



## Ecosistemas acuáticos continentales y sus servicios: Enfoques y escenarios de aplicación en el mundo real

MIGUEL PASCUAL<sup>1,✉</sup>; MARÍA P. BARRAL<sup>2</sup>; MARÍA POCA<sup>3</sup>; NATALIA PESSAGG<sup>1</sup>; LEANDRO GARCÍA SILVA<sup>4</sup>; RICARDO ALBARIÑO<sup>5</sup>; MARÍA E. ROMERO<sup>6</sup> & ESTEBAN G. JOBBÁGY<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales, IPEEC-CONICET, Puerto Madryn, Argentina. <sup>2</sup> INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Balcarce, Argentina. <sup>3</sup> Grupo de Estudios Ambientales, IMASL, Universidad Nacional de San Luis, CONICET, San Luis, Argentina. <sup>4</sup> Unidad de Planificación Estratégica, Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo (ACUMAR). Buenos Aires, Argentina. <sup>5</sup> Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente, INIBIOMA, Universidad Nacional del Comahue - CONICET. San Carlos de Bariloche, Argentina. <sup>6</sup> Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación (MAyDS). CABA, Argentina.

**RESUMEN.** Los ecosistemas acuáticos continentales (EAC) constituyen elementos de gran valor natural, social y cultural. Además, son sumideros naturales de distintos procesos que involucran la interfase agua-tierra-atmósfera y, por lo tanto, los primeros a nivel territorial en mostrar síntomas de deterioro ambiental. En este artículo analizamos el enfoque de los servicios ecosistémicos (SE) y su aplicación a los EAC. Nuestro objetivo primario es proveer una introducción y revisión crítica del enfoque, y sus prácticas para científicos, técnicos y funcionarios interesados en los problemas del agua. Presentamos el enfoque en general y realizamos un desglose de los principales elementos constitutivos del análisis, en particular de aquellos que consideramos más relevantes para impulsar una mirada ambiental e integral de los EAC. También revisamos los aspectos más contenciosos del enfoque de los SE y discutimos en qué medida representan matices prácticos más que brechas conceptuales. Luego, caracterizamos distintos escenarios que brindan oportunidades para su aplicación desde la óptica de la administración ambiental, incluyendo una revisión de soluciones basadas en la naturaleza en comparación con sus contrapartes basadas en infraestructura gris. Más allá de todas las características positivas que pudieran atribuirse al enfoque, reconocemos incorporarlo de manera efectiva en los ámbitos de decisión tradicionales de los recursos hídricos de nuestro país no será automática. En este sentido, proponemos que es necesario alinear el enfoque de los SE con el del manejo integrado de los recursos hídricos, que es la base de los 'Principios rectores de la política hídrica de la República Argentina' adoptados por la Nación y las provincias.

[Palabras clave: conservación, recursos acuáticos, políticas hídricas, Argentina]

**ABSTRACT.** Continental aquatic ecosystems and their services: Approaches and applications in the real world. Continental aquatic ecosystems (CAE) constitute elements of great natural, social and cultural value. They are also natural sinks of different processes that involve the water-land-atmosphere interface and, therefore, the first ones at a territorial level to show symptoms of environmental degradation. In this article, we analyze the ecosystem services (ES) approach and its application to CAE. Our primary objective is to provide an introduction and critical review of the approach and its practicalities for scientists, technicians and officials interested in water problems. We present the approach in general and carry out a breakdown of the main elements of the analysis, particularly those that we consider most relevant to promote an environmental and comprehensive view of the CAE. We also review the more contentious aspects of the ES approach and discuss the extent to which they represent practical nuances rather than conceptual divides. We then characterize different scenarios that provide opportunities for their application from an environmental stewardship perspective, including a review of nature-based solutions compared to their gray infrastructure-based counterparts. Beyond all the positive characteristics that could be attributed to the approach, we recognize that its effective incorporation into the traditional decision-making spheres of our country's water resources will not be automatic. In this sense, we propose that it is necessary to align the ES approach with that of the integrated management of water resources, which is the basis of the 'Guiding principles of water policy of the Argentine Republic' adopted by the nation and the provinces.

[Keywords: conservation, aquatic resources, water policies, Argentina]

*Everybody needs beauty as well as bread,  
places to play in and pray in, where nature  
may heal and give strength to body and  
soul alike.*

John Muir - The Yosemite (1912)

## SALUD AMBIENTAL Y SALUD HUMANA

El ciclo hidrológico, la geología y la configuración de los paisajes continentales les confieren a los ecosistemas acuáticos continentales (EAC) un papel central en el flujo de materia y energía dentro de los ecosistemas de la tierra (Covino 2017). Este protagonismo estructural y funcional hace que los EAC sean sumideros naturales de distintos procesos que involucran la interfase agua-tierra-atmósfera y, a menudo, los primeros a nivel territorial en mostrar síntomas de deterioro ambiental (Dudgeon et al. 2006). Los EAC constituyen, además, elementos de gran valor natural, social y cultural; la salud y el bienestar humano dependen en forma directa de ellos, y su deterioro, por lo tanto, se proyecta rápidamente a la sociedad. Por esta razón, las aguas continentales se describieron como centinelas e integradoras de los impactos humanos sobre los ecosistemas de la tierra (Williamson et al. 2008).

