuenca del Plata-ADT. (Organización de los Estados Americanos- OEA (ed.)).

Convención de Ramsar sobre los Humedales. (2018). Perspectiva mundial sobre los humedales: Estado de los humedales del mundo y sus servicios a las personas. Gland (Suiza). Secretaría de la Convención de Ramsar.

Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global environmental change*, 26, 152-158.

Domínguez, E. et al. (2020). La bioindicación en el monitoreo y evaluación de los sistemas fluviales de la Argentina: bases para el análisis de la integridad ecológica (E. Domínguez, A. Giorgi, & Nora Gómez (Eds.)). Eudeba.

Fabricante, I., Minotti, P., & Kandus, P. (en preparación). Mapa de humedales de Argentina a partir de coberturas del suelo.

FAO/OAPN. Pago por servicios ambientales en áreas protegidas en América Latina, Santiago,

Chile, FAO-Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España, 2009.

García, A., Fleite, S. N., Ciapparelli, I., Vazquez Pugliese, D., Weigandt, C., & Fabrizio de Iorio, A. (2015). Observaciones, desafíos y oportunidades en el manejo de efluentes de feedlot en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Ecología Austral*, 25, 255–262.

Gari, S. R., Guerrero, C. E. O., Bryann, A., Icely, J. D., & Newton, A. (2018). A DPSIR-analysis of water uses and related water quality issues in the Colombian Alto and Medio Dagua Community Council. *Water Science*, 32(2), 318-337.

Gupta, J., Scholtens, J., Perch, L., Dankelman, I., Seager, J., Sánder, F., Stanely-Jones M. & Kempf, I. (2020). Re-imagining the driver–pressure–state–impact–response framework from an equity and inclusive development perspective. *Sustainability Science*, 15(2), 503-520.

Iturburu, F. G., Calderon, G., Amé, M. V., & Menone, M. L. (2019). Ecological Risk Assessment (ERA) of pesticides from freshwater ecosystems in the Pampas region of Argentina: Legacy and current use chemicals contribution. *Science of The Total Environment*, 691, 476–482.

Jobbágy, E.G.; Pascual, M.; Barral, M.; Poca, J.; García Silva, L.; Oddi, J.; Castellanos G.; Clavijo, A.; Diaz, B.; Villagra, P. 2021. Representación espacial de la oferta y la demanda de los servicios ecosistémicos vinculados al agua. *Ecología Austral* Vol. 31 (En prensa)

Kandus, P., Minotti, P., & Malvárez, A. I. (2008). Distribution of wetlands in Argentina estimated from soil charts. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 30(4), 403–409.

Kandus, P., Morandera, N. S., & Schivo, F. (Eds.). (2010). Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná. Fundación Humedales / Wetlands International.

Kleynhans, N., Bunn, S., Bogárdi, J., Henny, C., Tharme, R. & Flotemersch, J.E., (2018). A Framework for Freshwater Ecosystem Management Volume 2: Case Studies. *A Framework for Freshwater Ecosystem Management*.

Krug, P. (2018). Integridad ecológica de los humedales del Bajo Delta del Río Paraná bajo diferentes modalidades productivas.

Laterra, P, Jobbágy, EG and Paruelo, JM. 2011. Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial, Buenos Aires: INTA

Loomis, J., Kent, P., Strange, L., Fausch, K., & Covich, A. (2000). Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: results from a contingent valuation survey. *Ecological economics*, 33(1), 103-117.

Malvárez, A. I. (1999). El Delta del Río Paraná como mosaico de humedales. En A. I. Malvárez (Ed.), *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica* (pp. 35–53). Montevideo: Oficina Regional de Ciencia y Tecnología de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

Mariñelarena, A. J., Giorgi, H. D. Di, & Rep, R. R. (2010). Depuración de aguas. En P. Kandus, N. S. Morandera, & F. Schivo (Eds.), *Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná*. Fundación Humedales / Wetlands International.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Red Federal de Monitoreo Ambiental. <https://redfema.ambiente.gob.ar/index.php/>

Ministerio de Ciencia, T. e I. productiva. (2012). Núcleo socio-productivo estratégico: Recursos hídricos. Documento de referencia.

Minotti, P., Grings, F., & Borro, M. (2010). Amortiguación de inundaciones. En P. Kandus, N. Morandera, & F. Schivo (Eds.), Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná. Fundación Humedales / Wetlands International.

Ongley, E. D. (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. FAO.

Pascual, M.; Barral, M.; Poca, M.; Pessacg N.; García Silva, L.; Albariño, R.; Romero, M.E.; Jobbágy, E.G (2021). Ecosistemas acuáticos continentales y sus servicios: Enfoques y escenarios de aplicación en el mundo real. *Ecología Austral* Vol. 31 (En prensa)

PNUMA. (2017). A Framework for Freshwater Ecosystem Management. Volume 1: Overview and guide for country implementation. PNUMA.

PNUMA. (2017b). A Framework for Freshwater Ecosystem Management. Volume 2: Technical guide for classification and target-setting. PNUMA.

PNUMA. (2020). Una introducción al indicador 6.3.2 de los ODS.

PNUMA. (2021). SDG Data. [www.sdg6data.org](http://www.sdg6data.org)

Quintana, R., & Bó, R. (2010). Fauna Silvestre. En P. Kandus, N. S. Morandera, & F. Schivo (Eds.), Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná. Fundación Humedales / Wetlands International.

Quirós, R. (2003). The relationship between nitrate and ammonia concentrations in the pelagic zone of lakes. *22*, 37-50.

Quirós, R., Boveri, M. B., Petracchi, C. A., Rennella, A. M., Rosso, J. J., Sosnovsky, A., & Von Bernard, H. . (2006). The Effects of the Pampa Wetlands Agriculturization on Shallow Lakes Eutrophication. In J. G. Tundis, T. Matsumura-Tundis, & C. S. Galli (Eds.), *Eutrofização na América do Sul: Causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle* (pp. 1-16). International Institute of Ecology.

Sosa, H., & Guevara, B. (2017). Región humedales altoandinos y de la puna. Subregión vegas y lagunas altoandinas. En L. Benzaquén, D. Blanco, R. Bo, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti, & R. Quintana (Eds.), *Regiones de Humedales de la Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.

Tinch, R., Beaumont, N., Sunderland, T., Ozdemiroglu, E., Barton, D., Bowe, C., Börger, T., Burgess, P., Cooper, C.N., Faccioli, M. & Failler, P., (2019). Economic valuation of ecosystem goods and services: a review for decision makers. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 8(4), pp.359-378. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/21606544.2019.1623083?journalCode=teep20>

Torres, E., E. M. Abraham, E. Montaña, M. Salomon, L. M. Torres, M. Fusari, and S. Urbina. 2003. Mendoza y el uso del agua. Pp. 17-34 en A. F. Cirelli y E. M. Abraham (eds.). *El agua en Iberoamérica. Aspectos de la problemática de las tierras secas*. Autoridad Nacional del Agua, Buenos Aires, Argentina. Pp. 151

UNEP, 2017. A Framework for Freshwater Ecosystem Management. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/publication/framework-freshwater-ecosystem-management>

Vicari, R. L. (2010). Productividad primaria y almacenaje de carbono. En P. Kandus, N. S. Morandera, & F. Schivo (Eds.), Bienes y Servicios Ecosistémicos de los Humedales del Delta del Paraná.

Viglizzo, E. F., Lértora, F., Pordomingo, A. J., Bernardos, J. N., Roberto, Z. E., & Del Valle, H. (2001). Ecological lessons and applications from one century of low external-input farming in the pampas of Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83(1-2), 65-81.

Yacobaccio, H., & Morales, M. (2017). Región humedales altoandinos y de la Puna. Subregión Vegas, lagunas y salares de la Puna. En L. Benzaquén, D. Blanco, R. Bo, P. Kandus, G. Lingua, P. Minotti, & R. Quintana (Eds.), *Regiones de Humedales de la Argentina*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Fundación Humedales/Wetlands International, Universidad Nacional de San Martín y Universidad de Buenos Aires.



## **MÓDULO 2: PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS DE AGUAS CONTINENTALES**

### **OBJETIVO**

Este módulo tiene como objetivo contribuir al conocimiento de los procesos que pueden emplearse en la identificación de ecosistemas acuáticos continentales prioritarios y en el desarrollo de planes de acción para conservar y/o restaurar esos ecosistemas.

### **OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**

Al completar este módulo, los participantes deben tener un buen conocimiento de:

- Alcance, escala y principios de los planes de acción de los ecosistemas acuáticos continentales.
- Análisis de situación, análisis de los interesados y diseño del proceso de planificación de acciones.
- Compromiso inicial con los interesados e identificación de ecosistemas de aguas continentales prioritarios.
- Desarrollo del plan de acción a través de un proceso de participación de múltiples actores.
- Implementar, monitorear, evaluar y aprender
- Conclusión e importancia de los datos

### **INTRODUCCIÓN**

Los ecosistemas acuáticos continentales, como lagos, ríos, humedales y acuíferos son indispensables para la vida en nuestro planeta. En el Módulo 1 se destacó cómo son esenciales para el desarrollo sostenible y el bienestar humano a través de los servicios que brindan, incluidas algunas de las presiones y amenazas a las que se enfrentan. Se necesita una acción dedicada a protegerlos y restaurarlos, para contribuir a un futuro sostenible para las personas, el ambiente y la economía.

Para la planificación de acciones se puede utilizar un enfoque que consiste en un proceso relativamente rápido que tiene como objetivo identificar acciones catalizadoras que pueden ayudar a impulsar el cambio, identificadas a través de un proceso de participación de múltiples actores. Esto ayuda a demostrar el impacto y a catalizar acciones adicionales. Este módulo también identifica cómo se podría mejorar el proceso en diferentes etapas hacia un proceso más integral de planificación de acciones.

### **ALCANCE, ESCALA Y PRINCIPIOS DE LOS PLANES DE ACCIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE ACUÁTICOS CONTINENTALES**

Los ecosistemas de aguas continentales se ven profundamente afectados por las interacciones entre las sociedades humanas y el ambiente natural, ya sea, por ejemplo, a través de cambios en el uso del suelo, extracción de agua para consumo humano y actividades económicas, contaminación o cambio climático causado por las actividades humanas.

La gestión sostenible de los ecosistemas de aguas continentales requiere reconocer las complejas interacciones socioeconómicas que los afectan, cómo estas impulsan cambios en la

dinámica de los ecosistemas, qué otras alternativas se pueden identificar para cambiar la dinámica y qué acciones potencialmente conducirían a hacerlas viables para quienes interactúan con el medio. Este enfoque debe llevarse a cabo de manera que esté plenamente alineado con los intereses legítimos de los interesados, cuyas opiniones y perspectivas deben integrarse por completo en cualquier objetivo a largo plazo.

Acá nos centramos en la planificación de acciones que se lleva a cabo bajo el liderazgo de una o varias instituciones con mandato, con el objetivo de conservar y restaurar los ecosistemas de aguas continentales, al mismo tiempo que responde y se alinea con los objetivos de desarrollo y los marcos de políticas en el país más amplios.

En cuanto al alcance, se hace hincapié en dos componentes principales de la planificación de acciones:

- Priorización de los ecosistemas de aguas continentales para proteger y/o restaurar.
- Desarrollo de un plan de acción que comprenda un conjunto concreto de intervenciones específicas del contexto e implementables para dar respuestas a los desafíos identificados. Debería integrar las perspectivas de los diferentes interesados durante su formulación y validación, contar con el apoyo de las instituciones y también de otras organizaciones gubernamentales nacionales y locales relevantes.

El objetivo principal de un proceso rápido es identificar áreas prioritarias en las que enfocarse e intervenciones catalizadoras que pueden ayudar a impulsar el cambio. Como tal, el plan de acción destacaría una breve lista de acciones prioritarias, que serían principalmente intervenciones de corto a mediano plazo, dentro de una visión a más largo plazo. Sin embargo, puede ser útil enumerar por separado las acciones a largo plazo que se pueden considerar en el futuro; el plan debe esforzarse por construir mecanismos para una acción sostenida y más integral a lo largo del tiempo, ya que la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales es un proceso a largo plazo. La razón para centrarse en intervenciones a más corto plazo (o "ganancias rápidas") es proporcionar una prueba de concepto para mejorar el entorno propicio para futuras intervenciones.

El enfoque descrito está orientado a la planificación de acciones a escala nacional o subnacional (provincial o de cuencas hidrográficas, por ejemplo), aunque puede adaptarse para el trabajo a menor escala, incluido el trabajo específico de un sitio (Cuadro 2.1).

### **Los principios clave del enfoque son:**

- Flexibilidad en la implementación. Cada país tiene condiciones políticas, económicas, ambientales, sociales y culturales únicas, lo que significa que no existe un enfoque único que funcione para proteger y restaurar los ecosistemas de aguas continentales. El enfoque que se presenta aquí pretende ser una guía para garantizar que durante el proceso se consideren los problemas clave en lugar de un modelo establecido.
- Pensamiento sistémico (Ver el Cuadro 1 a continuación), para identificar y desarrollar soluciones que puedan efectuar cambios en las fuerzas motrices de las presiones. Esto implica centrarse fuertemente en enfoques multisectoriales e interdisciplinarios.
- Participación de múltiples interesados para identificar de manera integral y conjunta los problemas y los posibles impulsores del cambio, evaluar los beneficios, los efectos en

cadena y las interacciones y aumentar el apoyo y la aceptación de las acciones identificadas.

- Basarse en procesos y prioridades nacionales definidas, para ayudar a garantizar que las soluciones contribuyan a cumplir los compromisos existentes, aumentando la eficiencia y el impacto de los recursos utilizados.
- Reconocimiento y gestión de los objetivos en competencia. La gestión de los ecosistemas de aguas continentales a menudo requiere arbitrar entre las compensaciones percibidas (trade-off) que involucran las necesidades de desarrollo socioeconómico a corto plazo, que puede ejercer presiones adicionales sobre los ecosistemas y las necesidades de proteger y restaurar los ecosistemas para apoyar un desarrollo sostenible a largo plazo. Identificar estos objetivos en competencia, maximizar las sinergias siempre que sea posible y garantizar un proceso de toma de decisiones participativo y transparente son elementos clave.
- Encontrar el equilibrio entre el realismo y la ambición. El enfoque debe ser ambicioso para lograr cambios duraderos y transformadores en la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales. Al mismo tiempo, el enfoque debe aportar realismo a la ambición para que los objetivos se cumplan a través de un proceso y acciones que sean factibles y alcanzables.

#### **Cuadro 2.1: Pensamiento sistémico para la gestión de ecosistemas.**

Muchos de los problemas que enfrentamos hoy involucran estructuras interdependientes, múltiples actores y son, al menos en parte, el resultado de acciones pasadas. Estos problemas son extremadamente difíciles de abordar y las soluciones convencionales a menudo han tenido consecuencias no deseadas. Un enfoque de pensamiento sistémico debe considerar los sistemas como un todo: cómo se interrelacionan las partes y cómo las interconexiones crean patrones emergentes. Las herramientas de pensamiento sistémico nos permiten mapear y explorar la complejidad dinámica. Con una mejor comprensión de los sistemas, podemos identificar los puntos de influencia que conducen a los resultados deseados y evitar consecuencias no deseadas.

UNEP, 2016. Wicked Problems, Dynamic Solutions: The Ecosystem Approach and Systems Thinking

Para profundizar, se recomiendan dos publicaciones claves que presentan diferentes enfoques para la gestión de ecosistemas de aguas continentales:

- UNEP, Framework for freshwater ecosystem management (2017)
- The Nature Conservancy Beyond the Source guide (Abell et al, 2017)

Estas son útiles para que los profesionales mejoren su pensamiento sobre la planificación de acciones hacia la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales y pueden ayudarlos a adaptar sus enfoques.

## **ANÁLISIS DE SITUACIÓN, ANÁLISIS DE INTERESADOS Y DISEÑO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE ACCIONES**

Esta sección se centra en la recopilación y el análisis de datos iniciales, así como en el diseño detallado del proceso de planificación de acciones. Estos diferentes componentes no están separados y se retroalimentan de forma iterativa.

### **ANÁLISIS DE SITUACIÓN**

Para diseñar actividades para proteger o restaurar los ecosistemas acuáticos continentales, es necesario conocer su estado actual e importancia, cómo están evolucionando y por qué y el entorno propicio para ello. El Módulo 1 presentó marcos clave para analizar los ecosistemas de aguas continentales, la dinámica del cambio y los sistemas en los que están integrados; incluidos en particular el marco Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR), la comprensión de los distintos tipos de servicios ecosistémicos proporcionados y enfoques para la valoración de los ecosistemas. Asimismo, la importancia de la participación de los interesados y su análisis, dada la importancia de la identificación de los actores y su categorización en el proceso, requiere una mayor dedicación a esta tarea.

Se debe recopilar información de cada una de las siguientes dimensiones:

- Conocimientos disponibles sobre ecosistemas de aguas continentales en el país, que incluyen:
  - Identificación de ecosistemas acuáticos continentales, incluidos los ecosistemas importantes o de alto valor,
  - Estado ecológico,
  - Servicios ecosistémicos proporcionados y, si están disponibles, su valoración y el plan de protección y restauración,
  - Presiones clave, fuerzas motrices de estas presiones (incluidas las relacionadas con otros sectores como la agricultura, la planificación del uso del suelo, la urbanización o la industrialización) y las tendencias,
  - Escenarios de cambio climático y su impacto previsto en los ecosistemas de aguas continentales.
- Entorno propicio:
  - Arreglos institucionales de protección y restauración, incluida la capacidad institucional y las relaciones entre instituciones;
  - Prioridades, políticas, estrategias, planes y leyes nacionales o subnacionales relevantes;
  - Principales programas, proyectos, iniciativas o compromisos en curso
  - Mecanismos de financiación existentes
  - Falta de capacidad, si se ha identificado previamente
- Identificación y mapeo de interesados (ver más adelante).
- Información relevante disponible sobre las desigualdades, con un enfoque particular en las desigualdades específicas de género, incluidas las desigualdades que contribuyen a las presiones sobre los ecosistemas de aguas continentales, los impactos de la degradación de los ecosistemas sobre las poblaciones más vulnerables, las barreras socioeconómicas, el acceso a los recursos, así como los problemas relacionados con

participación y representación, para asegurar un enfoque inclusivo y la atención a las poblaciones más vulnerables.

- Se debe identificar la información o conocimiento faltante respecto de los puntos anteriores.

El Módulo 3 explora la gama de fuentes de datos que pueden considerarse y cómo se pueden analizar. Dependiendo de los recursos disponibles, el análisis inicial podría llevarse a cabo mediante una revisión rápida de las principales fuentes de datos, algunas entrevistas con informantes clave y posiblemente una encuesta a los expertos identificados; o podría llevarse a cabo una revisión y análisis más a fondo.

Por último, la recopilación y el análisis de datos no deben detenerse al inicio del proceso de planificación de acciones. La información y las perspectivas adicionales, que surgirían en particular a través de la participación de los interesados, deben recopilarse y tenerse en cuenta durante todo el proceso.

### **IMPORTANCIA DE LA PARTICIPACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS INTERESADOS**

Se define a los "Interesados" como personas, grupos y/u organizaciones que pueden afectar o verse afectados por un problema específico. Teniendo en cuenta cómo los ecosistemas de aguas continentales son moldeados y, a su vez, impactan en múltiples sectores y diversos grupos de actores, la participación de los interesados es clave para la gestión sostenible de dichos ecosistemas.

La participación efectiva e inclusiva de los interesados permite que estos se involucren en las decisiones que los afectan y presenta múltiples beneficios, en particular:

- Mejor comprensión de los beneficios de la gestión de los ecosistemas de aguas continentales, los sistemas en juego, los efectos colaterales y las interacciones entre ellos.
- Mejor planificación y toma de decisiones a través de considerar las diferentes perspectivas de los interesados y el desarrollo de soluciones mutuamente aceptables con beneficio para todos.
- Transparencia y responsabilidad
- Mejor aceptación y apoyo de los interesados a las soluciones identificadas, lo que aumenta la probabilidad de implementación e impacto
- Aumento de credibilidad y construcción de confianza entre los diferentes interesados

Los siguientes interesados deben ser considerados para la planificación de acciones sobre protección y restauración de ecosistemas de aguas continentales:

- Instituciones a nivel nacional y subnacional (si corresponde): representantes de las instituciones responsables de la gestión de los ecosistemas acuáticos continentales, de otras instituciones involucradas o con un impacto en los ecosistemas de aguas continentales (por ejemplo, agricultura/ganadería, silvicultura, energía, ambiente,

turismo, urbanismo, saneamiento, finanzas, cambio climático, gestión de riesgos, salud, etc.), organizaciones de cuenca.

- Comunidad de sistema científico, tecnológico y académico: instituciones académicas, universidades, instituciones de investigación, *think-tanks* y otros organismos que puedan tener información, estudios, datos y análisis relevantes sobre diferentes aspectos de los ecosistemas de aguas continentales.
- Sociedad civil: organizaciones no gubernamentales relacionadas a la gestión de ecosistemas de aguas continentales, organizaciones ambientales, organizaciones de base o representantes de grupos marginados, incluidos los pueblos indígenas, grupos de defensa de género y organizaciones dirigidas por jóvenes.
- Representantes de grupos de usuarios y grupos económicos: usuarios de agua, empresas prestadoras de servicios públicos, representantes de grupos económicos con intereses creados en los ecosistemas de aguas continentales y sus impulsores de cambio, ya sean de bebidas, alimentos, minería, energía, papel, productos de consumo, turismo u otros sectores relacionados.
- Comunidades financieras, de desarrollo y de donantes: entidades de las Naciones Unidas más relevantes para el desarrollo sostenible, el ambiente, las consideraciones sociales y el desarrollo económico, donantes multilaterales y bilaterales y bancos de desarrollo, fundaciones, otros financiadores.
- El sector privado como financiista: las empresas que utilizan agua y que pueden estar buscando contribuir a las iniciativas que involucran pago por servicios ambientales que cumplan con sus objetivos de responsabilidad social corporativa, restaurando los ecosistemas que contribuyen a la seguridad hídrica de todos los interesados.

Un análisis de los interesados, basado en su identificación, es clave para diseñar un proceso participativo apropiado y eficaz. Para ello, son posibles diferentes enfoques:

- Un análisis exhaustivo de interesados permite la identificación, evaluación y comparación sistemática de los conjuntos particulares de sus intereses, roles y poderes, así como la consideración e investigación de las relaciones entre ellos, incluidas las alianzas, colaboraciones y conflictos inherentes.
- Como enfoque más rápido, el mapeo de interesados proporciona información importante sobre la identificación y el estado de los interesados en relación con la gestión de los ecosistemas de aguas continentales. Una actividad común es categorizarlos según su interés e influencia (Figura 2.1). El enfoque participativo se puede adaptar a cada uno de estos grupos.

En el análisis, es importante enfatizar el abordaje intersectorial. Muy a menudo, los interesados de alto interés, cuyas acciones tienen un fuerte impacto en los ecosistemas acuáticos continentales, serán de otros sectores, como por ejemplo la planificación del uso del suelo, la agricultura, el desarrollo urbano o la energía.

Cuadro de análisis de los interesados			
INFLUENCIA	<b>Alto poder para influenciar cambios</b>	<p><b>Cumplir:</b> interesados de prioridad media con los que deberá trabajar e involucrar a medida que surjan oportunidades impacto.</p> <p>Ej.: medios de comunicación, otras ONGs y OSCs.</p>	<p><b>Influenciar:</b> interesados de prioridad alta que tienen la habilidad de impactar y tomar decisiones para respaldar los objetivos generales de promoción.</p> <p>Ej.: responsables políticos, tomadores de decisión locales o nacionales, funcionarios de alto nivel</p>
	<b>Bajo poder para influenciar cambios</b>	<p><b>Observar:</b> interesados de baja prioridad para involucrar solo cuando los recursos lo permitan o cuando hay un potencial valor agregado para uno de los objetivos.</p> <p>Ej.: empresas locales afectadas por los problemas.</p>	<p><b>Informar, consultar, involucrar:</b> interesados de prioridad media que pueden verse más afectados por los problemas y que sería beneficioso consultar y mantenerse informado sobre su trabajo.</p> <p>Ej.: comunidad local e interesados que se ven impactados por los temas abordados.</p>
	<b>No les importa mucho y/o no les importa de cerca</b>	<b>Les importa mucho y/o trabajan en la problemática</b>	

Figura 2.1: Cuadro de análisis de interesados y ejemplo de enfoque de interacción

Fuente: Kit de herramientas de promoción del objetivo 16, Red TAP, actualizado. UNESCAP, 2018

## Contextualización

### La actividad hidrocarburífera en la cuenca del río Colorado

La cuenca del río Colorado está conformada por las Prov. de Mendoza, Neuquén, Río Negro, La Pampa y Buenos Aires, y salvo esta última Jurisdicción, en las restantes cuatro se realiza explotación hidrocarburífera sobre la cuenca del Colorado

En los años 60, la empresa YPF comienza la exploración en la región, y hacia 1966 se realiza la perforación de los primeros pozos de producción.

Paralelamente al comienzo de la historia petrolera de la región, la cuenca iba camino de consolidar los acuerdos que desembocaron en la creación del COIRCO en 1976, el proceso de creación del COIRCO, demandó 20 años de estudios técnicos y acuerdos políticos, durante el proceso de conformación del COIRCO no se tuvieron en cuenta las complicaciones ambientales que generaría esta industria, que tuvo un crecimiento muy importante y a principios de los años 80, la producción hidrocarburífera de esta región gravitaba fuertemente a nivel nacional. A esta primera etapa de producción se le fue agregando la explotación secundaria, la misma se produce cuando el petróleo deja de surgir a superficie por su propia presión, y se le inyecta agua a la formación para que empuje el petróleo a superficie, donde se separa el petróleo del agua, a esta se la denomina agua de purga (altamente salina y contaminada).

La industria en esas épocas no contemplaba las buenas prácticas ni los cuidados ambientales, y sobre fines del 80 la situación ambiental en la cuenca se tornó insostenible, si bien las Provincias sufrían las consecuencias de esta explotación irracional, no tenían injerencia sobre esta industria, pues el poder de policía lo detentaba la Secretaría de Energía de Nación. En función de esta realidad, las Provincias integrantes del COIRCO, toman la estructura de este Organismo de Cuenca para aunar estrategias en conjunto para aplicarlas en toda el área de

explotación de la cuenca.

Si bien las provincias no eran Autoridad de Aplicación de esta industria, a través del COIRCO comenzaron a realizar recorridos, inspecciones, muestreos, reuniones con funcionarios nacionales, etc.

Un punto a destacar es que cuando la industria inicia la explotación secundaria la situación ambiental del río se agrava fuertemente, pues el agua de purga que genera ese tipo de explotación es muy importante, y en la mayoría de los casos se descargaba en forma directa al río, modificándole la salinidad a este y poniendo en peligro el programa de puesta en producción bajo riego en la cuenca.

Una serie de incidentes en la actividad petrolera durante 1996 y, muy especialmente, hechos ocurridos entre febrero y marzo de 1997, sumados a otros eventos causados por lluvias muy intensas sobre yacimientos petrolíferos, provocaron cierres temporales de las derivaciones de riego como medida preventiva para evitar posibles daños en los sistemas ante el posible ingreso de manchas de petróleo. Estas contingencias provocaron un sinnúmero de inconvenientes en el riego y en el abastecimiento de agua potable, solo por mencionar algunos de los efectos más importantes. Esta sucesión de hechos derivó en la creación de la Comisión Técnica Fiscalizadora (CTF) integrada por la Secretaría de Energía de la Nación y el COIRCO, a través de un acuerdo celebrado en la ciudad de Neuquén en marzo de 1997 que fue ratificado por el secretario de Energía, los Gobernadores de las cinco provincias y el ministro del Interior.

A partir de la creación de la CTF, y a efectos de la evaluación sistemática de la calidad de las aguas del Colorado, se estableció un Programa de Monitoreo en el período 1997-1999, que permitió elaborar el Programa Integral de Calidad de Aguas, que se ejecuta con periodicidad anual desde el 2000 y se mantiene en la actualidad.

La CTF se ha constituido en un elemento de control necesario, ya que brinda la posibilidad de que una institución como CORCO pueda ingresar en cada una de las 4 provincias hidrocarburíferas (todas las de la cuenca, excepto Buenos Aires), conocer con precisión la situación en cada una de ellas y saber qué está pasando, permitiendo una evaluación comparativa, lo que sería imposible de otra manera, ya que si dicho control lo harían las provincias de manera independiente, no existiría la posibilidad de aplicar un criterio unificado en la evaluación.

Desde 1997, año de creación de la CTF en la Cuenca, no se han producido derrames que llegasen al río, esto es mérito de los controles y monitoreos permanentes a terreno por los inspectores de la CTF, las muy importantes inversiones realizadas por las empresas en materia de prevención (más de U\$D 800.000.000), y el cambio de actitud adoptado por las empresas petroleras en los últimos 20 años.

Lo importante a destacar en este ejemplo es como los actores provinciales reunidos en el COIRCO pudieron aprovechar la estructura de esta institución para abordarla a nivel de cuenca, logrando muy buenos resultados, partiendo de una situación donde ninguna Jurisdicción tenía autoridad de aplicación en este tipo de explotación.



## **DISEÑO DEL PROCESO DE DESARROLLO DE PLANES DE ACCIÓN**

Es importante establecer los pasos que se tomarán para el desarrollo del plan de acción, bajo el liderazgo de la(s) institución(es) clave(s) responsable(s). No existe una única forma de hacerlo, el diseño dependerá de los objetivos de la institución o instituciones encargadas, los recursos disponibles, el contexto del país y las oportunidades que brinda.

Puede ser, por ejemplo, que después de realizar el análisis inicial, se lleve a cabo una primera serie de consultas a los interesados para discutir el análisis y acordar la priorización de los ecosistemas de aguas continentales y el alcance y los principales objetivos del plan de acción. Luego de ello, se puede asignar a un grupo de trabajo más pequeño la tarea de identificar acciones potenciales, que se discutirán durante una segunda serie de consultas, permitiendo que el plan de acción madure. También se puede incluir un proceso de consulta intermedia para recopilar las diferentes visiones de los interesados respecto de las distintas acciones potenciales a considerar.

Cuando sea factible, el proceso se puede construir de manera participativa con los interesados. En un proceso rápido, es posible que las limitaciones de tiempo o financieras no lo permitan; sin embargo, será importante presentar el enfoque a los interesados y estar abierto a recibir sus comentarios y sugerencias.

El diseño debe considerar los siguientes puntos:

- Plazo para el desarrollo del plan de acción
- Recursos disponibles
- Objetivos del proceso de planificación de acciones para las principales instituciones responsables.
- Alcance. Se puede centrar, por ejemplo, en una lista breve de acciones prioritarias que se implementarán a corto y mediano plazo.
- Dominio: Las autoridades competentes deben tomar la decisión final respecto del contenido del plan, basándose en las opiniones presentadas por todos los interesados (incluidas las opiniones disidentes).
- Roles, responsabilidades y actividades en el proceso
- Estrategias efectivas de participación de interesados
- Estrategias de biodiversidad
- Alineación con los procesos en curso relevantes, que podrían ser, por ejemplo, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), la gestión ambiental, las estrategias de biodiversidad, la adaptación climática o la planificación nacional y subnacional.

### **Contextualización**

#### **Control de Efluentes de Galpones de Empaque y Frigoríficos de Fruta en la Provincia de Río Negro**

Sobre la base del censo realizado en toda la provincia se conformó el Registro de Usuarios de los Cuerpos Receptores Hídricos, constituyendo los frigoríficos de frutas y galpones de empaque el sector más numeroso del mismo, con un total de ciento ochenta establecimientos activos (30% del padrón de usuarios).

En 1998, en el marco de una discusión muy intensa entre la Autoridad de Aplicación del Código de Aguas, Departamento Provincial de Aguas (D.P.A.) y los integrantes de la Cámara

Argentina de Fruticultores Integrados (C.A.F.I.), donde esta última cuestionaba enérgicamente la validez de una Resolución emitida por el DPA, donde fijaba nuevos valores límites de vuelco en los efluentes para distintos productos fitosanitarios generados por los Galpones de Empaque y Frigoríficos de Fruta. El argumento de la CAFI se centraba en la imposibilidad de lograr físicamente llegar a los nuevos valores planteados por el DPA.

A los efectos de poder destrabar el conflicto y lograr sentar a las partes a una misma mesa para analizar y estudiar la situación, se creó la "Comisión de Evaluación y Seguimiento del Control de Efluentes de Galpones de Empaque y Frigoríficos de Frutas de la Provincia de Río Negro" (CGEyFF), para avanzar en el desarrollo sustentable de estas actividades industriales, tendiendo a reducir la presencia de productos fitosanitarios en los efluentes, con el fin de asegurar la protección de los recursos hídricos.

La CGEyFF misma quedó conformada por los sectores gubernamentales y privados vinculados a esta problemática, con representantes del:

- ✓ Departamento Provincial de Aguas (D.P.A.).
- ✓ Secretaría de Ambiente y Cambio Climático (SAyCC).
- ✓ Cámara Argentina de Fruticultores Integrados (C.A.F.I.).
- ✓ Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (A.I.C.).

Entre sus objetivos se destacan:

- ✓ Conocer la totalidad de los productos fitosanitarios en efluentes.
- ✓ Realizar ensayos para definir límites que garanticen calidad de cuerpos receptores hídricos.
- ✓ Relevar y proponer adecuaciones, reformas y buenas prácticas de manejo para hacer un uso racional del agua.
- ✓ Investigar y analizar posibles tratamientos.
- ✓ Incentivar controles para garantizar el no uso de productos no autorizados y de alto grado de toxicidad.
- ✓ Formalizar convenios con Universidades e Instituciones.
- ✓ Generar Resoluciones consensuadas con los distintos actores de la Comisión para garantizar su aplicación y cumplimiento (fijación de valores límites, exigir tratamientos de efluentes en distintas etapas, etc.).

En todo este proceso fue muy importante contar con el Financiamiento del Consejo Federal de Inversiones (CFI), que nos permitió desarrollar todos los objetivos planteados y poder fijar, con la participación de los actores arriba detallados, los límites para los distintos agroquímicos y fungicidas que se utilizan en el sector, evaluando los efluentes de nuestra propia industria a través de "análisis ecotoxicológicos" en la Universidad Nacional de Luján, e exigir la ejecución de instalaciones que garantizaran el cumplimiento del tratamiento primario.

## **COMPROMISO INICIAL CON LOS INTERESADOS E IDENTIFICACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS CONTINENTALES PRIORITARIOS PARA LA PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN**

Comprometerse con los interesados en las etapas iniciales es importante para construir un entendimiento compartido sobre el estado de los ecosistemas de aguas continentales y su importancia, incluidos los servicios que brindan, las amenazas que enfrentan y las presiones, sus

fuerzas motrices y sus tendencias de evolución. También puede ser útil, cuando estén disponibles, compartir la valoración de los servicios ecosistémicos o los casos de inversión para la protección y restauración. Este compromiso inicial puede tomar forma de reuniones bilaterales o de grupos pequeños con interesados claves (por ejemplo, instituciones clave como los ministerios de finanzas y planificación) o de un taller en línea o virtual (que se puede combinar con la priorización de los ecosistemas de aguas continentales, ver más abajo). Estos encuentros también son una oportunidad para discutir con los interesados el proceso previsto para la planificación de acciones.

En un contexto de recursos limitados, la priorización de los ecosistemas de aguas continentales a proteger y restaurar es una parte importante de la planificación de acciones. Esta priorización debe basarse en el conocimiento disponible y debe llevarse a cabo con los interesados. Se recomienda un enfoque multicriterio, que puede considerar los siguientes criterios en particular:

- Importancia de los servicios ecosistémicos proporcionados;
- El estado de los ecosistemas acuáticos continentales que se están considerando (por ejemplo, naturales / en gran parte naturales / moderadamente perturbados / en gran parte perturbados / o gravemente perturbados);
- Nivel de riesgo de una mayor degradación en el futuro, derivado de presiones, fuerzas motrices y tendencias.

Dependiendo de los recursos disponibles, un enfoque rápido y simple para la priorización puede consistir en una evaluación cualitativa de los criterios clave, basada en el análisis inicial y enfocándose en los principales ecosistemas de aguas continentales previamente identificados (ver el ejemplo a continuación Cuadro 2.2), seguido de una puntuación. La participación de los interesados puede incluir la realización de un taller y, potencialmente, entrevistas o consultas bilaterales o de grupos pequeños adicionales.

Para la puntuación, es importante tener en cuenta que el proceso implica elegir qué criterios priorizar, los que deben ser discutidos con los interesados: por ejemplo, ¿deberían ser priorizados ecosistemas que ya están muy degradados, con una probabilidad limitada de recuperación dadas las tendencias existentes? ¿O las prioridades deberían centrarse en aquellos ecosistemas que parecen tener una mejor dinámica? ¿Y qué ocurre con los ecosistemas que actualmente no están alterados, pero que pueden enfrentar amenazas en el futuro?

**Cuadro 2.2: Ejemplo de evaluación multicriterio cualitativa**

	Servicio ecosistémico prestado	Estado del ecosistema	Nivel de riesgo
Ecosistema 1	Alto	Natural	Algo
Ecosistema 2	Bajo	Seramente perturbado	Medio
Ecosistema 3	Medio	Muy perturbado	Bajo
....			

Dependiendo de la base de conocimientos y la disponibilidad de tiempo, el enfoque puede mejorarse mediante un análisis y una puntuación más profundos, mediante el uso de mapas SIG y mediante un proceso de participación más extenso.

### **DESARROLLO DEL PLAN DE ACCIÓN A TRAVÉS DE UN PROCESO DE PARTICIPACIÓN DE MÚLTIPLES INTERESADOS**

Anteriormente en este módulo compartimos una descripción general de lo que podría ser el plan de acción, es decir, un conjunto de intervenciones prioritarias e implementables, específicas del contexto, que brindan respuestas a los desafíos identificados (Cuadro 2.3).

El plan de acción debe incluir:

- La lista de acciones identificadas, el/los actor/es responsable/s, el cronograma objetivo, la forma de implementación, los recursos necesarios y, cuando sea posible, las fuentes de financiación disponibles (en el cuadro a continuación se muestra un ejemplo de presentación);
- Mecanismo(s) planeado(s) para la coordinación de la implementación del plan de acción y para el seguimiento, la evaluación y el aprendizaje en la implementación.

**Cuadro 2.3: Ejemplo de presentación de un plan de acción**

Acciones prioritarias	Responsabilidad	Cronograma		Forma de implementación	Recursos requeridos	Presupuesto
		Inicio	Fin			

A continuación, presentamos los pasos clave a considerar en el desarrollo del plan de acción.

#### ***Paso 1: Definición del alcance y los objetivos del plan de acción***

Un primer paso es definir, bajo el liderazgo de la(s) institución(es) clave(es) y con los interesados, el alcance y los objetivos del plan de acción.

Respecto del alcance:

- El alcance geográfico puede ser regional, nacional, subnacional, a nivel de cuenca o específico del sitio. Debe tener en cuenta los resultados del ejercicio de priorización.
- El alcance temático debe estar abierto a todas las fuerzas motrices de presiones y sectores que influyen en el estado y la evolución de los ecosistemas de aguas continentales. Es importante reconocer explícitamente la naturaleza multisectorial del plan de acción, para diseñar intervenciones que puedan ser efectivas para lograr cambios. Es posible que las intervenciones requieran movilizar a actores no relacionadas con el agua, más allá del alcance típico de las instituciones con mandato, lo que hace

necesario que durante el proceso tomen participación organismos relevantes para esos grupos (por ejemplo, ministerios de agricultura, planificadores urbanos, etc.).

Los objetivos del plan de acción pueden incluir elementos tales como (no excluyentes entre sí):

- Prevenir un mayor deterioro de los ecosistemas a la escala en cuestión.
- Promover la gestión y el uso sostenibles de los ecosistemas.
- Proteger ecosistemas de alto valor.
- Restaurar ecosistemas degradados.
- Asegurar la alineación con políticas más amplias y mejorar las contribuciones de los ecosistemas para cumplir con otros objetivos nacionales, regionales y mundiales.

La participación de los interesados en la definición del alcance y de los objetivos puede incluirse como una parte final de un taller de priorización o realizarse en otro momento posterior. La decisión final sobre el alcance y los objetivos recae en las instituciones encargadas líderes del proceso (Cuadro 2.4).

Si los recursos lo permiten, es útil planificar un ejercicio de visión conjunta con los interesados. En un proceso de visualización, los individuos y los grupos desarrollan una visión para el futuro, que ayuda a responder la pregunta: "¿Qué queremos que haya de acá a 5-10 años?" Después de desarrollar una visión compartida, las partes interesadas pasan por un proceso de "retroceso" para traducir la visión en objetivos y acciones más concretos.

#### **Cuadro 2.4: Beneficios de los ejercicios de visualización**

Involucrar a los participantes en la formulación de un objetivo común, el ejercicio de visualización les da sentido de control y motivación y ofrece la posibilidad para un cambio fundamental. Con la resolución de problemas, un grupo puede verse atascado en detalles técnicos y problemas políticos e incluso puede estar en desacuerdo sobre cómo definir el problema. La visualización proporciona un paradigma positivo ofreciendo algo hacia donde avanzar. Ofrece una imagen más amplia. Genera pensamiento creativo y pasión para resolver los problemas que puedan surgir en el avance hacia la visión.

Adaptado de [Visioning | Multi-Stakeholder Partnerships \(mspguide.org\)](https://www.mspguide.org/)

#### ***Paso 2: Identificación de los desafíos más urgentes, impulsores claves para el cambio, posibles soluciones e intervenciones prioritarias***

Las claves y las barreras para la conservación y/o restauración se identificarán con los interesados (considerando en particular las fuerzas motrices que presionan sobre el ecosistema), seguido de la identificación de los mecanismos de cambio, las posibles soluciones y las intervenciones prioritarias que se pueden implementar.

Esto debe estar informado en el análisis de la situación y debe desarrollarse con los interesados. Como en el paso anterior, la participación de los interesados puede ser a través de un taller de consulta y consultas bilaterales adicionales o en grupos pequeños. También puede ser útil convocar un grupo de trabajo más pequeño para mejorar el proceso y profundizar el pensamiento.