La respuesta primaria de las sociedades al deterioro ambiental suele concentrarse allí donde se experimentan los síntomas, preservando localidades o especies afectadas, o montando obras de ingeniería civil e hidráulica para mitigar los efectos. Sin embargo, la génesis de los problemas del agua típicamente tiene una escala ecosistémica y es poco probable que podamos interpretar de forma adecuada las problemáticas de los recursos acuáticos o encontrar respuestas y soluciones duraderas sin un análisis que contemple las dimensiones espaciales y funcionales responsables de su integridad y funcionamiento (Likens and Bormann 1974). La promoción de acciones colectivas en favor de la salud de los sistemas acuáticos requiere, además, de perspectivas que pongan de manifiesto sus conexiones con la matriz territorial que los alberga y que contemplen las variadas necesidades y expectativas de las sociedades que de ellos se nutren.

El paradigma de los servicios ecosistémicos (SE) provee un marco conceptual e instrumental que supone reunir las propiedades recién enumeradas respecto a contemplar las escala estructurales, funcionales y socio-ambientales

apropiadas (MEA 2005). Su aplicación ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas dos décadas, y fue adoptado por círculos académicos alrededor del mundo, organizaciones ambientales, organismos ligados a la economía y al desarrollo, gobiernos y empresas privadas (McDonough et al. 2017). Al mismo tiempo, aplicar el paradigma de los SE ha generado una resistencia de igual intensidad por parte de importantes sectores ligados a la conservación ambiental o a sectores sociales, principalmente a causa del reduccionismo económico que le atribuyen (Schröter et al. 2014). La irrupción del paradigma y la disrupción que ha generado proveen una oportunidad para analizar cuestiones esenciales de la relación de la humanidad con el mundo natural y las respuestas de las sociedades a los enormes desafíos propuestos por las aspiraciones de sustentabilidad ([www.un.org](http://www.un.org)).

En este artículo presentamos el paradigma de los SE en general, junto a las particularidades de su aplicación a los EAC, en el contexto de los principales factores o conductores de cambio que los afectan. Luego, realizamos un desglose de distintos elementos constitutivos de estos análisis, en particular de aquellos que consideramos más relevantes o tal vez más contenciosos. En la siguiente sección caracterizamos los distintos escenarios de aplicación del enfoque a los sistemas acuáticos, considerando las distintas demandas generadas desde el organismo nacional de gestión ambiental. Por último, discutimos la aplicabilidad del enfoque a la realidad propia de nuestro país.

## LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS ENFOCADOS DESDE EL PARADIGMA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El concepto de los SE fue desarrollado en los años 1970 como una herramienta de comunicación para atraer el interés público hacia la conservación de la biodiversidad (e.g., Westman 1977). Lo que comenzó entonces como una metáfora creada por los ecólogos para enfatizar la dependencia de la sociedad de los ecosistemas naturales y la capacidad de las sociedades humanas para transformar el mundo, evolucionó hacia un paradigma para interpretar en forma específica las relaciones entre los seres humanos y los ecosistemas (Daily 1997). El desarrollo del paradigma tuvo un impulso fuerte en 2005 a través de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (MEA

2005), que fortaleció las bases conceptuales y desarrolló una serie de principios prácticos para su aplicación a escala global y regional.

Luego de la publicación del MEA (2005), el enfoque de los SE se diseminó rápidamente y se transformó en uno de los más utilizados para interpretar las relaciones humanas con la naturaleza, con una influencia importante tanto en la academia como en los ámbitos de diseño de políticas públicas. La evolución del enfoque, los marcos conceptuales, sus definiciones y clasificaciones fueron objeto de un significativo escrutinio y debate. Esto se debe a que el enfoque pretende capturar los pilares del bienestar humano y, al mismo tiempo, establecer variables mensurables del estado y modelos dinámicos de los ecosistemas para hacer operativo el concepto para, por ejemplo, analizar alternativas de desarrollo. En la actualidad existen diversas iniciativas internacionales, nacionales y subnacionales que proponen analizar el estado de los ecosistemas del mundo desde esta perspectiva. La Tabla 1 describe las cuatro iniciativas internacionales más relevantes basadas en el enfoque de los SE.

En su forma clásica (MEA), los SE han sido clasificados como 'de provisión' (e.g., la producción de bienes naturales, por ejemplo, alimentos, agua pura, leña, fibras), 'de regulación' (e.g., el control de inundaciones, la regulación climática y la purificación del agua), 'culturales' (e.g., los beneficios espirituales y recreativos) y 'de soporte' de la vida en la tierra (e.g., la formación de suelo y el ciclo de los nutrientes). Las variaciones de esta clasificación básica (Tabla 1) intentaron discriminar mejor los SE para evitar algunos inconvenientes, tales como el doble conteo en las cuantificaciones o la dificultad de establecer relaciones claras entre actividades económicas y el funcionamiento de los ecosistemas (TEEB 2010; Haines-Young et al. 2016). La revisión de mayor envergadura del enfoque posiblemente sea la de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) (Díaz et al. 2018), que plantea algunos cambios en el paradigma como incorporar la noción de 'contribuciones de la naturaleza a la gente' (NCP del inglés) e incorporar explícitamente diversas disciplinas científicas, partes interesadas y sistemas

**Tabla 1.** Algunas de las iniciativas internacionales más relevantes en torno a la evaluación de servicios ecosistémicos (SE).