Una vez que se han identificado las posibles soluciones, es útil comenzar a desarrollarlas reflexionando sobre lo que implicarían tanto su forma de implementación como su impacto potencial. No todas las soluciones para un problema dado pueden ser implementadas, o tal vez la implementación no sea factible dado el tiempo y el presupuesto proyectados. La priorización puede entonces basarse en considerar dos dimensiones (i) Posibilidad de implementación y (ii) Impacto potencial.

### ***Gama de intervenciones que pueden considerarse***

Las intervenciones pueden ser de diferente naturaleza y en diferentes escalas, incluidas, por ejemplo, intervenciones relacionadas con la gobernanza y el entorno propicio, innovaciones financieras o proyectos específicos de gestión y remediación e intervenciones en campo. Las intervenciones deben cubrir los sectores clave relevantes identificados, como la agricultura o la planificación de la infraestructura.

Con respecto al entorno propicio, las intervenciones pueden incluir, por ejemplo, revisiones o preparación de marcos legislativos, documentos de políticas y estrategias, alineación con otros objetivos basados en los ecosistemas, sistemas de gobernanza y medios para aumentar la participación de los interesados, el fortalecimiento institucional, y los sistemas de monitoreo y de gestión de datos.

En el Cuadro 2.5 se presentan ejemplos de intervenciones en campo:

#### **Cuadro 2.5: Ejemplos de intervenciones en campo:**

- Actividades de conservación iniciadas para proteger los ecosistemas seleccionados.
- Revegetación y restauración de la vegetación ribereña.
- Restauración y creación de humedales.
- Cambios en las prácticas agrícolas a través de cultivos de cobertura, labranza de conservación, agricultura de precisión, riego eficiente, agricultura de contorno y agrosilvicultura.
- Mejores prácticas de gestión de la ganadería.
- Técnicas para reducir los impactos ambientales de las infraestructuras viales, mediante la reducción de la erosión o la mejora de los cruces entre caminos y cursos de agua.

Adaptado de *TNC Beyond de Source guide* (Abell et al, 2017), página 39

Se deben identificar las entidades líderes para la implementación de cada acción y se debe contar con su acuerdo previo. Estas entidades pueden ser, por ejemplo, un Departamento de un Ministerio sectorial o los Ministerios de Finanzas y Planificación.

La definición de las intervenciones dependerá del alcance geográfico del plan de acción y debe considerar:

- Los ecosistemas de aguas continentales priorizados.
- Cómo las intervenciones podrían superar los problemas y barreras identificadas.

- El nivel de capacidad institucional necesario para implementar las actividades.
- Las interrelaciones y sinergias con otras prioridades, estrategias y planes, en particular los relacionados con la GIRH y el ODS 6.5.1, la agenda climática y otros ODS.
- Preocupaciones por la inclusión y la sensibilidad de género, que serán consideradas en la medida de lo posible. El plan de acción debe esforzarse por garantizar que ninguna actividad afecte negativamente a las mujeres o a los grupos marginados.
- La disponibilidad de financiación y la alineación con otros mecanismos clave de ejecución.

La forma de presentación y de entrega de las actividades identificadas va a depender de cómo se hayan definido cada una de las actividades y de las interrelaciones con otros procesos e iniciativas. Algunos ejemplos son:

- Preparación e implementación de planes de acción a nivel comunitario
- Implementación de intervenciones en campo, incluida, por ejemplo, la restauración de humedales, la reforestación o la adopción de las mejores prácticas de manejo de la ganadería.
- Insumos a planes, programas, o documentos de proyectos existentes, incorporando las actividades identificadas.
- Aportes formales por escrito a un ODS en curso o a un proceso de desarrollo nacional, como un plan de acción más amplio del ODS 6, un Plan Nacional de Adaptación, las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDCs), una estrategia nacional en respuesta a los objetivos globales de biodiversidad, planes de desarrollo local, etc.

### **Contextualización**

#### **Los Eventos Extremos y el Ordenamiento Territorial en la cuenca del río Azul - El Bolsón (RN) y Lago Puelo (Chubut)**

La ciudad de El Bolsón (Pcia. de Río Negro) y la ciudad de Lago Puelo (Pcia. de Chubut), son atravesadas por el río Quemquemtrey ( $Q_{med}=15m^3/seg$ ), y en 1997, se generó una gran crecida que provocó, entre otras cosas, la salida de cauce del río, que generó nuevos escurrimientos por algunas calles de la ciudad, generando una cantidad importante de habitantes evacuados.

Del análisis histórico del evento, se detectó que en 1967 se había generado una crecida con un caudal parecido, pero no se habían registrado evacuados, o sea que lo que cambió fue la ocupación del valle de inundación del río por parte de la gente.

A partir de estos hechos se tomaron varias medidas:

- Las Provincias de Río Negro y Chubut firmaron un acuerdo Interjurisdiccional, y crean la Autoridad de Cuenca del río Azul (ACRA), luego este Convenio fue ratificado por las dos Legislaturas Provinciales. Dado que Argentina es un país Federal donde el agua es propiedad de las provincias, y cuando el curso atraviesa más de una Jurisdicción, lo mejor que puede suceder es poder constituir un Organismo de Cuenca como ha

sucedido en esta área. De esta manera se cuenta con un espacio donde se coordinan acciones entre las Provincias y las dos ciudades afectadas, minimizando fuertemente la posibilidad de conflictos interjurisdiccionales. En este caso en particular el ACRA es una subcuenca de los ríos Puelo – Manso, que es una cuenca internacional muy importante donde su cuenca alta está en Argentina y su cuenca baja y desembocadura al Pacífico está en Chile.

- Se definieron las líneas de ribera y riesgo hídrico (LRyRH) del área afectada por la crecida (14 km. aproximadamente), para poder modelar el río y obtener las LRyRH, es necesario e imprescindible realizar perfiles topo batimétricos (1 cada km), concretar estudios hidrológicos, definir tiempos de recurrencias para las distintas líneas de interés, y con los caudales que surgen de los tiempos de recurrencias adoptados, se corren los modelos matemáticos calibrados y se obtienen las definiciones de las líneas, que luego los Agrimensores deberán materializar en terreno.
- Se procedió a censar a los pobladores afectados a quienes se los fue reubicando en el tiempo en un barrio nuevo construido por la provincia.
- A partir de la definición de las LRyRH, se pudo definir las nuevas obras de defensa del río, que irían reemplazando los viejos terraplenes que le dejaban muy poco espacio al río y fueron decisivos para que la crecida del 1997 generara tantos daños.
- También la definición de las LRyRH permitió determinar todas las ocupaciones que se encontraba emplazadas dentro del cauce.
- Y durante estos últimos años se ha venido trabajando para que no se generen nuevas ocupaciones, y donde se logra erradicar a parte de estas ocupaciones se construyen parques lineales, que han demostrado ser la herramienta más eficiente para poder resolver esta grave problemática.
- Por último, también creo importante mencionar que a partir de esta problemática el DPA/ACRA han definido las LRyRH de todo el río Quemquemtreu (26km), y esto va permitiendo el ordenamiento territorial de todas las propiedades linderas al río.

En síntesis, a través de este ejemplo, podemos observar, como a través de un evento extremo se pudo generar un organismo de cuencas para poder abordar una problemática interjurisdiccional vinculada en principio a una temática urbana pero que luego también fue ocupándose de otros aspectos de la cuenca.

Y desde el punto de vista del ordenamiento territorial se ha podido comprobar la importancia de la determinación de las LR y RH, y la materialización de Parques Lineales.

### ***Paso 3: Finalización y respaldo del plan de acción***

Es importante que la identificación de los ecosistemas prioritarios y los planes de acción cuenten con el apoyo de las autoridades competentes, las instituciones y los interesados. El apoyo y el respaldo podrían expresarse, por ejemplo, a través de actos administrativos, la adopción de la lista de ecosistemas priorizados y el plan de acción al cierre de los talleres de interesados y/o mediante un evento formal específico de alto nivel.

El respaldo formal por parte del gobierno y los interesados es clave para garantizar un impacto duradero. Se recomienda, en particular, que el plan de acción se lleve a un documento formal



que deberá ser respaldado oficialmente por el gobierno, para asegurar que pueda ser implementado por la(s) institución(es) autorizada(s). El grado de formalización institucional dependerá de las circunstancias de cada país, pero puede incluir la publicación y aprobación en las plataformas de coordinación de los ODS a nivel nacional relevantes, en foros nacionales o en cualquier otro medio que pueda facilitar su posterior implementación. Idealmente, el Plan también debería contar con el apoyo oficial de otras instituciones que se comprometan a contribuir a su implementación.

### **IMPLEMENTACIÓN, SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN Y APRENDIZAJE**

El éxito del plan de acción radica en su implementación. Destacamos a lo largo de la descripción anterior puntos clave a los que se debe prestar especial atención para aumentar la probabilidad de su implementación, que podemos resumir de la siguiente manera:

- Contar con la aceptación y el apoyo de las instituciones y los interesados
- Definición clara de las acciones e identificación de las entidades ejecutoras líderes y de los roles de las diferentes instituciones.
- Alineación entre las acciones y los procesos, iniciativas y programas en curso, cuando sea relevante.
- Definir en el plan de acción los mecanismos previstos para la coordinación de su implementación y para el seguimiento, la evaluación y el aprendizaje en la implementación.
- Identificación de la institución o grupo principal que se encargará de coordinar la implementación del plan de acción.
- Identificación de mecanismos de comunicación y difusión del plan.

### ***Seguimiento, evaluación y aprendizaje***

El abordaje del seguimiento, evaluación y aprendizaje debe diseñarse al mismo tiempo que se desarrolla el plan de acción. Debería:

- Permitir realizar un seguimiento de la implementación de las actividades
- Proporcionar indicaciones para evaluar los impactos de la implementación del plan de acción (que puede ser de manera cualitativa a través de entrevistas con informantes clave, por ejemplo, o de manera cuantitativa a través de la evaluación de indicadores cuando sea posible) y permitir aprender a partir de la implementación.
- Apoyar la participación de los interesados en el seguimiento con las partes interesadas para discutir el progreso en la implementación, el impacto, las lecciones aprendidas, y los ajustes que se deben realizar en el abordaje.
- Apoyar la gestión adaptativa.

## CONCLUSIÓN E IMPORTANCIA DE LOS DATOS

En este módulo, hemos compartido la orientación sobre la planificación de acciones para la protección y restauración de ecosistemas de aguas continentales a través de un proceso rápido que permite la identificación de acciones catalizadoras de cambios. A lo largo del proceso, los datos son primordiales: para desarrollar una comprensión inicial de los problemas, de los sistemas en juego y de las partes involucradas, para apoyar las discusiones con los interesados y la identificación de posibles soluciones, para identificar intervenciones prioritarias y para tomar decisiones informadas. El módulo 3 abordará las fuentes de datos clave y técnicas de análisis de datos que se pueden aplicar.

## LECTURAS RECOMENDADAS

- UNEP, 2017. A Framework for Freshwater Ecosystem Management. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/publication/framework-freshwater-ecosystem-management>
  - Páginas 5 – 19: Volume 1: Overview and country guide for implementation; Part 2. Summary and Part 3. Phases and steps
- Abell, R., et al. (2017). Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA. Disponible en: [https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Beyond\\_The\\_Source\\_FinalV4.pdf](https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Beyond_The_Source_FinalV4.pdf) La referencia proporciona una descripción general de los beneficios y el enfoque de la protección de las fuentes de agua a través de los fondos de agua.
  - Resumen ejecutivo
- Bland, L. M., Nicholson, E., Miller, R. M., Andrade, A., Carré, A., Etter, A. & Keith, D. A., 2019. Impacts of the IUCN Red List of Ecosystems on conservation policy and practice. Conservation Letters, 12(5), e12666. Disponible en: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/conl.12666>
- UNESCAP, 2018. Effective Stakeholder Engagement for the 2030 Agenda - Training Reference Material. Disponible en: <https://sdghelpdesk.unescap.org/e-library/effective-stakeholder-engagement-2030-agenda-training-reference-material>
  - Módulo 1: Foundations. Páginas 7- 19
- AccountAbility, UNEP, and Stakeholder Research Associates, 2005. From Words to Action. The Stakeholder Engagement Manual. Disponible en: <http://www.mas-business.com/docs/English%20Stakeholder%20Engagement%20Handbook.pdf>
  - Volume 2: The Practitioner's Handbook on Stakeholder Engagement. Páginas 96-109

## VIDEOS RECOMENDADOS

- About MSPs | Multi-Stakeholder Partnerships (mspguide.org)
- TNC videos on TNC Water Funds Toolbox
  - Rio de Janeiro Water Fund, Brazil. También disponible en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=S3tQTfAzysk&t=3s>
  - Upper Tana-Nairobi Water Fund, Kenya. También disponible en el siguiente enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=RWDoBna3dvw>

## REFERENCIAS

- Abell, R., et al. (2017). Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA. Executive summary. Disponible en: [https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Beyond The Source Full Report FinalV4.pdf](https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/Beyond_The_Source_Full_Report_FinalV4.pdf)
- Grigg NS. (1996). Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases. McGraw Hill Professional, Nature.
- Lins, H. F., Hirsch, R. M., & Kiang, J. E. (2010). *Water--the Nation's Fundamental Climate Issue: A White Paper on the US Geological Survey Role and Capabilities* (Vol. 1347). Geological Survey (USGS).
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being: wetlands and water. World resources institute.
- Reed, M. S., Graves, A., Dandy, N., Posthumus, H., Hubacek, K., Morris, J., & Stringer, L. C. (2009). Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of environmental management*, 90(5), 1933-1949.
- Seppelt, R., Dormann, C. F., Eppink, F. V., Lautenbach, S., & Schmidt, S. (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead. *Journal of applied Ecology*, 48(3), 630-636.
- Lin, H., Miyanaga, K., & Thornton, J. A. (2015). Watershed Governance for Sustaining Ecosystem Services: Public Policies, Planning and Management. *Journal of Water and Environmental Issues*, 28(1), 68-74.
- UNCED [United Nations Conference on Environment and Development] (1992) Agenda 21, United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York.
- UNEP, 2016. Wicked Problems, Dynamic Solutions: The Ecosystem Approach and Systems Thinking. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/toolkits-manuals-and-guides/wicked-problems-dynamic-solutions-ecosystem-approach-and>
- UNESCAP, 2018. Effective Stakeholder Engagement for the 2030 Agenda - Training Reference Material. Module 1: Foundations (páginas 7- 19). <https://sdghelpdesk.unescap.org/e-library/effective-stakeholder-engagement-2030-agenda-training-reference-material>
- Thornton, J. A., Harding, W. R., Dent, M., Hart, R. C., Lin, H., Rast, C. L., Rast, W., Ryding, S.-O. & Slawski, T. M. (2013) Eutrophication as a "Wicked" Problem, *Lakes & Reservoirs: Research & Management*, 18, 298-316.
- TEEB [The Economics of Ecosystems and Biodiversity] (2010) The Economics of Ecosystem and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB, United Nations Environment Programme, Nairobi, 36 p.

## MÓDULO 3. DATOS PARA LA TOMA DE DECISIÓN

### OBJETIVO

Este módulo tiene como objetivo proporcionar a los participantes conocimientos respecto de cómo los datos contribuyen a la toma de decisiones, centrándose en particular en las fuentes de datos y en las herramientas prácticas disponibles para la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales.

### OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Al final de este módulo, se espera que los participantes:

- Comprendan cómo la gestión de datos, conocimientos e información apoya la toma de decisiones para la protección y restauración de ecosistemas de aguas continentales.
- Tengan una visión general de la variedad de fuentes de datos disponibles.
- Aprendan sobre herramientas y técnicas de datos específicas, en particular, teledetección, SIG, *big data*, herramientas de evaluación ecológica y herramientas de presentación de informes y visualización.
- Conozcan las principales plataformas de datos globales disponibles en línea.
- Obtengan una comprensión contextual a través de ejemplos de conjuntos de datos/ plataformas disponibles en el país y su uso.

### INTRODUCCIÓN

#### IMPORTANCIA DE LOS DATOS

Los módulos anteriores abordaron la complejidad y el dinamismo de los ecosistemas de aguas continentales y los desafíos que plantean en relación a una gestión y/o restauración eficaz. Los profesionales, los interesados y los tomadores de decisión deben identificar conjuntamente los problemas clave, sus fuerzas motrices y mecanismos de cambio, acordar los objetivos compartidos para la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales y los medios para lograrlos. Este enfoque debe basarse en datos para asegurar una buena comprensión de la situación, apoyando diálogos justos entre los interesados y entre sectores y permitiendo así la identificación de áreas críticas y posibles compensaciones. La toma de decisiones basada en evidencias debe ser una prioridad, ya que ayuda a eliminar los prejuicios y apoya el diálogo y la toma de decisiones informados. En muchos casos, sin embargo, la disponibilidad de datos es una limitación notable.

En los últimos 20 años se han logrado grandes avances gracias a la tecnología, que ha permitido mejorar significativamente la recopilación y el análisis de datos (por ejemplo, sensores remotos, sistemas de información geográfica (SIG), R-Stat, SAGA e Ilwis).

Además, la mayor atención en las políticas para los ecosistemas de aguas continentales y los datos para respaldar su gestión a escala mundial, también han ayudado.

Por ejemplo, el Convenio para la Diversidad Biológica (CDB), el Convenio Ramsar, las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODSs), la Resolución de la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente sobre el tratamiento de la

contaminación del agua para proteger y restaurar los ecosistemas relacionados con el agua y el Convenio sobre la Protección y Utilización de los Cursos de Agua Transfronterizos y de los Lagos Internacionales, hablan de la importancia de los datos sobre los ecosistemas de aguas continentales. Estos convenios, instrumentos de política e iniciativas han dado por resultado esfuerzos científicos integrales para generar datos y construir herramientas de monitoreo y evaluación (Schmidt-Kloiber et al., 2019).

También es importante señalar que la toma de decisiones basada en datos requiere un enfoque más amplio de la gestión de la información. Dicho enfoque debería incluir en particular:

- Identificar cuáles son las necesidades prioritarias de información y dónde y cómo acceder a los datos requeridos.
- Recopilación, gestión y análisis de datos.
- Comunicación e intercambio de datos y conocimientos.
- Participación de los interesados en todas las etapas.

Este módulo se centrará en proporcionar una descripción general de los tipos de datos, las herramientas y técnicas de recopilación de datos, las fuentes de datos y las plataformas de datos clave disponibles en línea. También proporcionará información sobre cómo se pueden utilizar los datos para informar y mejorar la toma de decisiones.

### **ENMARCANDO LA TERMINOLOGÍA DE DATOS, INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO**

Como se enfatizó en la introducción, el profesional debe implementar un buen enfoque en la gestión de la información, asegurando que la información apropiada esté disponible, que sea de apoyo a los interesados, a los diálogos intersectoriales y la toma de decisiones informada. En este sentido, se debe distinguir entre datos, información y conocimiento. Por ejemplo, una medida de la calidad del agua no tiene un significado específico por sí sola. Por lo tanto, estos datos deben combinarse con datos adicionales, tanto espacial como temporalmente, procesados e interpretados antes de ser aplicados contextualmente e informar la toma de decisiones.

Si bien los términos *conocimiento*, *información* y *datos* pueden parecer similares y, a menudo, pueden usarse indistintamente, es importante tener en cuenta que son inherentemente diferentes. Por ello, proporcionamos aquí definiciones para ayudar a los profesionales a lidiar con las muchas herramientas y técnicas de datos. También es bueno tener en cuenta que existen muchas definiciones diferentes en torno a los datos, la información y el conocimiento y, como tales, tienen significados variados. Sin embargo, presentamos aquí significados relativamente comunes que pueden ayudar a los profesionales a determinar cómo hacer un mejor uso de ellos.

Los *datos* se definen como los símbolos registrados (capturados y almacenados) y las lecturas de las señales. Estos símbolos pueden incluir palabras (de texto o verbales), números, diagramas e imágenes y, a menudo, se consideran los componentes básicos de la comunicación. Los datos son el almacenamiento de un significado intrínseco y una mera representación. También se puede expresar como una unidad individual que contiene materia prima sin procesar que no tiene ningún significado específico. El propósito de los datos es registrar situaciones o

actividades en un intento de capturar un evento real (Liew, 2007). Además, los datos deben organizarse para convertirse en información, ya que son solo un elemento de análisis. Por el contrario, la *información* refiere a un mensaje que contiene un significado, implicación o contribución relevante para la toma de decisiones y la acción, y puede ser respaldada tanto por la comunicación de datos actuales, como por los datos históricos procesados. Su objetivo principal es orientar la toma de decisiones, resolver problemas y aprovechar las oportunidades (Liew, 2007). Sin embargo, la información debe recibir un contexto para que se convierta en conocimiento. Entonces, se puede definir al *conocimiento* como:

*El reconocimiento o cognición, comúnmente conocido como el "saber-qué", la capacidad inherente de actuar, comúnmente conocida como el "saber hacer", y la comprensión, comúnmente conocida como el "saber por qué".*

Así, el propósito principal del conocimiento es cultivar y aumentar el valor para la iniciativa y sus interesados, ya que el conocimiento está centrado realmente en la creación de valor (Liew, 2007).

## **TIPOS DE DATOS, FUENTES Y TIPOS DE RECOPIACIÓN**

### **TIPOS DE DATOS**

Los datos se pueden dividir en dos tipos principales: cuantitativos y cualitativos. Los cuantitativos tratan con números y cosas que se pueden medir objetivamente (por ejemplo, medidas de la calidad del agua, temperatura, humedad, etc.). Los cualitativos tratan con características y descriptores, que no se pueden medir fácilmente, pero que se pueden observar subjetivamente (por ejemplo, indicadores de salud del ecosistema).

Las fuentes de datos pueden ser primarias o secundarias. Los datos primarios se refieren a los datos recopilados directamente para un propósito específico, mientras que los datos secundarios se refieren a los datos que se recopilaron previamente para un propósito diferente y la información se ha almacenado en un registro para poder ser utilizada por otros. Los artículos de revistas, informes nacionales e informes de proyectos son formas de datos secundarios. Los profesionales pueden utilizar datos secundarios en áreas de interés para informar en el proceso de toma de decisiones y también pueden llevar a cabo su propia recopilación de datos.

### **HERRAMIENTAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS**

Las herramientas y técnicas utilizadas para recopilar datos dependen en gran medida de la necesidad de información y de los recursos disponibles. La lista de herramientas básicas de recopilación de datos incluye:

- **Entrevistas:** pueden realizarse en grupo o de forma individual y administrarse de manera informal o formal. Se pueden realizar de forma remota o presencial, y pueden tomar la forma estructurada, semiestructurada o abierta.
- **Encuestas y cuestionarios:** diseñados para recopilar información de muchos grupos u organizaciones.

- **Discusiones de grupos focales:** ocurren dentro de pequeños grupos de personas que tienen un conocimiento colectivo especializado o un interés particular en un tema específico. Permite discernir las percepciones y actitudes de ese grupo definido de personas.
- **Observaciones:** es un método sencillo donde se visualizan objetos, procesos y relaciones. Hay dos tipos de observaciones:
  1. Observaciones estructuradas o directas que incluyen el registro de observaciones en una lista de verificación acordada.
  2. Observación experta que suele realizar alguien con experiencia específica en un área de trabajo particular.
- **Medición directa:** los cambios se controlan mediante muestreos y mediciones in situ. Esto también incluye datos geospaciales a través de sensores remotos y fotografías aéreas.
- **Revisión de fuentes de datos secundarios:** tales como; estadísticas gubernamentales, plataformas de datos en línea globales o regionales, informes de ONGs, periódicos, artículos de sitios web, estudios de investigación y evaluaciones.

Por lo general, se combinan diferentes métodos de recopilación de datos. Por ejemplo, si estamos intentando determinar el cambio en la calidad del agua a lo largo del tiempo en una cuenca hidrográfica específica, las mediciones in situ se pueden combinar con encuestas y discusiones de grupos focales que incorporen el conocimiento local y las perspectivas de múltiples interesados, que puede servir como un excelente punto de partida. En muchos casos, las iniciativas relacionadas con la protección y restauración de ecosistemas de aguas continentales se basarán principalmente en fuentes de datos secundarios y datos recopilados a través de encuestas y entrevistas, en lugar de medidas directas debido a las limitaciones de los recursos disponibles. Con ese fin, el Cuadro 3.1 enumera ejemplos de fuentes de datos secundarios que pueden estar fácilmente disponibles y a bajo costo, que pueden actuar como columna vertebral para el desarrollo de un plan de acción para un ecosistema de aguas continentales.

**CUADRO 3.1. Ejemplos de fuentes de datos secundarios que pueden utilizarse para el análisis de situación de ecosistemas de aguas continentales**

- Sistemas de información de países o cuencas, especialmente sobre recursos hídricos y ecosistemas acuáticos.
- *ODS 6.6.1 Explorer Platform* y portales de datos complementarios en línea.
- Entrevistas con informantes clave.
- Informes, publicaciones, bases de datos disponibles a nivel regional, nacional o subnacional, que incluyen o destacan el estado de los ecosistemas de aguas continentales, las presiones, las fuerzas motrices y las tendencias.

## ENFOQUE EN HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE DATOS

Aquí, nos centramos particularmente en herramientas y técnicas específicas de datos que hacen un uso particular de las tecnologías digitales y que el profesional encontrará útiles en su trabajo.

### **Herramientas de análisis de literatura**

Existe una gran cantidad de literatura disponible en formato digital sobre diversos temas relacionados con la gestión y restauración de ecosistemas de aguas continentales. Los profesionales pueden utilizar herramientas de análisis de texto para extraer automáticamente información de textos digitales, como identificar temas comunes, áreas de interés, etc. Algunos se pueden utilizar a través de una interfaz en línea; otros se pueden instalar localmente en una computadora de escritorio o portátil. En el Cuadro 3.2 se proporcionan algunos ejemplos generales de estas herramientas.

#### **CUADRO 3.2: Herramientas de análisis de textos**

##### **Herramientas de concordancia**

Las herramientas de esta naturaleza buscan una palabra o frase e indican todas las instancias en las que se muestran en el texto dentro de un limitado contexto:

- **Antconc:** <http://www.antlab.sci.waseda.ac.jp> - una herramienta de instalación local para explorar textos de diferentes formas, por ejemplo, creando concordancias, listas de palabras o direcciones.
- **LexTutor:** <http://www.lextutor.ca/> - un conjunto de herramientas que se pueden utilizar en textos precargados o en material que se agregue. Incluye un programa de concordancia, funciones de lista de palabras y mucho más.
- **Taporware:** <http://www.tapor.ca/> - una amplia gama de herramientas de análisis de texto especializadas.

##### **Voyant tools**

Es un entorno integrado de herramientas de lectura y análisis de texto basado en la web. Es un proyecto académico que está diseñado para facilitar la lectura y las prácticas interpretativas para estudiantes y académicos de humanidades, así como para el público en general. Ver el link: (<https://voyant-tools.org/>).

##### **Etiquetadores de texto**

Son herramientas que analizan las palabras de un texto y marcan partes del discurso. Estos son dos etiquetadores disponibles en línea de forma gratuita:

- **CLAWS Online tagger:** <http://ucrel.lancs.ac.uk/claws/trial.html>
- **CCG POS tagger:** <http://l2r.cs.uiuc.edu/~cogcomp/eoh/posdemo.html>

### **Técnicas de teledetección**

La teledetección juega un papel cada vez más importante en la gestión de los ecosistemas de aguas continentales. Esta técnica contribuye al desarrollo de evaluaciones objetivas e integrales



en extensiones geográficas más grandes de aquellas que solo son posibles abarcar a través del trabajo de campo. La teledetección facilita análisis objetivos y repetibles, que pueden ayudar a detectar y monitorear cambios a lo largo del tiempo (Tabla 3.1).

La teledetección es un método para observar la superficie de la Tierra sin estar en contacto directo con ella, e incluye diferentes herramientas; la más común es a través de sensores aéreos instalados en aviones o helicópteros de ala fija o mediante sensores satelitales que orbitan la Tierra. Los sensores aéreos se utilizan normalmente para recopilar datos en áreas relativamente pequeñas. Los sistemas satelitales de teledetección se desarrollan cada vez más y son cada vez más las plataformas que proporcionan datos disponibles gratuitamente basados en estos sistemas satelitales (**ver la sección Plataformas Globales más abajo**).

Tabla 3.1: Capacidades de teledetección para proporcionar información útil que contribuya a las evaluaciones de los ecosistemas de aguas continentales

ES. ESP. O proceso ecológico	Datos a obtener mediante teledetección	Fuente
Rasgos de la vegetación	Pigmentos, materia seca, agua, composición química, Índice de área Foliar, LAD	Análisis Espectral o modelos de transferencia radiactiva
	Aspereza, altura, estructura vertical	LiDAR, RADAR, teledetección multiángulo
	Forma de vida	Clasificación de cobertura del suelo
	Fenología	Teledetección multitemporal
Especies	Mapa de especies	Singularidad química o estructural, HSI, LiDAR, textura de la imagen
	Aptitud del hábitat	Variado. Ej.: clima, topografía, cobertura del suelo, productividad
Biodiversidad	Diversidad espectral	Rango de variabilidad de la bioquímica, NDVI, reflectancia en un conjunto de píxeles.
	Sustitutos ambientales	Variado. Ej.: productividad, topografía, cobertura del suelo, perturbaciones
Abundancias de componentes funcionales	Fracción de vegetación, fracción de hojarasca	Separación espectral, MODIS campo continuo.
Biomasa, almacenamiento de C	Estructura de la copa de los árboles	LiDAR, RADAR, teledetección multiángulo
Fotosíntesis, captura de C	Productividad	fPAR, eficiencia fotosintética, fluorescencia, MODIS NPP
	Cambios en la biomasa, rasgos de la vegetación, cobertura del suelo	Teledetección multitemporal
	Detección de incendios	Anomalías térmicas
	Monitoreo de sequías	Contenido de agua, temperatura de la superficie, ET
Perturbaciones	Estrés de la vegetación	Índices espectrales
	Forma del terreno	DEM
	Textura, humedad y química del suelo	RADAR, HSI
	Evapotranspiración	Evapotranspiración
Variables hidrológicas	Precipitación	RADAR, microondas pasivas
	Humedad del suelo	RADAR
	Superficie de agua, nieve o hielo	Óptico, RADAR, microondas pasivas
	Nivel de agua	Altimetría RADAR
	Agua subterránea	Estudios de gravedad, subsidencia, flujos de agua superficial
Estructura del paisaje	Métricas de paisaje	Cobertura del suelo, patrones de heterogeneidad cuantitativa
Clasificación de ecosistemas	Clasificación de ecosistemas	Variado. Ej.: productividad, clima, topografía, cobertura del suelo

Fuente: Andrew, Wulder y Nelson (2014).

Dos referencias útiles para aprender más sobre la teledetección son:

- El N°32 de la Serie Técnica del CBD (Convention on Biological Diversity, Technical Series No. 32), (CDB), que brinda orientación útil y ejemplos sobre la aplicación de la teledetección al monitoreo de la biodiversidad y la gestión ambiental. **Ver enlace:** <https://www.cbd.int/ts32/>.
- El Informe técnico de RAMSAR N°10: *The use of earth observation for wetland inventory, assessment and monitoring* (el uso de la observación de la tierra para el inventario, la evaluación y el seguimiento de los humedales), que presenta enfoques que ayudan a garantizar el uso racional y la conservación de los humedales a escala nacional y mundial (Rebello et al, 2018). **Ver enlace:** <https://www.ramsar.org/document/ramsar-technical-report-10-the-use-of-earth-observation-for-wetland-inventory-assessment>.

### ***Análisis geoespacial y Sistemas de Información Geográfica (SIG)***

El Sistema de Información Geográfica (SIG) se puede definir como un “sistema basado en computadora” para ayudar en la recolección, mantenimiento, almacenamiento, análisis, producción y distribución de información y datos espaciales. Los SIG y los análisis espaciales se centran particularmente en la ubicación cuantitativa de características relevantes, así como en sus propiedades y atributos (Bolstad, 2017). Algunas herramientas SIG de uso común incluyen:

- Superposición y proximidad.
- Estadísticas espaciales y no espaciales.
- Gestión de tablas, selección y extracción.
- Krigeaje (o regresión en procesos gaussianos) y la interpolación ponderada de distancia inversa (IDW), también son métodos comunes que se utilizan cuando se trata de ecosistemas de aguas continentales.

Los SIG también se pueden utilizar para desarrollar modelos espaciales y simulaciones, que es un proceso analítico que ayuda a describir los procesos y propiedades básicos para un conjunto dado de características espaciales. Estas técnicas están limitadas por la disponibilidad de conjuntos de datos de base, ya que muchos países carecen de datos de los parámetros de entrada necesarios para utilizar eficazmente los modelos contemporáneos. Afortunadamente, son cada vez más las plataformas de acceso abierto con datos espaciales (ver más abajo "plataformas globales"), al igual que los softwares gratuitos para el procesamiento y análisis (por ejemplo, QGIS, ILLWIS, R y R Studio).

### **Ejemplos de aplicación de SIG para investigar aguas continentales e integrar evaluaciones biológicas y físicas**

- 1) La delimitación de las cuencas hidrográficas y la identificación de los cursos fluviales dentro de un entorno SIG, pueden ayudar a determinar y evaluar los ecosistemas fluviales. Esto se puede lograr mediante la clasificación de cuencas hidrográficas, la modelización de sedimentos producidos en las laderas y la relación de las características de las cuencas hidrográficas con su biota (Gardiner, 2002). Los datos adicionales que se

pueden utilizar son otros atributos de cuencas hidrográficas y ríos, como la cubierta forestal, el uso del suelo, las descargas puntuales, las especies y otras características de las infraestructuras que afectan la hidrología y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos continentales. Luego, los SIG se pueden utilizar para analizar los atributos físicos y biológicos, las tendencias y los patrones de varios ecosistemas de aguas continentales. Un análisis más detallado puede involucrar modelos digitales de elevación, junto con teledetección, para determinar la dirección del flujo de agua en cualquier punto del paisaje. Otro enfoque para modelar los ecosistemas de aguas continentales es el uso de datos espaciales que delimitan las cuencas hidrográficas, clasifican los atributos y estudian la morfometría, que se pueden utilizar para la sedimentación en los ecosistemas de aguas continentales. Esta estimación es importante para evaluar la influencia de las decisiones del uso del suelo sobre estos ecosistemas. La SDG 6.6.1 Explorer Platform es un buen ejemplo de cómo se pueden rastrear y representar espacialmente las tendencias. Se discutirá en detalle en el módulo 4.

- 2) Otra forma de análisis mediante SIG es utilizar indicadores multimétricos. Los indicadores multimétricos describen estadísticamente las especies en una ubicación específica y su entorno circundante, en relación con sitios no perturbados que muestran características similares (Gardiner, 2002). Los indicadores multimétricos se pueden utilizar para investigar las propiedades de los ecosistemas de aguas continentales, para determinar las causas probables de la degradación y las decisiones de gestión que se pueden implementar (Schoolmaster, Grace y William Schweiger, 2012). Los puntajes multimétricos se asignan en función de las características de una región y consultas de expertos con ecólogos, que luego se comparan con los datos de uso del suelo adquiridos mediante teledetección y extraídos por cuencas hidrográficas utilizando SIG. A partir de esto, se establece una descripción estadística de los efectos de las prácticas de las cuencas hidrográficas en la biodiversidad de los ecosistemas de aguas continentales. Este enfoque multimétrico se puede utilizar para una predicción bastante acertada de la integridad de los ecosistemas de aguas continentales. Para hacerlo, se puede aplicar un índice multimétrico (IMM) generado a partir de un enfoque de árbol de regresión impulsado. El IMM será indicativo de un modelo predictivo de los conjuntos de datos nacionales utilizados. Para obtener más información sobre el método, se puede consultar el siguiente enlace: <https://www.kmae-journal.org/articles/kmae/abs/2014/04/kmae140066/kmae140066.html>, donde se muestra un ejemplo realizado por Clapcott et al. (2014).

Otro ejemplo útil del uso de SIG en el modelado espacial en el Monitoreo de Ecosistemas de Aguas continentales, de alta resolución espacio-temporal, se puede encontrar en: <http://spatial-ecology.net/projects/>.

- 3) El Sistemas de Información Geográfica para Participación Pública (SIGPP) es otra aplicación que se puede utilizar para investigar aguas continentales e integrar evaluaciones biológicas y físicas. El uso de sistemas de información geográfica (SIG) de esta manera apoya y mejora la participación de los interesados en el proceso de toma de decisiones. Un SIGPP se puede implementar, por ejemplo; pidiendo a los participantes que mapeen los servicios ecosistémicos, en combinación con conjuntos de datos de apoyo sobre el ecosistema respectivo. El siguiente enlace proporciona más información

sobre los SIGPP, incluidas técnicas de mapeo espacial, tecnologías, métodos de adquisición de datos, análisis espaciales y escalas de mapas utilizadas para mapear varios ecosistemas, que también se pueden aplicar a ecosistemas de aguas continentales (Brown et al, 2015).

[https://www.academia.edu/24245676/Empirical\\_PPGIS\\_PGIS\\_mapping\\_of\\_ecosystem\\_services\\_A\\_review\\_and\\_evaluation](https://www.academia.edu/24245676/Empirical_PPGIS_PGIS_mapping_of_ecosystem_services_A_review_and_evaluation) .

## Contextualización

### **Ejemplo de aplicaciones de teledetección y SIG en el país relevante para la protección y restauración de ecosistemas de aguas continentales.**

"Variabilidad del rendimiento hídrico en la cuenca alta del Río Sauce Chico, Argentina". Gaspari, F.J.; Diaz Gómez, A. R. y F. A. Montealegre Medina. Revista Tecnología y Ciencias del Agua. México. (2021). Numero 1-2021. Disponible en:

<http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/1926>

El análisis de cambios en la cobertura de suelo es importante y necesario, porque proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación, y pérdida de la biodiversidad y servicios ecosistémicos de una región. La evaluación del servicio ecosistémico de provisión hídrica debido al cambio de uso del suelo es primordial en sistemas con alta vulnerabilidad hidrológica.

El rendimiento hídrico es un servicio ecosistémico que contribuye al bienestar de la sociedad a través de la provisión de agua para consumo, irrigación, recreación e incluso a través de la producción de energía hidroeléctrica. El servicio ecosistémico de provisión hídrica depende de las características biofísicas de la cuenca hídrica (vegetación, topografía, suelo), al igual que de procesos dinámicos, como el cambio de uso y cobertura del suelo y clima (Brauman, Daily, Duarte, & Mooney, 2007; Jobbágy, Acosta, & Noretto, 2013). Para comprender la variabilidad espacial de las funciones ecosistémicas y las potenciales consecuencias del impacto del cambio del uso del suelo y el cambio climático, en la actualidad se implementa el uso de modelos espacialmente explícitos, otorgando una valiosa herramienta para el procesamiento geoespacial por medio de mapas y análisis espacio-temporal. Estos modelos generan escenarios de servicios de provisión hídrica en función del cambio de uso y cobertura del suelo (LULC) y variabilidad climática (Redhead et al., 2016; Zarandian et al., 2017; Trisurat, Aekakkararungroj, Ma, & Johnston, 2018), conformando una plataforma de simulación para la toma de decisiones a nivel productivo en una cuenca hidrográfica. Una herramienta de modelamiento espacial que permite cuantificar, mapear y valorar servicios ambientales es el modelo denominado *Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs* (InVest ®). Básicamente, proporciona información sobre la probabilidad de que los cambios en los ecosistemas modifiquen los flujos de beneficios para las personas (Tallis et al., 2013). El InVest dispone del módulo Water Yield (WY) (rendimiento hídrico) para cuantificar el rendimiento hídrico en el paisaje a escala temporal anual, basándose en los principios del balance hídrico. Además, el WY permite la simulación del rendimiento hídrico ante diferentes escenarios climáticos (Hoyer & Chang, 2014; Hamel & Guswa, 2015; Vigerstol & Aukema, 2011; Lang, Song, & Zhang, 2017; Terrado, Ennaanay, Tallis & Sabater, 2014) y la evaluación de la influencia del cambio de uso del suelo a escala de cuenca hidrográfica. Se procesa bajo un

entorno Sistema de Información Geográfico (SIG), lo cual favorece el fácil acceso y aplicación por los usuarios.

El conocimiento de la distribución y disponibilidad del rendimiento hídrico como un servicio ambiental y las posibles estrategias para su uso eficiente constituye una nueva oportunidad para el desarrollo de la agricultura local y familiar debido a que sus usuarios cuentan con conocimientos adaptados a la ecología local y pautas de manejo tradicionales, complejas y/o innovadoras de sus tierras (Gaspari, Diaz Gómez, Delgado, & Senisterra, 2015). El estudio sobre servicios ecosistémicos hidrológicos a escala local es escaso en la región serrana del sudoeste bonaerense, Argentina. El tramo superior de la cuenca del río Sauce Chico (CARSCH) constituye una unidad de interés actual y potencial para el abastecimiento de agua a la región (Navarro & Cano, 2017), la cual presenta un elevado grado de vulnerabilidad hídrica (Torrero, Campo, & Uboldi, 2010). Asimismo, esta zona presenta una tendencia positiva en las precipitaciones de verano desde 1960 (Gentili & Gil, 2013) y un desfase hídrico estacional, cuya demanda de agua para irrigación es coincidente con los caudales de estiaje, originando problemas de abastecimiento hídrico, donde el cauce principal es la única fuente de abastecimiento, dado que el recurso hídrico subterráneo casi no es explotado (Espósito, Fernández, Sequeira, & Paoloni, 2016).

El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución espacial del rendimiento hídrico con relación al cambio de uso del suelo (para los años 1997 y 2017) y escenarios de precipitación en la cuenca alta del río Sauce Chico, Tornquist, Argentina, a partir de la aplicación del módulo WY de InVest®, como una herramienta SIG para comprender la variabilidad geoespacial del servicio ecosistémico hidrológico en la cuenca.

La modelización del cambio de uso del suelo se realizó con el Módulo Land Change Modeler (LCM) del programa SIG Idrisi Taiga®, que es un innovador sistema de planificación de tierras y apoyo a la toma de decisiones que está completamente integrado. Gracias a él se pudo determinar las tendencias del cambio de uso del suelo y modelar empíricamente las relaciones con variables explicativas.