**Table 1.** Some of the most relevant international initiatives related to the evaluation of ecosystem services (ES).

Iniciativa	Millennium Ecosystem Assessment MEA (2005)	Economics of Ecosystems and Biodiversity TEEB (2010)	Common International Classification of Ecosystem Services CICES (2010)	Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services IPBES (2015)
Descripción	Reunió a más de 1300 científicos de todo el mundo para evaluar el estado y tendencia de los ecosistemas del mundo y los servicios que brindan	Iniciativa global centrada en "hacer visibles los valores de la naturaleza" y lograr incorporarlos en la toma de decisiones a todos los niveles	Desarrollo a partir del trabajo de contabilidad ambiental realizado por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA)	Organismo intergubernamental que evalúa el estado de la biodiversidad y de los SE en respuesta a las solicitudes de los responsables de la toma de decisiones
Definición de SE	Los beneficios que el hombre obtiene de la naturaleza	Bienes y servicios que proporciona la naturaleza y de los cuales depende el bienestar humano	Las contribuciones finales de los ecosistemas naturales, seminaturales o altamente modificados que afectan directamente al bienestar de las personas	Reemplaza SE por "contribuciones de la naturaleza a la gente", todas las contribuciones de la naturaleza, tanto positivas como negativas, a la calidad de vida de los humanos como individuos, sociedades o a la humanidad en su conjunto
Clasificación	Cuatro grandes categorías de servicios: de provisión, de soporte, de regulación y culturales	Cuatro grandes categorías (=MEA) con un total de 17 SE	Tres secciones y en cada una división, grupo, clase y tipo de clase. Un total de ocho divisiones	Una única lista de 18 contribuciones de la naturaleza a las personas

de conocimiento. Es importante destacar, entonces, la variedad de marcos conceptuales y esquemas de clasificación en la investigación de servicios ecosistémicos (Braat and Groot 2012), cada uno de ellos con sus propias fortalezas y debilidades.

En los ecosistemas acuáticos, algunos SE cobran particular importancia, como, por ejemplo, los servicios de regulación, ya que determinan en gran medida su estructura y su funcionamiento. Dado que los EAC son sistemas muy interconectados con los sistemas terrestres que los circundan, interpretar su funcionamiento requiere considerar aquellas funciones ecológicas propias de los sistemas acuáticos y aquellas que contribuyen al SE desde el medio terrestre o territorio de soporte (Samal et al. 2017), en algunos casos, a través de sus respectivas interacciones con la atmósfera (Tabla 2). En este sentido, la perspectiva de los SE provee un marco en especial útil para analizar la interfase tierra-agua-atmósfera en forma dinámica y para evaluar las consecuencias de distintas intervenciones humanas, incluidas las opciones de remediación en los medios acuático y terrestre que se discuten más adelante.

En estudios de EAC es común que se introduzca la denominación 'servicios ecosistémicos hidrológicos' (SEH) para referirse a todos los servicios que proveen los ecosistemas acuáticos en nuestra Tabla 2 (e.g., Brauman 2015). En otros estudios se utiliza una definición más estricta de SEH referida sólo a las funciones de provisión y regulación hidrológica, enumerados 4-8 en Tabla 2 (Jin et al. 2018; Lüke and Hack 2018).

## CONDUCTORES DE CAMBIO EN LOS EAC

En la práctica, la aplicación típica del enfoque de los SE consiste en analizar el flujo de un conjunto de servicios ecosistémicos bajo diferentes escenarios de cambio. Entonces, es oportuno describir los principales agentes de cambio o conductores de los EAC en general, y en la Argentina en particular.

Las cuencas hidrológicas y sus EAC son afectados por distintos conductores de cambios que, en general, se clasifican en dos categorías: clima (i.e., variabilidad climática, eventos extremos, cambio climático) y uso y cobertura del suelo (i.e., urbanización, industrialización, deforestación, reforestación,

desertificación, expansión de zonas irrigadas, intensificación de la ganadería). El uso y la cobertura del suelo son, además, afectados por las obras ingenieriles (i.e., hidroeléctricas, obras de riego, canalización, trasvases), por disturbios como los incendios, y actividades productivas como la minería a cielo abierto. Todos los conductores de cambio enumerados pueden afectar de forma significativa a cada uno de los SE de los EAC (Tabla 2) a través de su efecto sobre diferentes componentes de las cuencas y sobre la habilidad de los ecosistemas para regular físicamente el ciclo hidrológico de una región. Por ejemplo, el clima y el uso/cobertura del suelo modulan la producción de agua, la regulación hidrológica, el almacenamiento edáfico, la recarga de acuíferos, la intensidad y la frecuencia de fenómenos de escorrentía superficial, y la capacidad de los ambientes para retener sedimentos, nutrientes y contaminantes.