La variabilidad del rendimiento hídrico está relacionada con la variabilidad espacio temporal de la precipitación debido a su alta sensibilidad en la modelización (Hamel & Guswa, 2015). Debido a ello, se integró a la metodología WY el análisis de diferentes escenarios pluviales, a partir de datos de la precipitación total anual, para establecer la respuesta hidrológica según el rendimiento hídrico. Estos escenarios aplicados en la CARSCH se elaboraron a partir de los datos pluviales de estaciones del Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), e incorporando también la base de datos mensuales y anuales de una estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada en Tornquist, para el periodo 1908-1985. Con esta base de datos se realizó una estadística descriptiva pluvial básica.

Los resultados que aportó el modelo WY se representaron cartográficamente, y describen, en el nivel de cuenca y tabular, productos como AET (mm), que expresa la evapotranspiración media real; el FRACTP (mm), que representa la fracción media de precipitación que realmente evapotranspira, y el WYIELD que indica el rendimiento hídrico, expresados en las unidades de medida lineal, superficie y volumétrica (mm, ha, m<sup>3</sup>), respectivamente. Para completar el análisis del WY se realizó una tabulación cruzada con las clases de uso del suelo en ambos momentos, por medio de una tabla de contingencia, para registrar y analizar la asociación entre variables desde la distribución de frecuencias multivariada de las variables estadísticas.

El uso del módulo WY de InVest permitió cuantificar la influencia en la distribución espacial del rendimiento hídrico ante el cambio en el uso y cobertura del suelo en la cuenca. Se observó que las zonas con la cobertura de pastizal y bosque, en la cabecera de la cuenca, son áreas de suministro hídrico; mientras que las áreas con agricultura, en las zonas medias a bajas, representan áreas de menor regulación del recurso hídrico y alta demanda de agua. Este esquema expresa el patrón espacial del servicio ecosistémico hidrológico constituido por áreas fuente y sumidero (Brauman et al., 2007). Es importante mencionar que áreas de máximo rendimiento hídrico pueden considerarse como áreas prioritarias para dirigir esfuerzos de conservación (Zarandian et al., 2017). Así, este análisis facilita la identificación de las áreas de provisión hídrica en la cuenca. Tal situación evidencia e incrementa la necesidad del manejo integral del recurso hídrico entre los beneficiarios de la cuenca (principalmente productores agrícolas).

El aporte logrado en este trabajo se hizo con base en el conocimiento geoespacial y temporal de la distribución del servicio ambiental de provisión hídrica en una cuenca hidrográfica. De esta manera, por medio de una herramienta técnica SIG de fácil aplicación y libre acceso, se pueden plantear nuevas pautas de ordenamiento territorial, racionalizando el uso del suelo y la actividad antrópica, promoviendo el desarrollo de información geoespacial, a fin de mejorar la productividad del territorio para el uso sustentable de agua y suelo. Además, se sugiere incorporar al uso del modelo InVest© de funciones ecosistémicas hidrológicas un enfoque socioeconómico que potenciaría las metodologías para encontrar estrategias de adaptación al cambio global (Trisurat et al., 2018), e incorporar la identificación de los beneficiarios directos del servicio de provisión hídrica (agricultores), y la influencia de las pautas de manejo del suelo y producción que emplean. Por último, es recomendable concretar un esfuerzo en el sistema de monitoreo de variables ambientales continuo en el tiempo y en el espacio en la cuenca en estudio (estaciones meteorológicas, hidrométricas, entre otras).

### **Herramientas y técnicas de Big Data**

Los *big data* (o macrodatos), ofrecen grandes oportunidades para mejorar la gestión ambiental. El término "*big data*" o "*macrodatos*" se refiere a conjuntos de datos que son tan grandes, rápidos o complejos que resulta difícil o imposible procesarlos con métodos tradicionales. Los macrodatos se caracterizan por el volumen (cantidad de datos), la velocidad (generada rápidamente) y la variedad (pueden ser texto, video, datos de sensores, etc.). A menudo, los datos no están estructurados y, por lo tanto, no se pueden buscar (Ratra y Gulia, 2019).

Se han desarrollado varias herramientas de análisis de big data para ayudar en su gestión, algunas de las cuales se presentan en la Tabla 3.2, a continuación.

Tabla 3.2: Ejemplos de herramientas de análisis de big data

	Herramientas de recopilación de datos	Herramientas y marcos para el almacenamiento de datos	Herramientas de filtrado y extracción de datos	Herramientas de limpieza y validación de datos
1	Semantria	Apache Hbase (Hadoop database) marcos	Scraper	DataCleaner
2	Opinion Crawl	CouchDB	OctoParse	MapReduce
3	OpenText	MangoDB	ParseHub	Rapidminer
4	Trackur	Apache spark	Mozenda	OpenRefine
5	SAS Sentiment Analysis	Oracle, NsSQL Database	Content Grabber	Talend

Fuente: Ratra and Gulia (2019).

Algunas herramientas de análisis de big data que se utilizan habitualmente son: Semantria, Opinion Crawl, Open Text y Trackur. Semantria es muy útil para encontrar tendencias e identifica los patrones variables, ya que es una herramienta que combina poderosamente varios análisis de texto (Ratra y Gulia, 2019).

Apache Hadoop es una de las principales tecnologías que fue diseñada para procesar big data, que es la unificación de grandes volúmenes de datos estructurados y no estructurados. Es una plataforma de acceso libre y un marco de procesamiento por lotes. Los softwares estadísticos tradicionales como MINITAB y SPSS, también son muy útiles para analizar datos, sin embargo, estos no son de código abierto, lo que limita su uso.

### **Integración de datos de múltiples escalas diversos**

Las características de los ecosistemas de aguas continentales son difíciles de mapear y monitorear espacialmente. Aparte de la naturaleza dinámica de las características del ecosistema, la resolución y la escala de los datos disponibles pueden complicar su representación y modelación.

La integración de datos se refiere a la práctica de consolidar datos de diferentes fuentes en un solo conjunto de datos, con el objetivo final de proporcionar a los usuarios acceso constante y la entrega de datos para satisfacer las necesidades de todas las aplicaciones (Samuelsen, Chen y Wasson, 2019).

Los datos nacionales y locales proceden de diversas fuentes, se pueden almacenar en diferentes formatos y tienen distintos niveles de estructura. La integración de datos facilita la gestión de grandes cantidades de datos provenientes de diversas fuentes en un solo marco (Sivarajah et al., 2017) y ayuda a los países a acceder de manera coherente a los datos y utilizar la información para monitorear, planificar e implementar estrategias apropiadas para proteger y gestionar de manera sostenible sus ecosistemas de aguas continentales (Chatti, Muslim y Schroeder, 2017).

### La integración de datos no está exenta de desafíos:

- Durante el análisis y la integración de datos de diferentes fuentes pueden ocurrir inconsistencias, donde cada conjunto de datos puede representar la misma información de maneras diferentes. Esto resulta en redundancia e ineficiencia de los métodos de captura de datos y lleva mucho tiempo reconciliar estos problemas (Bansal y Kagemann, 2015).
- Otros tipos de problemas que aparecen con frecuencia al integrar datos son los datos faltantes, datos ingresados incorrectamente u otros problemas comunes de “datos sucios”. Por ello, la fusión de datos de fuentes heterogéneas representa una ventaja significativa a la hora de unificar datos, ya que sirven para obtener una visión global del marco integrado geoespacial (Castandeo, 2013). Sin embargo, en la fusión de datos de fuentes heterogéneas existen varios problemas que surgen durante el proceso de integración, como asociación de datos, incertidumbre de los sensores debida a factores ambientales externos, así como administración de datos, entre otros (Kumar y Garg, 2009). Estos y otros problemas en la fusión e integración de datos de diversas fuentes crean desafíos que deben abordarse.
- Los desafíos en la fusión de datos surgen debido a los diferentes formatos y tipos de las distintas fuentes y su imperfección. La Figura 3.1 adaptada de Khaleghi et. al, (2013) presenta los desafíos identificados, que se clasificaron según la naturaleza de los datos.

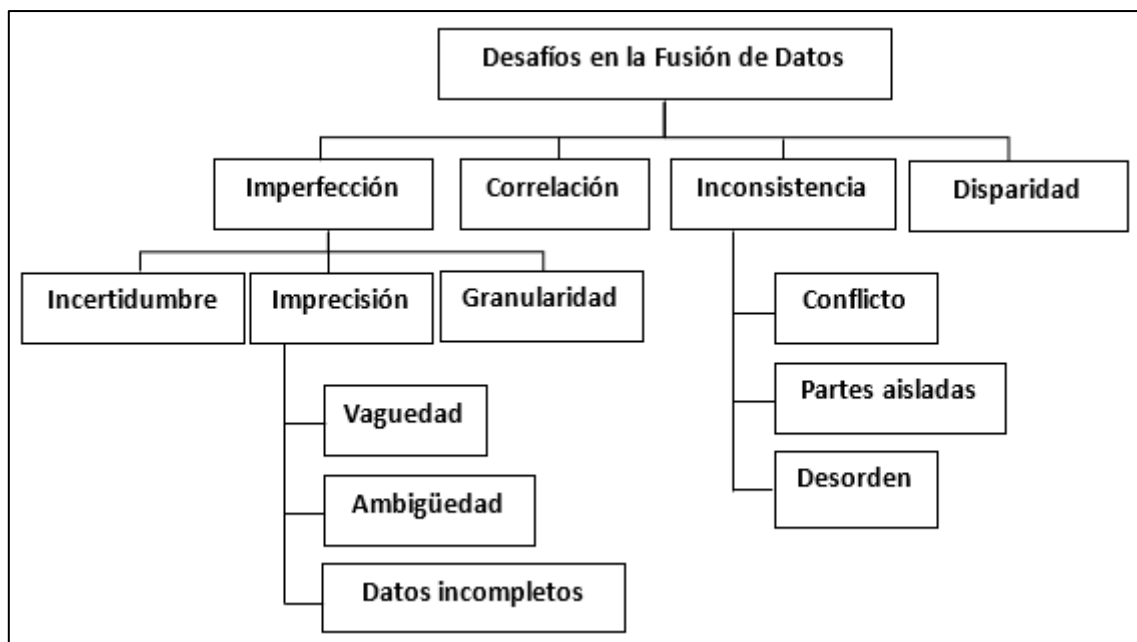


Figura 3.1: Clasificación de los desafíos actuales en la fusión de datos.  
Fuente: Khaleghi et. al. (2013).

Por lo tanto, un aspecto fundamental en la fusión de datos es la capacidad de los métodos de fusión para mantener la consistencia de los datos, evitando conflictos, valores atípicos y desorden de diversas fuentes (Kale y Aparadh, 2016). Para extraer información válida, precisa y relevante de datos estructurados y no estructurados de manera consistente, se espera que exista un modelo conceptual común para datos integrados (Azzini y Ceravolo, 2013). Más específicamente, se espera que los datos se almacenen en un formato coherente para facilitar



un análisis más detallado. En este sentido, los formatos de datos deben ser consistentes en todas las escalas.

### **HERRAMIENTAS Y PLATAFORMAS DE EVALUACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**

Los diferentes tipos de ecosistemas de aguas continentales y ecosistemas específicos, entre ellos brindan diferentes servicios ecosistémicos. Identificar, medir, modelar y valorar estos servicios es importante para su protección y restauración.

Como primer enfoque, los servicios ecosistémicos clave proporcionados podrían identificarse a través de la literatura existente, las consultas con expertos y el compromiso con los interesados, tal como se mencionó anteriormente. Para ir más allá, en los últimos años se han desarrollado una serie de herramientas de evaluación de servicios ecosistémicos. En el Cuadro 3.3 se muestran algunos ejemplos de estas herramientas.

Para obtener información adicional sobre las herramientas de evaluación de ecosistemas,

#### **CUADRO 3.3: Categorización de las herramientas de evaluación de los servicios ecosistémicos**

##### **Escritas (documentos de orientación paso a paso):**

- Ecosystem Services Toolkit (Kit de Herramientas de Servicios Ecosistémicos) (<http://publications.gc.ca/site/eng/9.829253/publication.html>)
- Protected Areas Benefits Assessment Tool (Herramienta de Evaluación de Beneficios de Áreas Protegidas) (<https://wwf.panda.org/?174401/PABAT>)
- Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment v.2.0 (Kit de Herramientas para la Evaluación Basada en el Sitio de Servicios Ecosistémicos) (<http://tessa.tools/>)

##### **Herramientas de modelación basadas en computadora:**

- Artificial Intelligence for Ecosystem Services (Inteligencia Artificial para Servicios Ecosistémicos) (<https://aries.integratedmodelling.org/>)
- Co\$ting Nature v.3 (<http://www.policysupport.org/costingnature>)
- WaterWorld v.2 (<http://www.policysupport.org/waterworld>)

consulte: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-028-En.pdf>.

### **PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA**

El proceso de jerarquía analítica (PJA o AHP, por sus siglas en inglés) es un proceso de toma de decisiones que coteja el análisis cuantitativo y cualitativo utilizando una matriz. El proceso comprende cuatro (4) pasos principales: 1) modelado de problemas y creación de una estructura jerárquica, 2) evaluación de pesos, 3) combinación de pesos y 4) análisis de sensibilidad. La Figura 3.2 muestra, por ejemplo, un diagrama de flujo para una evaluación de la vulnerabilidad

ecológica de los humedales. La Figura 3.3 muestra un ejemplo de un mapa de salida potencial usando PJA y SIG (en este caso, evaluando el potencial de agua subterránea en un área).

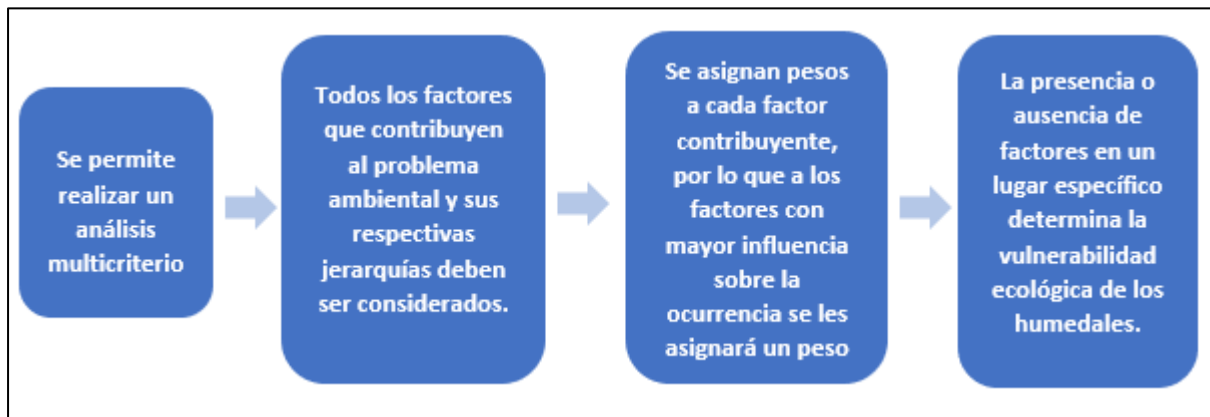


Figura 3.2: Principales pasos a seguir para el análisis PJA de la vulnerabilidad ecológica de los humedales.

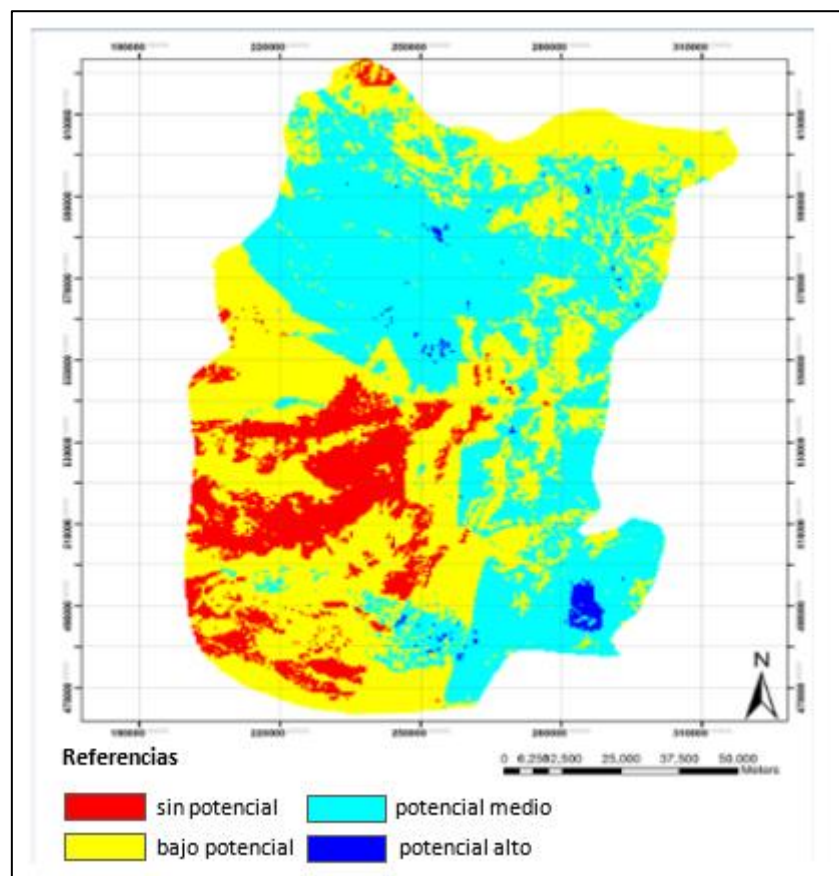


Figura 3.3: Ejemplo de mapa de producción potencial de agua subterránea derivado de PJA. Fuente: Zeinolabedini y Esmaily (2015).

## HERRAMIENTAS PARA LA VISUALIZACIÓN Y PRESENTACIÓN

La forma de presentación de los datos juega un papel crucial en su asimilación, relevancia y aceptación por parte de los interesados y los tomadores de decisión. Esto aplica particularmente para los sistemas ambientales complejos, como los ecosistemas de aguas continentales. Por lo tanto, los datos deben estar representados estratégicamente para permitir que los interesados y los tomadores de decisión vean tendencias claras e identifiquen áreas críticas de enfoque al gestionar estos ecosistemas.

Los principales usos de la visualización de datos son:

- 1) Mejora la toma de decisiones,
- 2) Intercambio de información y
- 3) Ahorro de tiempo (limita la necesidad de evaluaciones por parte del usuario final)

En términos generales, algunas herramientas comunes de visualización de datos incluyen cuadros, tablas, gráficos, mapas, infografías, gráficos de nube de palabras y paneles. La elección de la herramienta de visualización de datos está directamente relacionada con el tipo de datos que se van a comunicar, es decir, una nube de palabras funcionaría para una encuesta, un gráfico ayudaría a visualizar datos cuantitativos, etc. Se proporcionan ejemplos en las Figuras 3.4, 3.5 y 3.6.

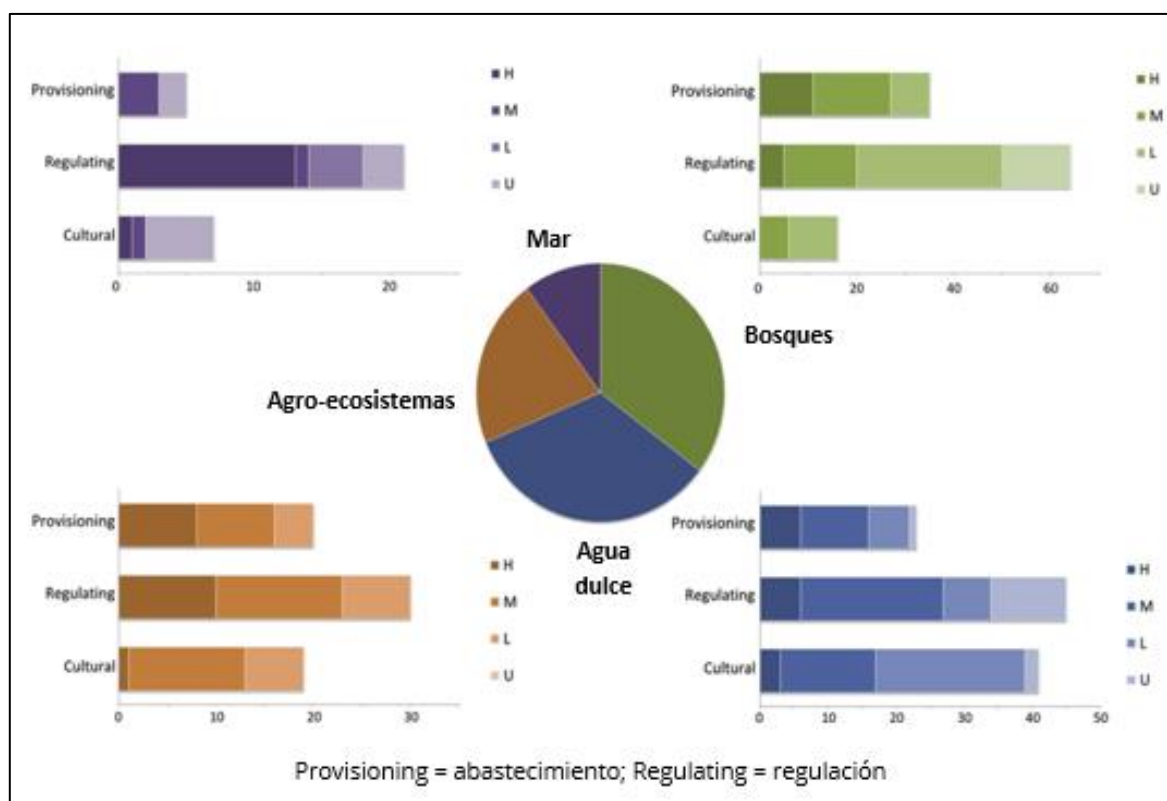


Figura 3.4: Ejemplo de gráficos para visualización de datos.

Fuente: Maes et al. (2016) <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212041615300504>



## PLATAFORMAS GLOBALES

Las técnicas contemporáneas para la recopilación y el análisis de datos permiten recopilar, almacenar, fusionar, clasificar y analizar enormes cantidades de datos ambientales y geoespaciales. Estas técnicas y herramientas han estimulado el desarrollo de numerosas plataformas que proporcionan datos sobre el ecosistema y la biodiversidad que están fácilmente disponibles para los profesionales.

La gama de datos disponibles en diferentes plataformas incluye información sobre el estado de los ecosistemas, las presiones, las fuerzas motrices y las tendencias históricas. Algunas plataformas disponibles son:

- *La Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad* (GBIF por sus siglas en inglés - [Qué es GBIF?](#) ). Proporciona información sobre dónde y cuándo se han registrado especies para todos los tipos de ecosistemas, incluidos los ecosistemas de aguas continentales.
- La [Freshwater Information Platform](#) (Plataforma de Información sobre Agua Dulce) proporciona información, recursos de investigación y herramientas para la evaluación y gestión de los ecosistemas de aguas continentales. Se centra principalmente en Europa, pero también proporciona información más amplia. Incluye, por ejemplo, datos (desde información sobre conjuntos de datos (metadatos) hasta datos de presencia y especies en Europa y otras regiones), así como visualizaciones, datos geográficos y mapas temáticos relacionados con la biodiversidad, los recursos de agua dulce y las presiones.
- La UNdata (<https://data.un.org/>) reúne bases de datos estadísticas de la ONU.
- FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/es/#data>) es la base de datos estadística mundial de la FAO. Proporciona acceso gratuito a datos sobre alimentación y agricultura, algunos de los cuales pueden ser aplicables a ecosistemas de aguas continentales.
- Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>) permite a los usuarios visualizar y analizar imágenes satelitales del planeta. Un desarrollo reciente, el Time-lapse de Earth Engine permite, por ejemplo, ver cambios en la cobertura del suelo a lo largo de treinta y dos (32) años y puede ayudar a mostrar algunas tendencias ambientales, por ejemplo, la reducción en el tamaño de algunos ecosistemas de aguas continentales.
- USGS Landsat (<https://www.usgs.gov/core-science-systems/nli/landsat>) proporciona imágenes satelitales que datan de (1972) y a las cuales se puede acceder a través del sitio web "EarthExplorer".
- Copernicus (<https://www.copernicus.eu/es>) es el Programa de Observación de la Tierra de la Unión Europea. Se basa en la observación de la Tierra por satélite y en datos in situ (no espaciales). Los servicios de Copernicus procesan y analizan los datos para proporcionar a los usuarios información lista para usar. Por ejemplo, el Servicio de Monitoreo Terrestre de Copernicus (CLMS por sus siglas en inglés) proporciona información geoespacial sobre la cobertura terrestre y sus cambios, el uso del suelo, el estado de la vegetación, el ciclo del agua, la criósfera y la energía de la superficie terrestre.
- HydroSHEDS (<https://www.hydrosheds.org/>) es un producto de mapeo que consiste en datos hidrográficos globales en múltiples resoluciones. Esta base de datos se puede

utilizar junto con otros sitios web de código abierto para orientar el análisis de cuencas hidrográficas, la modelación hidrológica y la planificación de la conservación de aguas continentales para abordar la falta de datos de alta resolución. Un informe que investiga los hábitats de aguas continentales utilizando la clasificación de subpíxeles explica con más detalle cómo se puede utilizar la teledetección para mapear diferentes zonas de. Ver enlace:

[https://researchcommons.waikato.ac.nz/bitstream/handle/10289/7199/CBER\\_63.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://researchcommons.waikato.ac.nz/bitstream/handle/10289/7199/CBER_63.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- SDG 6.6.1 Explorer Platform (<https://www.sdg661.app/>), se presentará en el módulo 4.

## Contextualización

**Extractos de algunas de las plataformas globales con datos e información relevante para el país.**

- 1. Presentación del proyecto: Monitoreo global del agua dulce a altas resoluciones espaciales y temporales. Evaluación de características hidrológicas / físicas de arroyos y lagos dentro de un marco de aprendizaje automático**

<http://spatial-ecology.net/projects/> - <https://openlandmap.org/>

El objetivo general de este proyecto es revolucionar nuestra comprensión de los principios fundamentales que gobiernan los regímenes hídricos en arroyos y lagos en todo el mundo. El proyecto captura los aspectos multidimensionales de los regímenes de flujo (descarga de ríos) y la hidráulica del modelo utilizando una amplia gama de geo-datasets de alta resolución integrados con datos de estaciones de medición en un marco de aprendizaje automático. La investigación preliminar a continuación sienta las bases para este desafiante proyecto.

*Presentado por Giuseppe Amatulli, Yale School of Forestry and Environmental Studies, Yale Center for Research Computing, Yale University. JPL-NASA: Earth Science Seminar. 29/08/2019.*

Los lagos y ríos procesan una cantidad significativa de agua dulce, que se encuentra entre los recursos más vulnerables de la naturaleza. Las características físico-químicas de cada cuenca o arroyo son el resultado de complejas interacciones entre varias variables ambientales. Estas variables regulan los regímenes de descarga y los perfiles de los arroyos, como las precipitaciones, la evapotranspiración, la infiltración y retención del suelo, la geomorfología, el uso del suelo y el manto de nieve, entre otros. El conocimiento actual de las tendencias del flujo de los arroyos en las zonas rurales y los países en desarrollo es limitado y fragmentado, y los pequeños arroyos a menudo no están representados. Se necesita un análisis geográfico completo para capturar estas características del flujo. La cuantificación del agua dulce a alta resolución espacial es, por lo tanto, esencial para este objetivo, y también el primer paso hacia una evaluación integral del ciclo global del agua. El proyecto captura los aspectos multidimensionales de los regímenes de flujo (descarga mensual) y la hidráulica del modelo en todo el mundo, utilizando una amplia gama de conjuntos de datos geográficos de 90 m y datos de estaciones de medición en un marco de aprendizaje automático. Este trabajo será el modelo hidrológico más completo basado en un enfoque basado en datos de alta dimensión

capaz de evaluar la ubicación, el ancho, la profundidad y el flujo de agua de la red de arroyos. El objetivo general de esta investigación es revolucionar nuestra comprensión de los principios fundamentales que gobiernan los regímenes de descarga de agua dulce en todo el mundo.

OpenLandMap se basa en software de código abierto: Geoserver, Geonode, React, plumber R y OpenLayers. Las predicciones se basan en el software R para la computación estadística y los paquetes: ranger, xgboost, caret y SuperLearner. El software utilizado para el análisis espacial incluye: GDAL, SAGA GIS, GRASS GIS, QGIS y WhiteBoxTools.

## **2. FLO1K, mapas globales de caudal medio, máximo y mínimo anual con una resolución de 1 km desde 1960 hasta 2015**

*Barbarossa, V., Huijbregts, M., Beusen, A. et al. FLO1K, global maps of mean, maximum and minimum annual streamflow at 1 km resolution from 1960 through 2015. Sci Data 5, 180052 (2018). <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.52> <https://www.nature.com/articles/sdata201852.pdf>*

Los datos de caudal son muy relevantes para una variedad de análisis o aplicaciones socioeconómicos y ecológicos, pero todavía falta un conjunto de datos de caudal global de alta resolución. La plataforma de FLO1K, un conjunto de datos de caudal consistente con una resolución de 30 segundos de arco (~ 1 km) y cobertura global, comprende el flujo anual medio, máximo y mínimo para cada año en el período 1960-2015, proporcionado como capas cuadrículadas espacialmente continuas. Se mapea el flujo de la corriente mediante regresión de redes neuronales artificiales (ANN). Se adaptó un conjunto de ANN en las observaciones mensuales de caudal de 6600 estaciones de monitoreo en todo el mundo, es decir, los caudales anuales mínimos y máximos representan los caudales mensuales medios más bajos y más altos para un año determinado. Como covariables utilizamos la fisiografía de la cuenca aguas arriba (área, pendiente superficial, elevación) y variables climáticas específicas del año (precipitación, temperatura, evapotranspiración potencial, índice de aridez e índices de estacionalidad). Confrontar los mapas con datos independientes indicó una buena concordancia (valores de R<sup>2</sup> hasta 91%). FLO1K ofrece datos esenciales para la ecología del agua dulce y los análisis de los recursos hídricos a escala global y, sin embargo, de alta resolución espacial.

### **TOMA DE DECISIÓN BAJO INCERTIDUMBRE Y COMPLEJIDAD; USO DE DATOS**

Los ecosistemas de aguas continentales son sistemas dinámicos y complejos. El cambio es inevitable y esta variabilidad plantea desafíos fundamentales para la evaluación, el diseño de respuestas adecuadas y el seguimiento (Clarke y Hering, 2006). La variación se produce en tiempo y en espacio, tanto a pequeña como a gran escala. Pueden ser cambios químicos y biológicos en respuesta a variaciones hidro-climáticas o cambios en los hábitats, vinculados a la evolución del uso del suelo impulsados por desarrollos socioeconómicos.

El conocimiento de los ecosistemas de aguas continentales está intrínsecamente marcado por incertidumbres, ya sea a causa de incertidumbres en la medición, insuficiencia de datos o dificultades para evaluar los vínculos complejos entre el estado de los ecosistemas, las presiones, sus fuerzas motrices y tendencias. Es importante que los profesionales, los

interesados y los responsables de la toma de decisiones reconozcan la incertidumbre y la complejidad de los abordajes en relación a los ecosistemas de aguas continentales.

### ***Tratando con la incertidumbre y la complejidad***

Estimar, comunicar y gestionar la incertidumbre y la complejidad representa un desafío importante para la gestión ambiental. Los datos y la forma en que se utilizan en la participación de los interesados y los procesos de toma de decisión tienen un papel importante que desempeñar en este sentido.

Un primer nivel de respuesta se relaciona con la adopción de medidas para reducir la incertidumbre. Por ejemplo, la recopilación de datos sobre ecosistemas está sujeta a limitaciones, debido tanto a la inevitable variación natural como a las limitaciones en la capacidad de medición y los distintos procedimientos de muestreo. En este nivel, los tres pasos que pueden minimizar la incertidumbre son los siguientes:

- **Garantizar réplicas de muestras:** una sola muestra proporciona una "fotografía instantánea" de información, pero no permite la determinación de tendencias o la distribución de las condiciones del sitio. El muestreo aleatorio también puede ayudar a limitar el sesgo.
- **Consideraciones temporales y espaciales:** las réplicas no deben limitarse a una ubicación y deben considerarse las variaciones estacionales. Normalmente, es una buena técnica utilizar el análisis de tendencias de series cronológicas a largo plazo.
- **Asegurar el rigor estadístico:** es necesario realizar un análisis estadístico para determinar la varianza y la significancia.

Un segundo nivel de respuesta se relaciona con la identificación y el reconocimiento explícito de la incertidumbre. Por ejemplo, deben reconocerse los vacíos de datos e incertidumbres. Las presentaciones de los resultados de los modelos deben ir acompañadas de una presentación de intervalos de confianza y discusiones con los interesados sobre la granularidad y la confianza de los resultados.

Un tercer nivel de respuesta se basa en el enfoque de la gestión ambiental en sí: esforzarse por identificar los riesgos, reconocer la incertidumbre, adoptar un abordaje de gestión adaptativa y aplicar el principio de precaución.



El **principio de precaución** establece que, cuando una actividad plantea amenazas de daño a la salud humana o al ambiente, se deben tomar medidas de precaución, incluso si algunas relaciones de causa-efecto no están completamente comprobadas científicamente (Kriebel et al., 2001). Este principio cobró importancia debido a la disparidad percibida entre la tasa de degradación ambiental y la capacidad de la sociedad para identificarla y corregirla. El principio de precaución es de particular importancia en situaciones donde las prioridades socioeconómicas y/o la aplicación deficiente de las regulaciones pueden comprometer la protección del ambiente y la salud pública asociada. El principio puede definir decisiones en condiciones de incertidumbre, resaltar la importancia para la investigación y la innovación, y ayudar a generar confianza pública. Algunos principios rectores para adoptar el enfoque precautorio fueron identificados por Harremoës et al. (2002) y se resaltan en el Cuadro 3.4.

**CUADRO 3.4: Principales principios rectores para la adopción de un enfoque precautorio**

- Reconocer y responder a la ignorancia, la incertidumbre y el riesgo;
- Asegurar que las condiciones reales se tengan en cuenta de manera adecuada en la evaluación regulatoria;
- Garantizar el uso de conocimientos "no expertos" y locales, así como la experiencia especializada pertinente, y tener plenamente en cuenta las suposiciones y valores de los diferentes grupos sociales;
- Sostener la independencia regulatoria de los interesados mientras se mantiene un enfoque inclusivo para la recopilación de información y opiniones;
- Identificar y reducir los obstáculos institucionales para el aprendizaje y la acción; y
- Evitar la "parálisis por análisis" actuando para reducir el daño potencial cuando existen motivos razonables de preocupación.

**CONCLUSIÓN**

El conocimiento sobre la recopilación de datos, la representación y las técnicas analíticas es fundamental para actuar en la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales. En última instancia, los datos y la forma en que se utilizan dependen del propósito específico y, en ocasiones, están limitados por las circunstancias locales y la capacidad técnica de los profesionales. Por lo tanto, los profesionales deben examinar todas las opciones disponibles y elegir en consecuencia. También se deben realizar esfuerzos para transformar los datos para aumentar su cercanía con personas no expertas y con quienes formulan políticas para garantizar que el mensaje se transmita de manera efectiva.

## LECTURAS RECOMENDADAS

- Convention on Biological Diversity Technical Series No. 32.
  - Capítulo 1: Introduction. Available at <https://www.cbd.int/ts32/ts32-chap-1.shtml>
  - Capítulo 3: The basics of remote sensing. Disponible en: <https://www.cbd.int/ts32/ts32-chap-3.shtml>
- Rebelo, L.-M., Finlayson, C.M., Strauch, A., Rosenqvist, A., Perennou, C., Tøttrup, C., Hilarides, L., Paganini, M., Wielaard, N., Siegert, F., Ballhorn, U., Navratil, P., Franke, J. & Davidson, N. (2018). The use of Earth Observation for wetland inventory, assessment and monitoring: An information source for the Ramsar Convention on Wetlands. Ramsar Technical Report No.10. Gland, Switzerland: Ramsar Convention Secretariat.
  - Summary, pages 4 and 5. Disponible en: <https://www.ramsar.org/document/ramсар-technical-report-10-the-use-of-earth-observation-for-wetland-inventory-assessment>.
- Paul Bolstad, 2016. GIS Fundamentals – A First Text on Geographic Information Systems 5th Edition.
  - Capítulo 1. Disponible en: [http://ratt.ced.berkeley.edu/readings/read\\_online/Bolstad/Chapter1\\_5th\\_small.pdf](http://ratt.ced.berkeley.edu/readings/read_online/Bolstad/Chapter1_5th_small.pdf)
- Neugarten, R. A., Langhammer, P. F., Osipova, E., Bagstad, K. J., Bhagabati, N., Butchart, S. H., & Willcock, S. (2018). Tools for measuring, modelling, and valuing ecosystem services. Gland, Switzerland: IUCN.
  - Resumen ejecutivo e introducción. Disponible en: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-028-En.pdf>

## VIDEOS RECOMENDADOS

- For further in-depth knowledge of remote sensing techniques: NASA ARSET: Introduction to SDG 6.6 and Remote Sensing Techniques for Mangroves. 2020.
  - Enlace – Parte 1: <https://www.youtube.com/watch?v=eFn00Q77HDY&t=796s>
  - Enlace – Part 2: <https://www.youtube.com/watch?v=5Venmt7t6BI>

## REFERENCIAS

Andrew, M.E., M.A. Wulder, and T. A. Nelson. 2014. "Potential Contributions of Remote Sensing to Ecosystem Service Assessments". *Progress in Physical Geography: Earth and Environment* 38 (3): 328-353. doi:10.1177/0309133314528942. <https://www.researchgate.net/publication/263424872>.

Anokhin, P. and A. Motro. 2001. Data integration: Inconsistency detection and resolution based on source properties, International Workshop on Foundations of Models for Information Integration.

Anokhin P. and A. Motro.2003. "Fusionplex: Resolution of Data Inconsistencies in the Integration of Heterogeneous Information Sources" George Mason University.

- Azzini, A. and P. Ceravolo. 2013. Consistent Process Mining over Big Data Triple Stores. In Proceedings of the 2013 IEEE International Congress on Big Data, Santa Clara, CA, USA, 27 June–2 July 2013; pp. 54–61.
- Bansal, S.K. and S. Kagemann. 2015. Integrating Big Data: A Semantic Extract-Transform-Load Framework. *IEEE Comput. Soc.* 2015, 3, 42–50.
- Bernardos, A. Tarrío. P and J. Casar. 2008. A data fusion framework for context-aware mobile services, *Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems*.
- Bolstad, P. 2017. *GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems*. White Bear Lake, Minnesota: Eider Press.
- Brown, G., and N. Fagerholm. (2015). Empirical PPGIS/PGIS mapping of ecosystem services: A review and evaluation. *Ecosystem services*, 13, 119-133. Available at [https://www.academia.edu/24245676/Empirical\\_PPGIS\\_PGIS\\_mapping\\_of\\_ecosystem\\_services\\_A\\_review\\_and\\_evaluation](https://www.academia.edu/24245676/Empirical_PPGIS_PGIS_mapping_of_ecosystem_services_A_review_and_evaluation)
- Carol, I., and S. Britto Ramesh Kumar. 2015. "Conflict Identification and Resolution in Heterogeneous Datasets: A Comprehensive Survey". *International Journal of Computer Applications* 113 (12): 22-27. doi:10.5120/19879-1885.
- Cafarella M. J., A. Halevy and J. Madhavan. 2011. Structured data on the web. *Commun ACM* 2011; 54:72–79.
- Castanedo F. 2013. A review of data fusion techniques. *The Scientific World Journal*, 2013, 704504. <https://doi.org/10.1155/2013/704504>.
- Chomicki, J., J. Marcinkowski and S. Staworko. 2004. Computing consistent query answers using conflict hypergraphs. In Proceedings of the 2004 Thirteenth ACM International Conference on Information and Knowledge Management, Washington, DC, USA, 8–13 November 2004; ACM: New York, NY, USA, 2004; pp. 417–426. 52.
- Clapcott, J.E., E.O. Goodwin, R.G. Young, and D.J. Kelly. 2014. "A Multimetric Approach For Predicting The Ecological Integrity Of New Zealand Streams". *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, no. 415: 03. doi:10.1051/kmae/2014027.
- DeMichiel, L.G. 1989. Resolving database incompatibility: An approach to performing relational operations over mismatched domains. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 1989, 1, 485–493.
- European Environment Agency. 2016. "Mapping And Assessment Of Ecosystems And Their Services". Progress And Challenges.
- Fan, Junqing, Jining Yan, Yan Ma, and Lizhe Wang. 2017. "Big Data Integration In Remote Sensing Across A Distributed Metadata-Based Spatial Infrastructure". *Remote Sensing* 10 (2): 7. doi:10.3390/rs10010007.
- Gardiner, Ned. 2002. *CBD Technical Series No.32*. Ebook. <https://www.cbd.int/ts32/ts32-chap-6.shtml>.
- Harremoës, P., D. Gee, M. MacGarvin, A. Stirling, J. Keys, B. Wynne and S. Vaz .2002. *The Precautionary Principle in the 20th Century: Late Lessons from Early Warnings*.