Dentro de estos conductores, aquellos relacionados con el cambio climático son los que generan mayores impactos en el ciclo hidrológico global. En la Argentina, las observaciones meteorológicas muestran que el norte y centro del país experimentaron aumentos de temperatura del orden de medio grado entre 1960 y 2010, mientras que el aumento en la Patagonia fue mayor a 1 °C (Barros and Vera 2014). En este mismo período, las precipitaciones aumentaron principalmente en el este del país, pero también se registraron aumentos relativos importantes en regiones semiáridas. En la región norte de los Andes patagónicos, las precipitaciones tuvieron una tendencia negativa significativa durante el período de referencia (Barros and Vera 2014), en concordancia con las tendencias negativas registradas en el caudal de verano y otoño del Río Chubut (Pasquini and Depetris 2007; Vich et al. 2014), y en el caudal anual y de verano del Río Limay (Vich et al. 2014).

Las proyecciones de cambio climático para fines de siglo estiman un aumento de la temperatura para todo el país mayor en el norte que en el sur, alcanzando valores mayores a 3 °C en el noroeste del país y en el centro de la Patagonia. Respecto a la precipitación, para los escenarios de mayor emisión de gases de efecto invernadero se proyecta hacia fines de siglo una disminución entre 10 -20% sobre el oeste de la Patagonia norte y central, y un aumento entre 10-20% en el centro y el este del país (Barros and Vera 2014), lo cual modificará significativamente el ciclo hidrológico en estas regiones (e.g., Pessacg et al. 2020).

**Tabla 2.** Servicios ecosistémicos (SE) generados en los ecosistemas acuáticos continentales (EAC) y en el territorio de soporte.**Table 2.** Ecosystem services (SE) generated in continental aquatic ecosystems (EAC) and support landscape.

SE	Función del EAC	Función del Territorio de Soporte
1. Creación y mantenimiento de hábitat	Formación y producción continua de condiciones ecológicas necesarias o favorables para los seres vivos	Formación y producción continua de condiciones ecológicas necesarias o favorables para los seres vivos complementarias a las del EAC
2. Regulación local del clima	Efecto sobre condiciones físicas como regulación de la temperatura y la humedad, incluida la generación de microclimas	Efectos en las retroalimentaciones biofísicas de la cubierta vegetal a la atmósfera, como las relacionadas con albedo, rugosidad de la superficie, radiación de onda larga, evapotranspiración (incluido el reciclaje de humedad)
3. Regulación global del clima	Regulación climática por efecto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y la composición química de la atmósfera (almacenamiento y secuestro de carbono [efecto positivo] o emisión de metano [efecto negativo])	Regulación climática a través del efecto sobre las emisiones de gases de efecto invernadero
4. Provisión de agua (segura, dulce)	Concentración y transporte del agua superficial para diferentes usos (nutrición, materiales o energía)	Producción de agua por los ecosistemas presentes en el territorio de soporte a través del almacenamiento y transporte de una fracción de la precipitación recibida hacia el EAC.
5. Regulación de la cantidad de agua para provisión	Concentración y almacenamiento de agua superficial para diferentes usos (nutrición, materiales o energía)	Temporalidad de la oferta - Regulación, por los ecosistemas presentes en el territorio de soporte, de la cantidad, ubicación y tiempo del flujo de aguas superficiales y subterráneas. Específicamente, mantenimiento de caudales basales
6. Regulación de la cantidad de agua para reducción de daños	Contribución a la amortiguación y atenuación de los picos de inundación o eventos de flujo extremo a través del almacenamiento de agua	Temporalidad de la oferta - Regulación, por los ecosistemas presentes en el territorio de soporte, de la cantidad, ubicación y tiempo del flujo de aguas superficiales y subterráneas. Específicamente, reducción de caudales máximos
7. Regulación de la calidad del agua	A través de la filtración, secuestro y almacenamiento de patógenos, exceso de nutrientes y otros agentes químicos	A través de la filtración, secuestro y almacenamiento de patógenos, exceso de nutrientes y otros productos químicos que ingresan al EAC
8. Regulación de carga de sedimentos	A través de la retención y estabilización de sedimentos	Control de las tasas de erosión por los ecosistemas del territorio de soporte, disminución de las tasas de sedimentos que llegan a los EACs
9. Producción de energía	Si bien este servicio está contemplado en los de provisión y regulación mencionados antes, es útil separarlo aquí por ser en algunos EACs el de mayor relevancia	Aquellos mencionados más arriba para la generación de caudal y su regulación. También la regulación de aporte de sedimentos
10. Provisión de alimentos y materiales	Producción de alimentos a partir de organismos silvestres o domesticados, como el pescado. Producción de materiales derivados de organismos, para combustible, construcción, vestimenta o fines ornamentales (por ejemplo, madera, fibras, resinas, colorantes, etc.)	Aquellos mencionados más arriba para la generación de caudal y su regulación. También la regulación de aporte de sedimentos
11. Transporte	Soporte al transporte fluvial y lacustre	Aquellos mencionados más arriba para la generación de caudal y su regulación. También el mantenimiento de los caudales base

**Tabla 2.** Continuación.**Table 2.** Continuation.

12. Valores culturales	Provisión de oportunidades para el aprendizaje y la inspiración, para realizar actividades físicas, relajación, recreación, ocio, turismo y disfrute estético basado en contacto con la naturaleza. El valor de los organismos acuáticos, plantas y animales como información para actividades de educación, biomonitoreo de integridad ecológica de los EAC o como entidades constitutivas de la cosmovisión de pueblos originarios	Provisión de acceso y complementaria a las oportunidades ofrecidas por los EACs para el aprendizaje, la inspiración, la recreación, el ocio, el turismo y el disfrute estético basado en el contacto cercano con la naturaleza
13. Protección de costas	Los EAC costeros pueden amortiguar el impacto (erosión, anegamiento, salinización) de marejadas, tormentas y ascensos de nivel del océano sobre las regiones adyacentes hacia el continente	Intercambio con el EAC de sedimentos, agua y organismos

Respecto a los cambios en el uso/cobertura de suelo se evidencian distintos procesos y tendencias en las diferentes regiones del país. Estos procesos de cambio en el uso y la cobertura del suelo podrían modificar los patrones regionales de evapotranspiración, de reserva de agua, de retención de sedimentos, compuestos orgánicos e inorgánicos, con efectos directos sobre los SEH, entre otros impactos. Los cambios de uso/cobertura de suelo son procesos locales o regionales que pueden intensificar o debilitar el impacto del cambio climático y, a su vez, el cambio climático puede inducir procesos de cambio de uso/cobertura de suelo. Los cambios de cobertura de suelo no sólo modifican la interacción suelo-atmósfera localmente, sino también en regiones adyacentes o remotas. La expansión de cultivos sobre vegetación nativa modifica las propiedades biofísicas al producir efectos en zonas remotas, lo que altera en tiempo y espacio el comportamiento de variables hidroclimáticas. En particular, estudios realizados con modelos climáticos muestran que el reemplazo de la cobertura natural por pastura en el norte y noreste del país conduciría no sólo a cambios en los balances hidrológicos y radiativos, sino también a cambios en la circulación del viento, lo que modifica, a su vez, el aporte de humedad y, consecuentemente, la precipitación en zonas remotas (Lee and Berbery 2012; Pessacg et al. 2012; Bracalenti et al. 2017).

El uso de la tierra y las transformaciones de la vegetación son en sí mismos un poderoso conductor de cambio de los SEH en la Argentina (Jobbágy et al. 2008). Estudios en cabeceras de cuencas montañosas del centro del país evidencian que los cambios en la cobertura vegetal y las propiedades edáficas dadas por el pastoreo y el fuego reducen el servicio de provisión y regulación de agua. En

particular, el pastoreo por ganado doméstico y el fuego asociado al manejo reducen la capacidad de interceptar, infiltrar y almacenar agua en la zona saturada y no saturada del suelo (Poca et al. 2018a,b), mientras que los incendios conllevan a una neta reducción del 31 al 48% del caudal base de la estación seca del año siguiente (Cingolani et al. en prensa). En la Llanura Chaco-pampeana, el servicio de regulación de inundaciones mostró ser muy sensible a las transformaciones de la vegetación, con ascensos freáticos y anegamientos crecientes en respuesta a la conversión de pastizales y bosques naturales, así como pasturas perennes, a sistemas de agricultura continua (Nosetto et al. 2015; Giménez et al. 2020). En línea con estos hallazgos, otro estudio realizado para toda la Región Chaqueña evidenció fuertes pérdidas de SE de regulación (e.g., la amortiguación de inundaciones y la regulación climática) como consecuencia de los cambios en el uso del suelo y el reemplazo de bosques por cultivos anuales o pasturas, ocurridos en la región en las últimas décadas (Barral et al. 2020). En el delta del Río Paraná, la calidad del agua que abastece a millones de personas en las grandes ciudades de Rosario y Buenos Aires es influenciada por el intercambio entre los cauces principales y los humedales interiores (Villar and Bonetto 2000; Puig et al. 2016); la intervención humana sobre estos humedales, incluyendo su intercambio hidrológico con los cauces (e.g., Ceballos et al. 2013), puede ejercer una influencia importante sobre la concentración de nutrientes en el agua.

Los conductores de cambio pueden tener su génesis en un lugar específico o región de la cuenca (e.g., en la cabecera de cuenca), pero pueden generar impactos en diferentes regiones distantes a la región de génesis (en la parte baja de la cuenca, por ejemplo). Evaluar

los impactos del cambio ambiental en términos de SE permite identificar tales conexiones interpretando las escalas características de los diferentes conductores de cambio del clima y del uso y la cobertura del suelo operando sobre una cuenca (Jobbágy et al. en este número).

### LAS MÚLTIPLES PERSONALIDADES EN LA APLICACIÓN DEL PARADIGMA DE LOS SE

Distintos actores en el mundo de las ciencias ambientales perciben el concepto de los SE y el propósito de su aplicación de forma muy diferente (Hermelingmeier and Nicholas 2017). Las actitudes hacia su adopción y aplicación van desde la renuencia absoluta hasta el más fervoroso de los apoyos. Incluso, entre los adoptantes del mismo ocurrió una multiplicación de sub-enfoques y plataformas, con visiones diferentes (Díaz et al. 2018; Kenter et al. 2018; Masood 2018). El resultado es que el paradigma no ofrece una herramienta ‘llave en mano’, sino que existen innumerables decisiones y modalidades en su aplicación. En esta sección analizamos cómo varios aspectos específicos de la aplicación del enfoque que proponemos terminan definiendo fuertemente el carácter de los análisis específicos, forjando posturas y actitudes antagónicas respecto al enfoque de los SE en general.