- Higgins, J. V., M.T. Bryer, Ma.L. Khoury, and T.W. Fitzhugh. 2005. "A Freshwater Classification Approach For Biodiversity Conservation Planning". *Conservation Biology* 19 (2): 432-445. doi:10.1111/j.1523-1739.2005.00504.x.
- Hendler J. 2014. Data Integration for Heterogenous Datasets. *Big Data*. 2014;2(4):205-215. doi:10.1089/big.2014.0068.
- Schmidt-Kloiber, A., V. Bremerich, A. De Wever, S.C. Jähnig, K. Martens, J. Strackbein, K. Tockner, and D. Hering. 2019. "The Freshwater Information Platform: A Global Online Network Providing Data, Tools and Resources for Science and Policy Support." *Hydrobiologia* 838 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-03985-5>.
- Indicator | SDG 6 Data. 2021. "Indicator 6.6.1 – Water-related Ecosystems." Accessed March 29, 2021. <https://sdg6data.org/indicator/6.6.1>.
- IUCN WCPA (World Commission on Protected Areas) .2018. Draft Guidelines for Recognising and Reporting Other Effective Area-based Conservation Measures, Version 1. Gland, Switzerland: IUCN.
- Jarar Oulidi, H. 2019. *Technical Framework: Spatial Data Infrastructure for Water*. *Spatial Data on Water*, 63–92. doi:10.1016/b978-1-78548-312-7.50002-8.
- Jaspers, F.G., 2003. Institutional arrangements for integrated river basin management. *Water policy*, 5(1), pp.77-90.
- Kale, D and S. Aparadh. 2016. A Study of a detection and elimination of data inconsistency in data integration, *International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology* 2(1) (2016), 532–535.
- Khaleghi, B., A. Khamis, F. Karray and S. Razavi. 2013. Multisensor data fusion: A review of the state-of-the-art, *Information Fusion* 14(1) (2013), 28–44
- Kriebel, D, J. Tickner, P. Epstein, J. Lemons, R. Levins, E. L. Loechler, M. Quinn, R. Rudel, T. Schettler, and M. Stoto. 2001. "The Precautionary Principle in Environmental Science." *Environmental Health Perspectives* 109 (9): 871–76. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109871>.
- Kumar, M and D. Garg. 2009. Multi-sensor data fusion in presence of uncertainty and inconsistency in data, sensor and data fusion, I-Tech Education and Publishing.
- Liew, A. 2007. "Understanding Data, Information, Knowledge and Their Inter-Relationships." *Journal of Knowledge Management Practice* Vol. 7.
- Lopes, E. 2010. *A grounded theory of decision-making under uncertainty and complexity*. Instituto Politécnico de C. Branco, Portugal.
- Making: The Example of the EU Water Framework Directive." *Ecological Economics* 69 (3): 502–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.012>.
- Neugarten, R. A., P. F. Langhammer, E. Osipova, K. J. Bagstad, N. Bhagabati, S. H.M. Butchart, N. Dudley, et al. 2018. "Tools for Measuring, Modelling, and Valuing Ecosystem Services: Guidance for Key Biodiversity Areas, Natural World Heritage Sites, and Protected Areas." Edited by Craig Groves, August. <https://doi.org/10.2305/iucn.ch.2018.pag.28.en>.

- Ostrom, E.1990. *Governing the Commons; The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press, Cambridge. Prampolini, Mariacristina, Alessandra Savini, Federica Foglini, and Mauro Soldati. 2020. "Seven Good Reasons For Integrating Terrestrial And Marine Spatial Datasets In Changing Environments". *Water* 12 (8): 2221. doi:10.3390/w12082221.
- Prokopová, Z., P. Silhavy and R. Silhavy .2011. "Data analysis: tools and methods."Raghav, R. S., S. Pothula, T. Vengattaraman and D. Ponnurangam .2016. *A survey of data visualization tools for analyzing large volume of data in big data platform*.
- Ratra, R. and P. Gulia .2019. "Big Data Tools and Techniques: A Roadmap for Predictive Analytics." 2249-8958.
- Ray, J., Olayinka J., M. Trovati, S. Sotiriadis, and N. Bessis. 2018. "The Rise of Big Data Science: A Survey Of Techniques, Methods And Approaches In The Field Of Natural Language Processing And Network Theory". *Big Data and Cognitive Computing* 2 (3): 22. doi:10.3390/bdcc2030022.
- Samuelsen, J., W. Chen, and B. Wasson. 2019. Integrating multiple data sources for learning analytics—review of literature. *RPTTEL* 14, 11 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41039-019-0105-4>.
- Schmidt-Kloiber, A, V. Bremerich, A. De Wever, S. C. Jähnig, K. Martens, J. Strackbein, K. Tockner, and D. SDG 6.6.1. 2021. "SDG 6.6.1." Accessed March 29, 2021. <https://www.sdg661.app/>.
- Schoolmaster, D. R., J. B. Grace, and E. W. Schweiger. 2012. "A General Theory Of Multimetric Indices And Their Properties". *Methods In Ecology and Evolution* 3 (4): 773-781. doi:10.1111/j.2041-210x.2012.00200.x.
- Sdg6monitoring.2021. "Indicator 6.6.1 - Change in the Extent of Water-related Ecosystems over Time". Accessed March 29, 2021. <https://www.sdg6monitoring.org/indicator-661/>.
- Sigel, K., B.Klauer, and C.Pahl-Wostl. 2010. "Conceptualising Uncertainty in Environmental Decision-Making: The Example of the EU Water Framework Directive." *Ecological Economics* 69 (3): 502–10. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.012>.
- Sivarajah, Uthayasankar, Muhammad Mustafa Kamal, Zahir Irani, and Vishanth Weerakkody. 2017. "Critical Analysis Of Big Data Challenges And Analytical Methods". *Journal Of Business Research* 70: 263-286. doi:10.1016/j.jbusres.2016.08.001.
- Wang, Xue-lei, Long-mei Ning, and Wang-bin Hu. 2003. "Application of Analytic Hierarchy Process to Assessing the Ecological Vulnerability of Wetlands in the Jiangnan Plain." *Chinese Geographical Science* 13 (3): 272–76. <https://doi.org/10.1007/s11769-003-0030-7>.
- Wang.X ,Huang.L, X. Xu, Y. Zhang and J.Q. Chen. 2011. A solution for data inconsistency in data integration, *Journal of Information Science and Engineering* 27(2) (2011), 681–695.
- Zeinolabedini, M., and A. Esmaeily. 2015. "*Groundwater potential assessment using geographic information systems and ahp method (Case Study: Baft City, Kerman, Iran)*". *ISPRS*.

## **MÓDULO 4: SDG 6.6.1 EXPLORER PLATFORM**

### **OBJETIVO**

Este módulo tiene como objetivo demostrar el uso de la plataforma global de datos (SDG 6.6.1 Freshwater Ecosystems Explorer Platform), describiendo su precisión, la alta resolución de los datos geoespaciales y el apoyo actualizado que brinda a los países.

### **OBJETIVOS DE APRENDIZAJE**

Al final de este módulo, se espera que los alumnos:

- Adquieran un conocimiento sobre la plataforma SDG 6.6.1 Explorer.
- Obtengan una comprensión del contexto mediante ejemplos de uso de datos nacionales de la plataforma.

### **INTRODUCCIÓN**

#### **¿QUÉ ES SDG 6.6.1 EXPLORER PLATFORM?**

Freshwater Ecosystems Explorer Platform es una plataforma de datos de acceso abierto, gratuita y fácil de entender, suministrada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), como se muestra en la Figura 4.1. Proporciona al usuario datos geoespaciales precisos, actualizados y de alta resolución, que muestran la extensión espacial de los cambios en los ecosistemas a lo largo del tiempo, a nivel mundial y en varias escalas. La plataforma permite a los usuarios visualizar y descargar datos espaciales a nivel nacional, subnacional y de cuenca y subcuenca, respectivamente, para los siguientes ecosistemas y parámetros de agua:

- Aguas superficiales permanentes y estacionales,
- Embalses,
- Humedales,
- Manglares y
- Calidad del agua (es decir, turbidez y nivel trófico).

La intención general de esta plataforma es impulsar la acción basada en la evidencia mediante decisiones que ayuden a cumplir la Agenda 2030. Esta plataforma se convirtió en una prioridad en 2017 cuando el PNUMA solicitó a todos los países del mundo que proporcionaran datos sobre sus respectivos ecosistemas de aguas continentales. Hasta ese momento, solo alrededor del 18% de los países del mundo pudieron entregar los datos solicitados, que fue muy parcial, mientras que otros simplemente no tenían los datos o la capacidad para recuperarlos. Por lo tanto, no habiendo podido adquirir datos nacionales in situ, el PNUMA se asoció con Agencias Espaciales. Los socios principales incluyen el Centro Común de Investigación de la Comisión Europea y el Programa Espacial Copernicus, con la Agencia Espacial Europea, que proporciona imágenes satelitales para el monitoreo de ecosistemas, y Google para el procesamiento de datos

y almacenamiento en la nube. Otros socios incluyen la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y la Agencia de Exploración Aeroespacial de Japón (JAXA). La plataforma se dirige principalmente a los funcionarios gubernamentales que son responsables de monitorear y reportar datos sobre ecosistemas de aguas continentales en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), pero también está abierta al público en general e interesados, como estudiantes, académicos, científicos y ciudadanos (Figura 4.1).



*Figura 4.1: Mostrando la página de bienvenida del Freshwater Ecosystem Explorer*

Enlace para acceder a la SDG 6.6.1 Freshwater Ecosystems Explorer: <https://www.sdg661.app/>.

## **ELEMENTOS CLAVE DEL EXPLORADOR DE ECOSISTEMAS DE AGUA DULCE: INTRODUCCIÓN Y ACCESO A LA PLATAFORMA DE EXPLORACIÓN**

Una vez que los usuarios hagan clic en "EXPLORE YOUR FRESHWATER ECOSYSTEM", se lo dirigirá a un "Descargo de responsabilidad de las Naciones Unidas" que destaca los términos de uso como se muestra en la Figura 4.2.

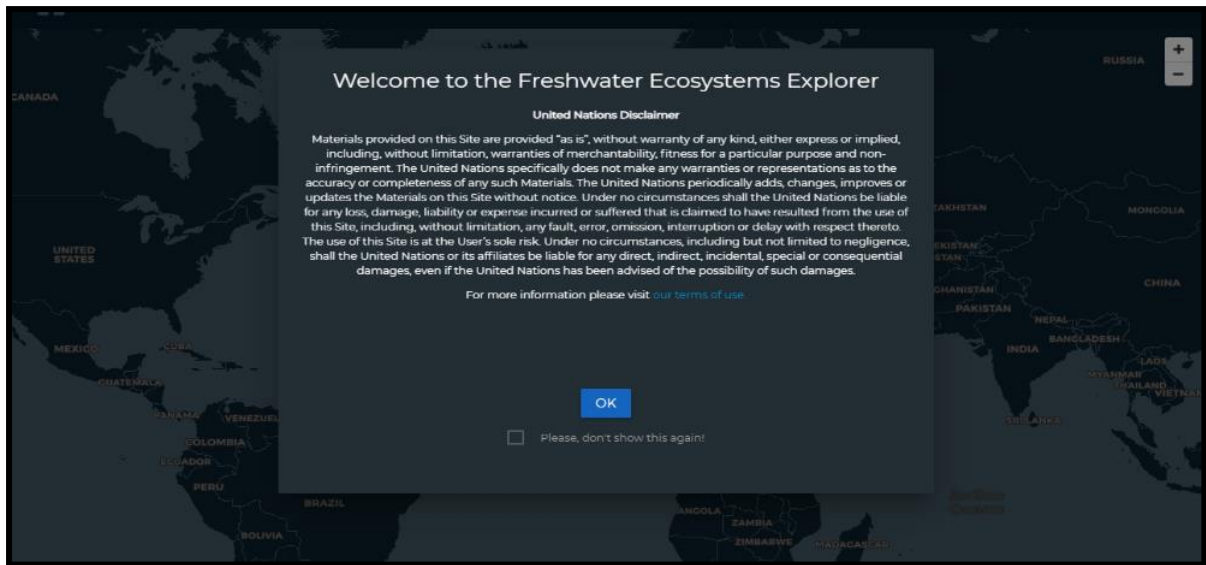


Figura 4.2: Muestra de la página de "Descargo de responsabilidad de las Naciones Unidas"

A continuación, los usuarios pueden hacer clic en el país de interés dentro de mapa global que muestra. Luego se acercará al país de interés, donde se desplegará un tablero con sus estadísticas específicas, como se ve en la Figura 4.3.

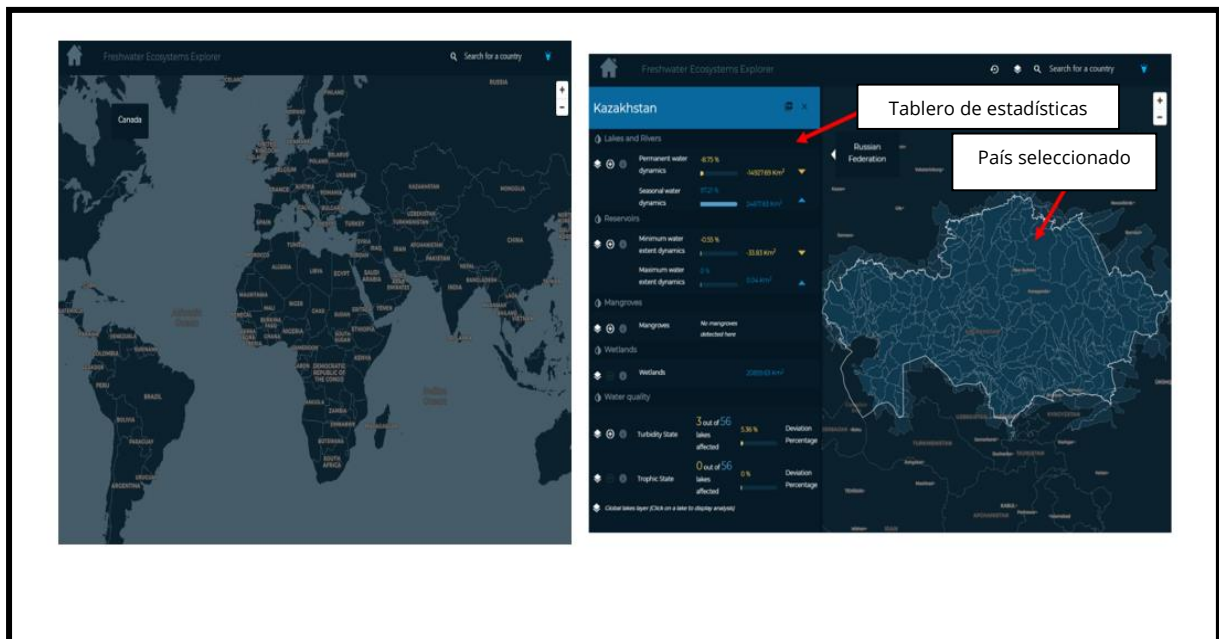


Figura 4.3: Muestra del mapa global general y los paneles de selección de países del portal de datos.



## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DATOS PRESENTADOS EN LA SDG 6.6.1

### EXPLORER PLATFORM

1. La información estadística presentada representa los cambios en los ecosistemas relacionados con el agua a lo largo del tiempo. Los datos no son estáticos, sino dinámicos, permitiendo la determinación de análisis de tendencias a largo plazo. Las imágenes satelitales se actualizan una vez al año. Los datos se producen mediante un promedio móvil, donde se genera una línea de base de 5 años y se obtiene una media anual para conseguir un análisis de tendencias estadísticas amplio y más sólido.
2. Las estadísticas se pueden ver a nivel nacional y subnacional, así como a nivel de cuenca y subcuenca, y se desglosan en diferentes tipos de ecosistemas acuáticos continentales, como se indicó anteriormente.
3. Lagos, ríos y embalses representan datos recopilados en cada cuerpo de agua superficial abierto, que es mapeado por los satélites que escanean la tierra cada seis o siete días, con una resolución de 30 m. Los datos sobre el agua superficial se separan aún más en masas de agua artificiales (es decir, embalses) y masas de agua naturales (es decir, lagos y ríos). *NOTA: Los ríos que tienen menos de 30 m de ancho no están incluidos porque son demasiado pequeños.*
4. Los humedales están documentados como "humedales continentales" y "humedales costeros", que se conocen como "manglares".
5. Los datos son altamente específicos del ecosistema, que permiten que la toma de decisiones con respecto a cualquier tipo particular de ecosistema de aguas continentales y su conservación y protección, estén respaldadas por datos precisos.
6. La Calidad del agua solo se presenta para lagos muy grandes pues la resolución es de 300m x 300m; por lo tanto, las imágenes de satélite documentan unos 4.300 lagos en todo el mundo.
7. Los datos se separan en "estadísticas de cambio" a partir de una línea de base, desde el año 2000, como se ve en la Figura 4.4.

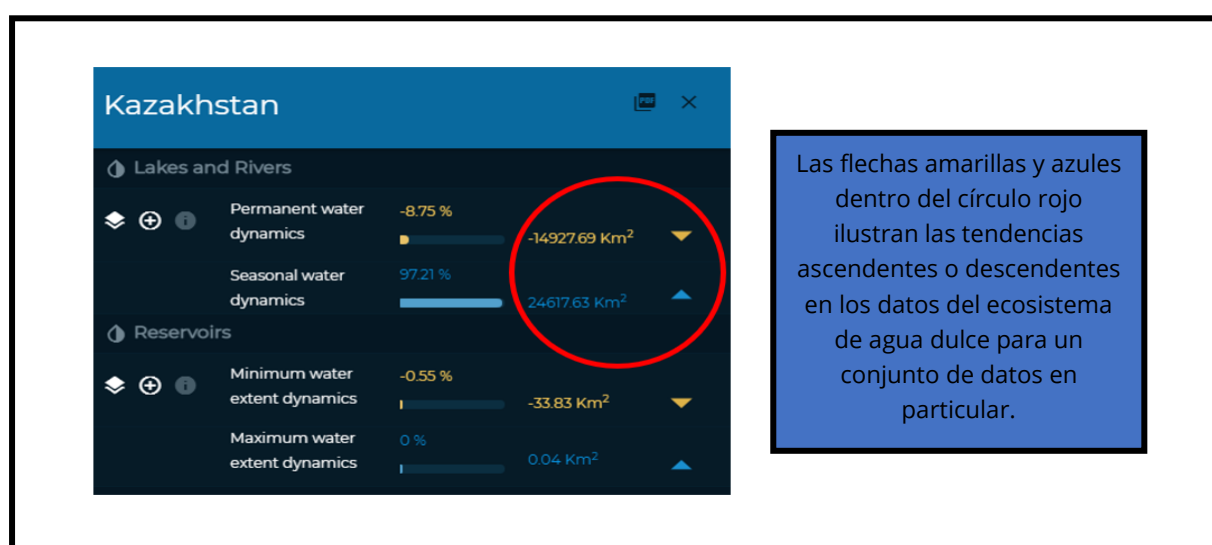


Figura 4.4: Muestra de las estadísticas de cambio para la dinámica del agua permanente y estacional para lagos y ríos

8. La calidad del agua se divide en dos parámetros que se pueden medir desde el espacio; 1) Turbidez y 2) Estado trófico. Estos son indicadores indirectos y no representan mediciones in situ. La turbidez habla de la falta de transparencia del agua y el estado trófico es una indicación de eutrofización en el agua, que a menudo es impulsada por el aporte de nutrientes (es decir, nitrógeno y fósforo). Las floraciones de algas son identificables por el satélite, lo que permite la medición por cada 30 x 30 píxeles cuadrados en un lago grande, y para la totalidad de estos lagos.

## **OTRAS FUNCIONALIDADES DE LA SDG 6.6.1 EXPLORER PLATFORM**

**Transiciones de agua (Water transitions):** esta característica se ilustra con el icono del mapa, que permite al usuario ver las diferentes transiciones de agua durante un período en particular. Estas se clasifican como: Permanente, Permanente Nueva, Pérdida Permanente, Estacional, Estacional Nueva, Pérdida Estacional, Estacional a Permanente y Permanente a Estacional (Permanent, New Permanent, Lost Permanent, Seasonal, New Seasonal, Lost Seasonal, Seasonal to Permanent and Permanent to Seasonal) mediante diferentes colores, como se presenta en la Figura 4.5.

Esta función permite al usuario no sólo ver las estadísticas del agua a nivel nacional, sino que los usuarios también pueden hacer zoom en las cuencas individuales una vez que conocen su ubicación. Estas transiciones también se pueden visualizar para cambios en ecosistemas como manglares y humedales, mostrando su ganancia, pérdida y estabilidad, como se indica en la Figura 4.6. Las transiciones también se pueden representar para estados tróficos y de turbidez, mostrando los estados tróficos y de turbidez promedio durante un año, clasificados como: agua normal, baja, media, alta y extrema (normal water, low, medium, high, and extreme), como se ve en las Figuras 4.7 y 4.8.