#### *Un servicio, múltiples servicios*

Los análisis basados en SE de los EAC están muchas veces restringidos a los servicios ecosistémicos hidrológicos estrictos antes mencionados, aquellos relacionados más directamente con el ciclo hidrológico y que afectan más directamente a la seguridad hídrica (categorías 4-8 en Tabla 2).

El enfoque ecosistémico centrado en estos SEH estrictos ha sido extensamente aplicado a cuencas fluviales debido a varias características propias de estos sistemas. El agua dulce es esencial para la vida y una preocupación universal de las sociedades humanas, lo cual facilita la promoción de estudios y planes ambientales basados en su cuidado. El foco en estos SE es también favorecido porque éstos están directamente fundados en el ciclo hidrológico, que involucra una serie de procesos biofísicos para los cuales existe un sólido marco teórico y práctico que guía la cuantificación. Por otra parte, la mayoría de las cuencas tienen una polaridad marcada respecto a estos SE, con las localidades aguas

arriba en la cuenca proveyendo el servicio y las comunidades aguas abajo recibiendo el servicio o experimentando su carencia (Jobbágy et al. 2020 en este número); los nexos espaciales tienen, por lo tanto, bases físicas claras. Además, la valoración del agua para consumo humano se puede realizar con relativamente poca ambigüedad.

Las tres características mencionadas — relevancia universal de los temas del agua, pautas aceptadas o establecidas para su cuantificación y representación espacial— han constituido pilares instrumentales para el gran desarrollo que tuvieron los programas de gestión pública, privada o mixta de los SEH. Tal es el caso de los Fondos de Agua (FdA), ampliamente distribuidos en Latinoamérica (Bremer et al. 2016), aunque pobremente representados en la Argentina, con un FdA en etapa de diseño en la Cuenca del Río Mendoza (Jobbágy et al. 2018) y otro en etapa de evaluación de factibilidad en la Cuenca del Río Chubut (Pascual et al. 2020). Los FdA son sistemas de gobernanza del agua y mecanismos financieros que promueven la conservación a largo plazo de las cuencas hídricas y sus beneficios para la sociedad (Goldman-Brenner et al. 2012; Bremer et al. 2016). Jobbágy et al. (en este número) evidencian y discuten la representación espacial de la oferta y la demanda de SE para las cuencas de los ríos Mendoza y Chubut en el contexto de los FdA.

Más allá de la importancia directa del agua, la conservación de los enclaves que aseguran la provisión y la calidad del agua brinda una puerta de entrada a la conservación ambiental general de los EAC. Sin embargo, otros beneficios de la preservación ambiental son más complejos de abordar en forma directa que los SEH estrictos. Por ejemplo, los servicios ecosistémicos culturales (SEC) (Tabla 2) comprenden tanto propiedades como procesos ecológicos y sociales complejos, mucho más difíciles de conceptualizar, medir, mapear o valorar. Sin embargo, son igualmente esenciales para el bienestar humano, vulnerables a cambios en el paisaje y al uso no sustentable, y muchas veces son el soporte de importantes actividades económicas (Laterra et al. 2019). En la práctica, se los suele considerar y manejar en forma indirecta y concomitante a las grandes decisiones referidas a la provisión y la regulación del agua. En esquemas de conservación ambiental como los FdA, preservar estas otras características de los ecosistemas se visualizan como un co-

beneficio de las acciones de preservación de los SEH estrictos (Abell et al. 2017).

Como resultado, la perspectiva de los EAC como paisajes multifuncionales basada en la contemplación de múltiples SE suele resignarse en aras de la aplicación práctica (Zagarola et al. 2014). Las oportunidades para un reconocimiento más profundo de los lazos entre distintos componentes de la integridad ambiental se pierden, y se soslayan los balances subyacentes entre distintos objetivos de manejo.

#### *Visión desde la oferta y desde la demanda*

El incremento mundial en la demanda de recursos, los niveles crecientes de pobreza y de urbanización, entre otros cambios, condujeron a miradas que no se limitan a las áreas naturales y a los enfoques de conservación clásica, incorporando a los humanos y a los paisajes productivos más directamente en los esfuerzos de conservación (Kareiva et al. 2011). Esta expansión del alcance geográfico y a distintos tipos de paisajes se manifiesta con claridad en la literatura ecológica de los últimos 20 años, y ha sido, sin duda, promovida en gran parte por el desarrollo del enfoque de los SE. Se manifiesta también a través del desarrollo de áreas disciplinares específicas, como el estudio de los ecosistemas agrícolas o la ecología urbana.