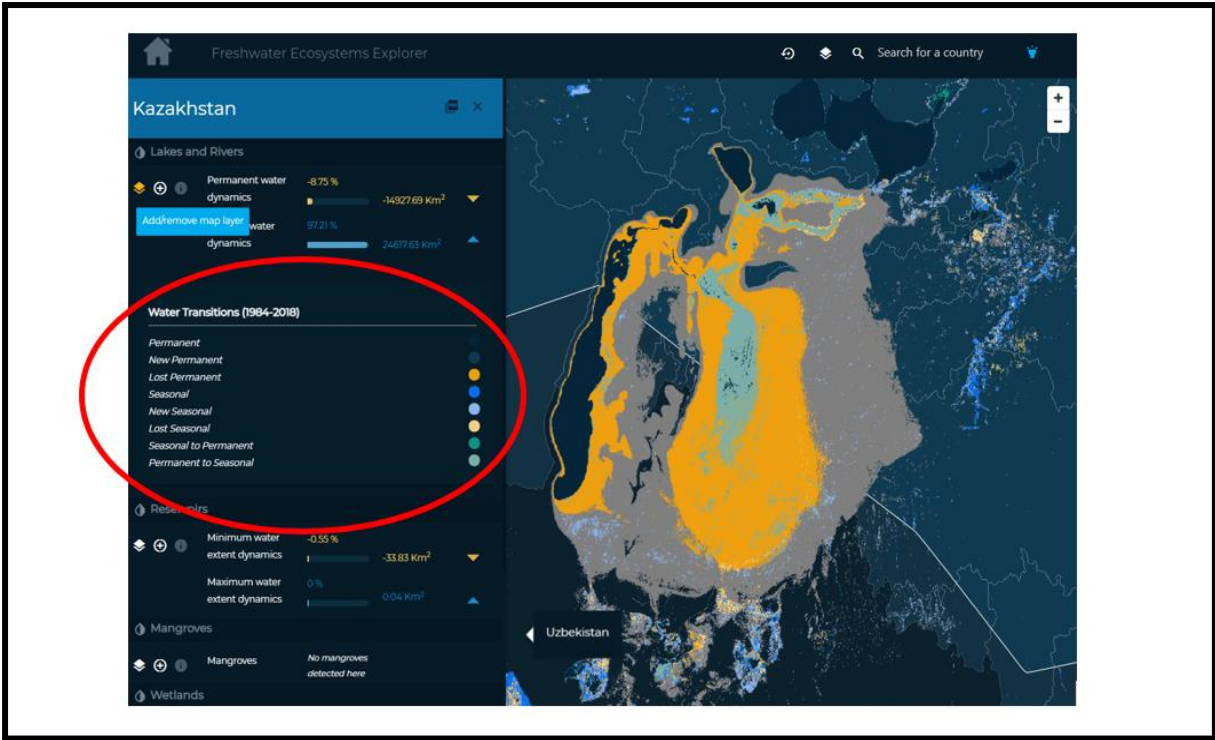


Figura 4.5: Transiciones del agua en Kazajstán para el período (1984-2018)

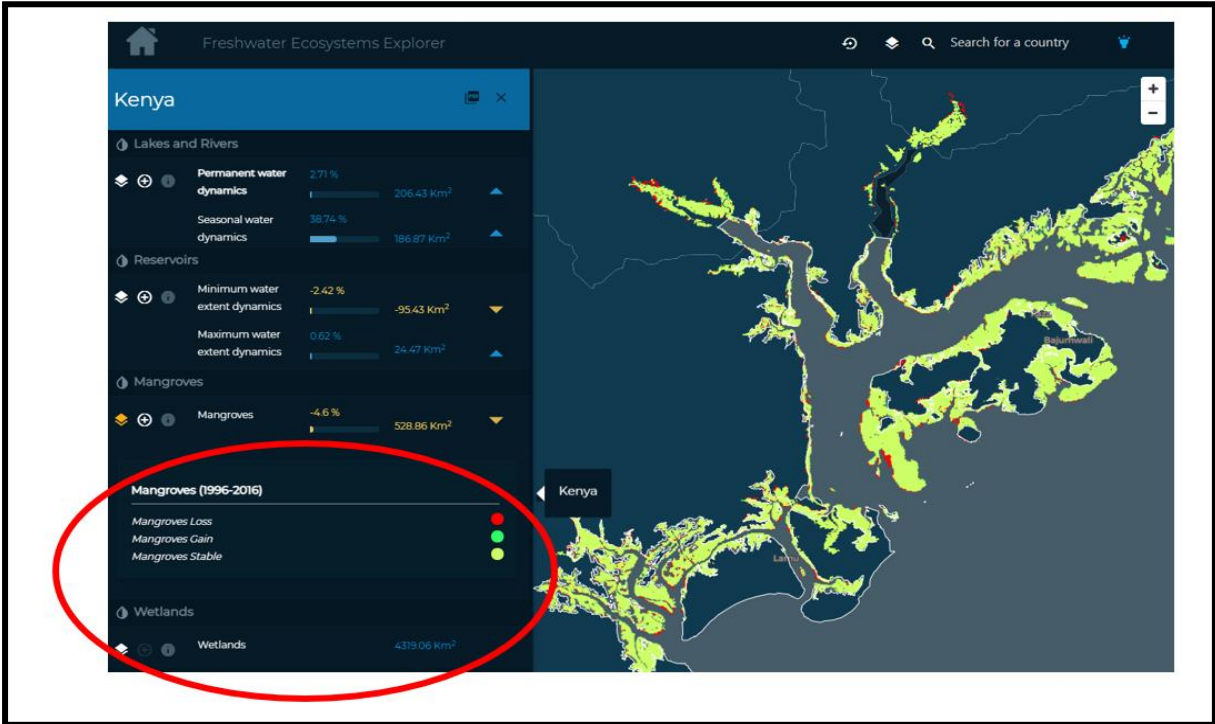


Figura 4.6: Transición de los manglares para el período (1996 - 2016) en Kenia.

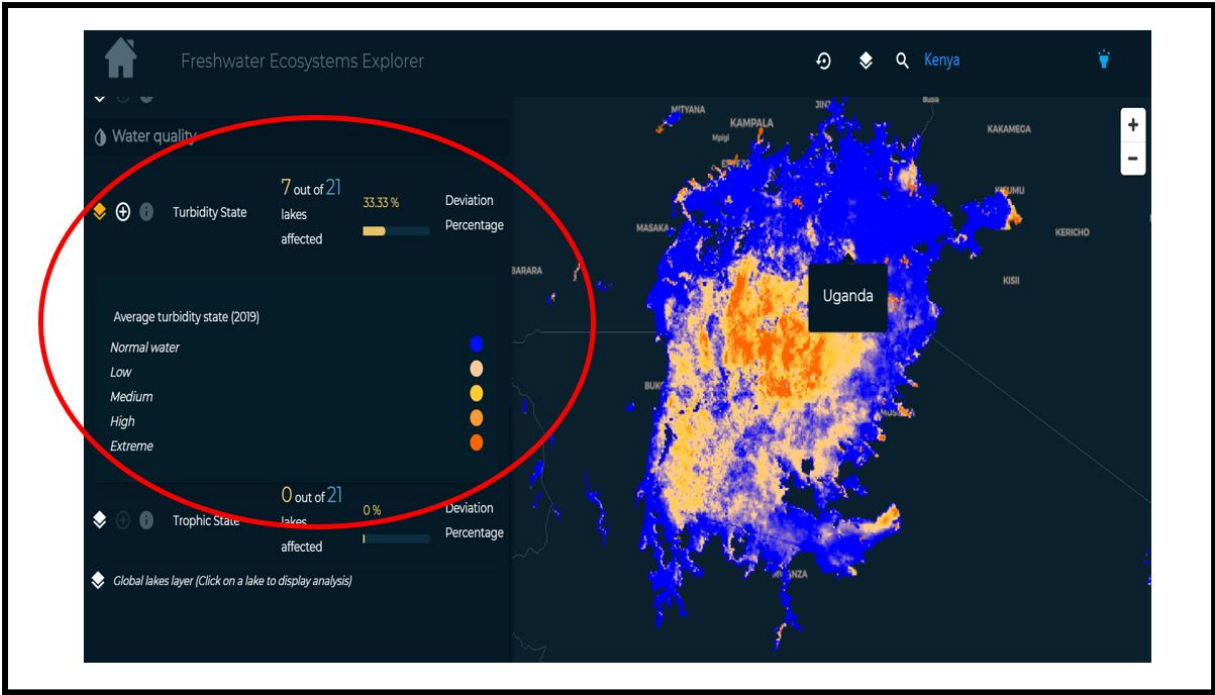


Figura 4.7: Estado trófico de un lago Turkana en Kenia (2019).

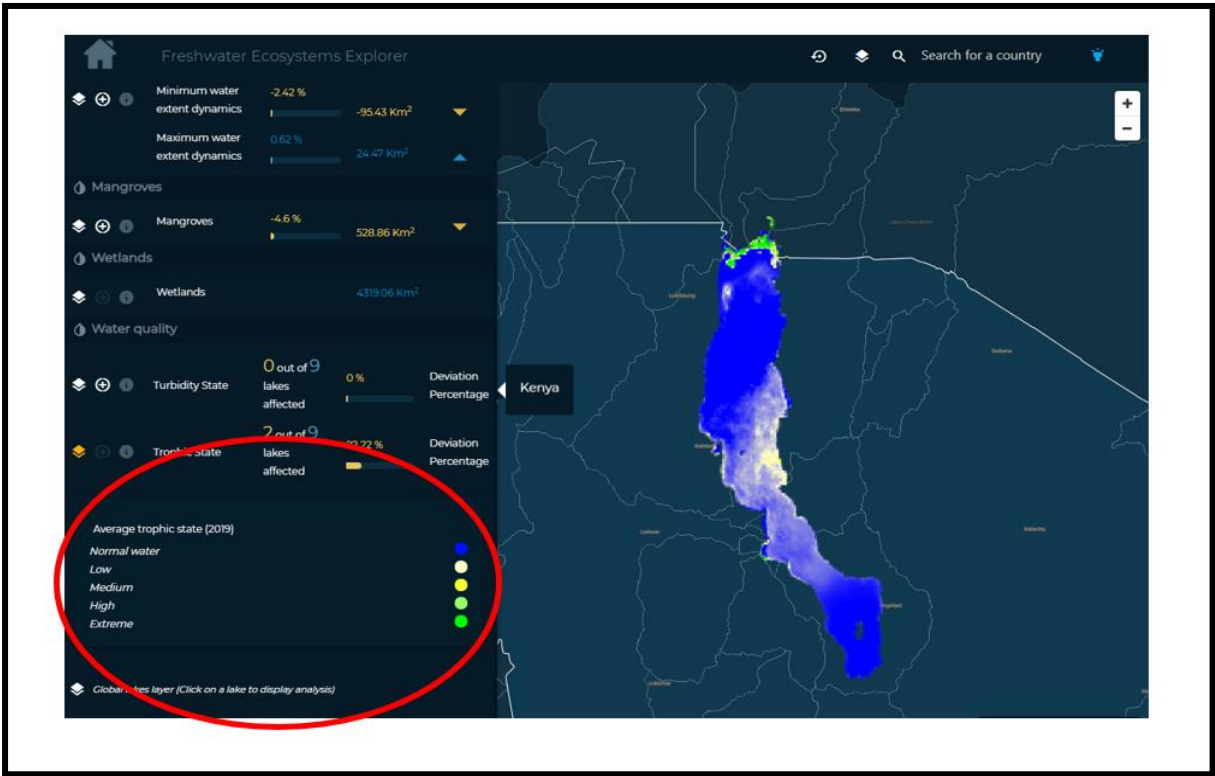


Figura 4.8: Estado de turbidez para el lago Victoria transfronterizo en los estados de Kenia, Uganda y la República Unida de Tanzania para (2019).

**Estadísticas transfronterizas (transboundary statistics):** a menudo, los cursos y cuerpos de agua naturales no siguen los límites administrativos creados por el hombre. Por lo tanto, para las masas de agua que cruzan las fronteras nacionales, se destaca la estadística de cada país, como se ve en el caso del lago Victoria, que cruza las fronteras de Kenia, Uganda y la República Unida de Tanzania, como se ve en la Figura 4.9. Esto es importante, ya que las organizaciones transfronterizas son extremadamente fundamentales en la protección y restauración de los ecosistemas de aguas continentales, permitiéndose ver los datos de un país a los demás.

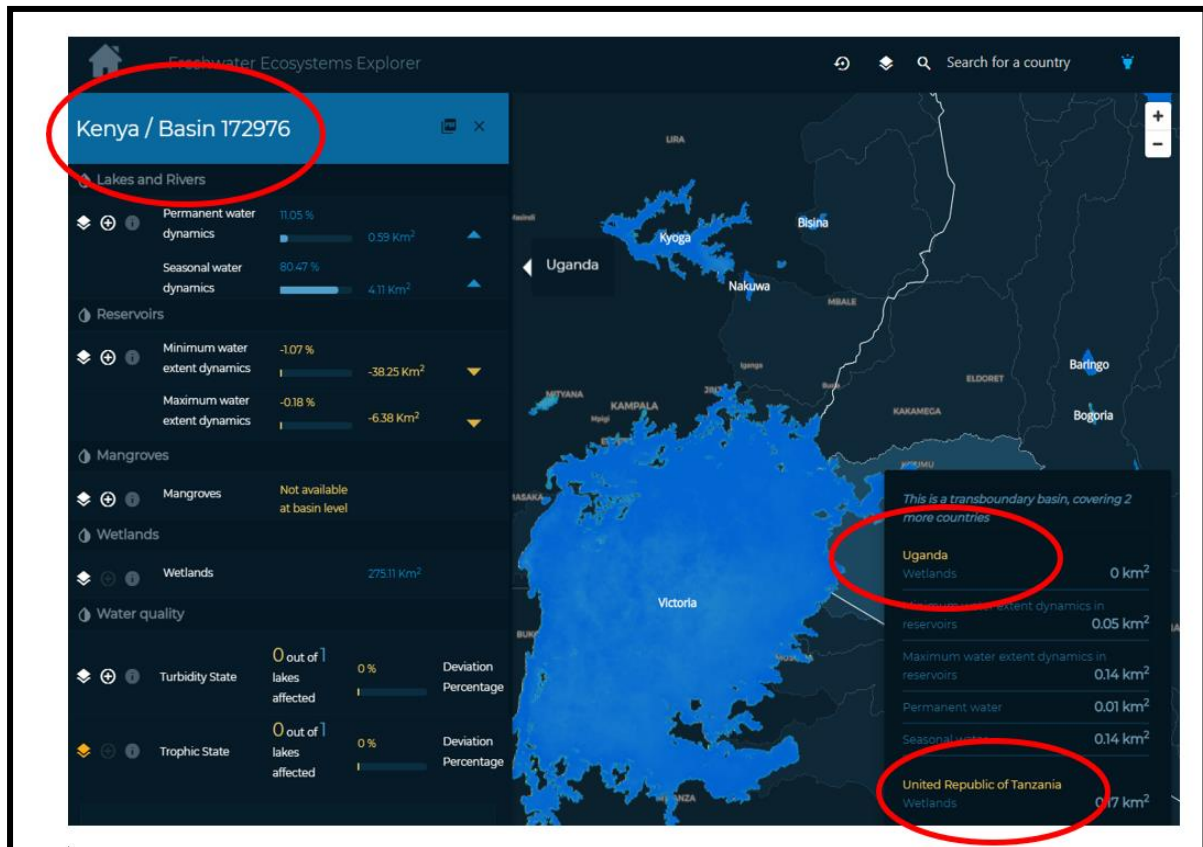


Figura 4.9: Estadísticas transfronterizas del lago Victoria.

**Estadísticas de nivel de cuenca hidrográfica y de administrador (hydro basin and admin level statistics):** esta funcionalidad permite a los usuarios ver los datos de una cuenca en particular. Permite la selección de diferentes escalas de cuencas, que van de cuencas a subcuencas y microcuencas. En cuanto a las escalas administrativas, existen dos niveles administrativos; admin 1 y admin 2, que tiene una resolución más alta, como se ve en la Figura 4.10.

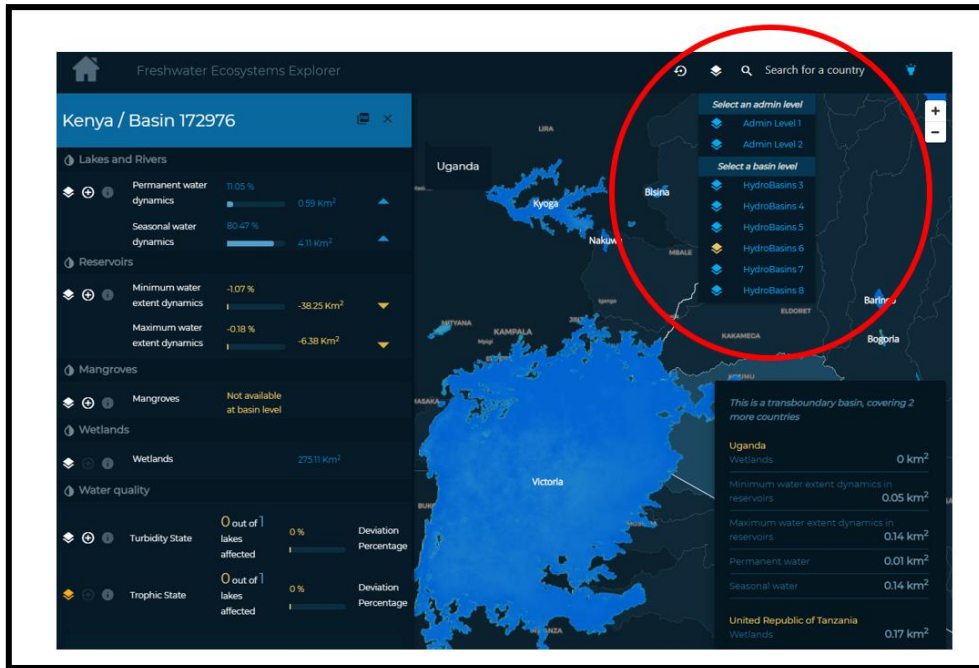


Figura 4.10: Muestra del menú desplegable para obtener las opciones de nivel Admin y Basin.

**Análisis avanzado (advance analysis):** permite a los usuarios acceder a estadísticas de mayor resolución haciendo clic en el signo más (+) en el panel de estadísticas. Proporciona gráficos diversos que muestran cambios a lo largo de períodos de tiempo. Esta funcionalidad de análisis avanzado está disponible para todos los conjuntos de datos. Estos datos se pueden descargar como gráficos en forma de cuadro/gráfico o los datos numéricos y espaciales reales que sustentan los cuadros presentados. El tablero estadístico también se puede descargar haciendo clic en el icono (pdf) en la parte superior del tablero, como se ve en las Figuras 4.11 y 4.12.



Figura 4.11: Muestra de la representación gráfica de los datos del ecosistema de agua dulce en la República Argentina.

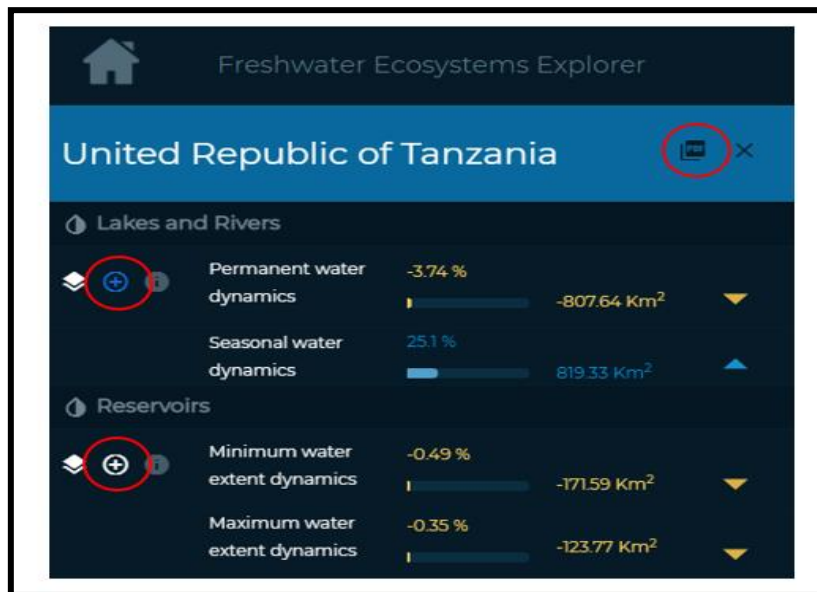


Figura 4.12: Íconos para acceder y descargar los datos del análisis avanzado.

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LA SDG 6.6.1 EXPLORER PLATFORM

El PNUMA ha generado mapas interesantes utilizando la Plataforma Explorador de los ODS 6.6.1, que demuestran cambios en diferentes ecosistemas de aguas continentales según se informa en el indicador 6.6.1 de los ODS, pero vincula estos cambios con los impactos sobre el terreno. Estos mapas destacan la amplia gama de presiones de los ecosistemas de aguas continentales, la compleja interacción entre los factores estresantes naturales y antropogénicos y cómo actúan las diferentes presiones en áreas extensas y en escalas de tiempo prolongadas. Los ejemplos se pueden ver a través de los enlaces a continuación. Este tipo de análisis y representación de datos proporciona una excelente descripción general de los desafíos que se enfrentan y tiene el potencial de acelerar los esfuerzos de gestión y mitigación de los ecosistemas de aguas continentales.

A continuación, se presentan links a la plataforma con estudios de caso.

- Calidad del agua (Lago Titicaca): <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/1/0/0>
- Pérdida de superficies de agua (Australia): <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/0/0/0>
- Pérdida de manglares (Myanmar): <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/2/0/0>

## CONCLUSIÓN

A la luz de lo anteriormente expresado, tener acceso libre y gratuito a un portal de datos tan avanzado, con datos específicos de los ecosistemas de aguas continentales, permite a los profesionales de todo el mundo acceder a datos útiles específicos del país, aumentando su capacidad para desarrollar, gestionar e implementar planes de gestión, mitigación y protección basados en datos, incluso en los casos en que los datos en el país pueden ser limitados. El portal también ofrece una oportunidad para que los profesionales comparen los resultados entre países y regiones. Esto, combinado con el conocimiento de las políticas y los marcos implementados en países que han logrado avances significativos hacia las metas del ODS 6.6.1, puede resultar útil y tiene el potencial de informar sobre las estrategias nacionales y subnacionales que se pueden adoptar.

## SITIOS WEB

- SDG 661 Freshwater ecosystems explorer: <https://www.sdg661.app/>

## LECTURAS RECOMENDADAS

- SDG 6.6.1 Freshwater explorer platform – Products and methods: <https://www.sdg661.app/productsmethods>
- PNUMA, 2021. Story maps:
  - Water quality (Lake Titicaca): <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/1/0/0>
  - Loss of permanent surface water (Australia): <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/0/0/0>
  - Mangroves loss (Myanmar): <https://mango-river-0ac1c3d03.azurestaticapps.net/#/story/2/0/0>