Este proceso, por otra parte, ha llevado a un mayor énfasis en la demanda de SE con respecto a su oferta. En el caso de los EAC, el énfasis en los SEH estrictos antes mencionado, junto con la búsqueda de oportunidades para establecer mecanismos de pago por SE, derivó la atención a los grandes consumidores de agua, como las grandes ciudades del mundo (Abell et al. 2017). El énfasis en la demanda ha ido en desmedro de la atención hacia muchas zonas menos pobladas y con menor demanda de SEH, donde, sin embargo, hay focos importantes de oferta de SE, demandas propias de SE y agentes de cambio que comprometen la salud de los ecosistemas en sentido amplio. Por otra parte, el foco en los SEH estrictos podría llevar a concentrar la mirada en las localidades específicas de la cuenca que aseguran la provisión de ese SE en particular (e.g., las zonas boscosas donde se produce el agua o donde se retiene el sedimento). En ambos casos, la selección de los SE contemplados en la aplicación del enfoque será crítica para lograr una cobertura geográfica y sistémica significativa de los EAC.

#### *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*

Los ecosistemas de agua dulce contienen una riqueza de plantas y animales desproporcionada en relación con la superficie global que ocupan, y son en particular vulnerables, ya que típicamente se localizan en zonas receptoras del paisaje (e.g., fondo de los valles) que reciben desechos, sedimentos y contaminantes desde los ecosistemas de soporte (Dudgeon et al. 2006; Jobbágy et al. en este número). Por esta razón, la pérdida de biodiversidad de los ecosistemas acuáticos es, incluso, más aguda que la de los ecosistemas terrestres (Vandewalle et al. 2008).

La biodiversidad es un aspecto estructural de los ecosistemas y la variabilidad entre ecosistemas es un elemento de la biodiversidad (Cardinale et al. 2012). Estos argumentos teóricos han conducido a dos ideas primarias que suelen verse replicadas a lo largo y ancho de la literatura de los SE: a) la biodiversidad es soporte de los SE y, por lo tanto, proteger la biodiversidad es esencial para mantener la provisión de SE, y b) existe una congruencia geográfica natural entre biodiversidad y provisión de los SE, por lo cual la conservación de la provisión de SE brinda protección a la biodiversidad.

La idea de que la biodiversidad sirve de soporte de los SE fue mayormente analizada mediante estudios experimentales en ecosistemas terrestres (Balvanera et al. 2013; de Bello et al. 2010; Meyer et al. 2016), aunque algunos abordaron este análisis en ecosistemas de agua dulce (Cardinale 2011; Macadam and Stockan 2015; Durance et al. 2016). El concepto de biodiversidad utilizado en estudios de este tipo puede ser más amplio que la simple riqueza de especies, incluyendo aspectos tales como la diversidad de rasgos funcionales de las especies, los cuales pueden ser más importantes para determinar la estructura, el tamaño y el flujo de materia y energía en los ecosistemas (Hooper et al. 2005; Meyer et al. 2016) y, por extensión, la provisión de servicios (de Bello et al. 2010; Cimon-Morin et al. 2013).

El modelo propuesto por de Braat and ten Brink (2008), modificado por de Groot et al. (2010), captura la relación entre los SE y la integridad ecológica del ecosistema, dentro de la cual está implícito el gradiente de deterioro ambiental y la pérdida de biodiversidad (Figura 1). Este modelo sencillo plantea cuestiones básicas del balance entre biodiversidad y SE, en el que la provisión de los SE depende

de la categoría de SE considerado. Mientras que la provisión de los SE de regulación y de los SE culturales de información decaen sistemáticamente con la integridad ambiental y su biodiversidad asociada, la provisión de SE culturales de recreación es máxima a niveles de deterioro ambiental bajos, y la de los SE de provisión es máxima a niveles de deterioro ambiental elevados. Por lo tanto, existe un balance entre la integridad ambiental y la provisión de servicios ecosistémicos, y no existe un estado ambiental determinado que maximice las diferentes contribuciones que los ecosistemas nos proveen.

Esta idea nos lleva a analizar críticamente el segundo argumento planteado más arriba, que sostiene que conservar la provisión de SE brinda protección a la biodiversidad. La falta de congruencia directa entre ambos ejes de conservación plantea la falta de soluciones generales, aunque sí establece que la protección de servicios de regulación y culturales se alinea de manera más directa con la protección de la biodiversidad. En ese marco, los objetivos de conservación de la biodiversidad dentro de un análisis ecosistémico se deben explicitar *per se* en el marco de un análisis de objetivos múltiples. El paradigma de los SE brinda una plataforma que permite conducir análisis formales de los verdaderos compromisos que existen entre dichos objetivos múltiples, incluyendo la preservación de la biodiversidad y las diversas necesidades, intereses y demandas humanas.

#### Valuación económica

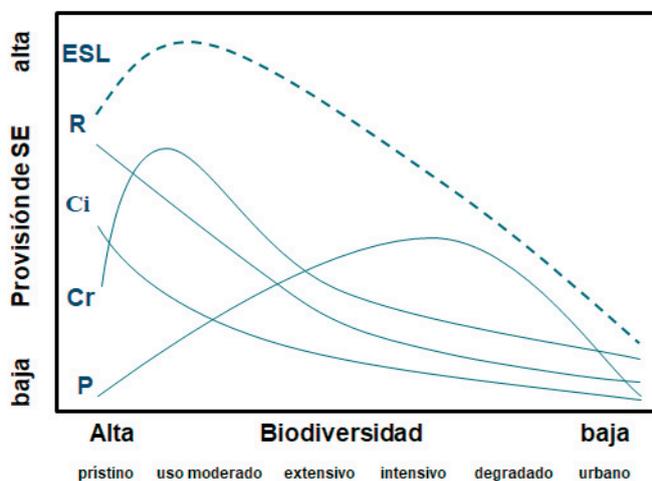
Desde su inicio, el concepto de los SE apuntó a calificar los beneficios que las sociedades derivan de los ecosistemas naturales y la

biodiversidad a fin de incluir su valor dentro de los procesos de decisión (Braat and de Groot 2012). No es sorprendente, entonces, que el enfoque haya sido muy adoptado en los ámbitos de la economía. Es preciso entender en este punto que la adopción del enfoque por parte del mundo económico reconoce matices muy importantes.

Sin lugar a dudas, el aspecto más contencioso referido al enfoque de los SE está relacionado con su aplicación en el marco de la economía más clásica, la que encontró en este enfoque un nicho ideal para analizar los problemas ambientales integrando los servicios ecosistémicos a la lógica del mercado (Farley 2012). Desde esta perspectiva, se procura asignar valor monetario a los distintos SE e, incluso, a la biodiversidad (Constanza et al. 1997); dicha forma de valuación simplifica el análisis de decisión cuando existen múltiples objetivos a través de la monetización absoluta de los resultados de diferentes acciones.

El mismo aspecto, por el contrario, hace que el enfoque sea repudiado por muchos autores y organizaciones que resisten la idea de la 'comodificación' de la naturaleza (i.e., la transformación de los bienes y servicios naturales en *commodities* o bienes transables). Según esta perspectiva, el enfoque de SE trivializa la complejidad de la conservación de la naturaleza, abandona los principios básicos de la conservación y desatiende los bienes intangibles de los ecosistemas, como la biodiversidad o los valores culturales o espirituales (McCauley 2006).

Pero si bien el concepto de los SE conlleva facilidades metodológicas para monetizar diversos elementos de los ecosistemas, la



**Figura 1.** Relación teórica entre provisión de SE (eje Y) y el grado de pérdida de biodiversidad ocurriendo a niveles crecientes de alteración antrópica (eje X). R: suma de los SE de regulación; P: suma de los SE de provisión; Cr: suma de los SE culturales de recreación; Ci: suma de los SE culturales de información; ESL: suma de la totalidad de los SE. Adaptada de Braat y ten Brink (2008).

**Figure 1.** Theoretical relationship between the provision of ES (Y axe) and the degree of biodiversity loss occurred at increasing levels of anthropic impact (X axe). R: sum of regulation ES; P: sum of provision ES; Cr: sum of cultural recreation ES; Ci: sum cultural information ES; ESL: total sum of ES. Adapted from Braat and ten Brink (2008).

comodificación de la naturaleza dentro de la lógica de mercado no constituye un elemento central de la literatura de los SE (Bekessy et al. 2018). La labor de muchos economistas ambientales procura el objetivo menos rigurosamente definido de lograr la mayor calidad de vida, compatible con la conservación de ecosistemas saludables y resilientes, para lo cual es preciso adaptar las instituciones económicas a las características físicas de los servicios ecosistémicos. El concepto de SE es extremadamente valioso para decidir cómo distribuir los recursos provistos por la naturaleza entre diferentes fines alternativos, sean los beneficios medidos en valor monetario, calidad de vida o la preservación de la naturaleza por su valor intrínseco (Farley 2012). El paradigma de los SE se interpreta en un marco de valuación que excede el valor monetario, dando lugar a múltiples lenguajes de valoración. De hecho, la economía ambiental ha provisto demostraciones formales de que la asignación de recursos basada en las reglas del mercado falla sistemáticamente en lograr sustentabilidad ambiental o una distribución justa de los beneficios (Farley 2012).

#### *Soluciones basadas en la naturaleza o más de lo mismo*

Una de las contribuciones asociadas a aplicar el enfoque de los SE a las cuencas fluviales ha sido el desarrollo del concepto de 'infraestructura verde' para referirse al conjunto de prácticas y soluciones basadas en la naturaleza que proponen dar respuesta a los problemas del agua. La protección o remediación de la cobertura vegetal natural de humedales, bosques o montes son consideradas infraestructura verde, al igual que otras soluciones con más intervención, como el establecimiento de plantaciones, la construcción de humedales artificiales o el uso de superficies permeables en ámbitos urbanos (Benedict and McMahon 2006). Este concepto ha permitido realizar comparaciones con soluciones basadas en 'infraestructura gris' (e.g., represas, dragado, canalización, diques, plantas potabilizadoras), en igualdad de condiciones en términos de los costos y beneficios relativos de ambos procedimientos (Abell et al. 2017), y demostrar las ventajas ambientales, y en muchos casos económicas, de aplicar soluciones basadas en infraestructura verde sobre las clásicas basadas en infraestructura gris o convencional.

Más recientemente se comenzó a utilizar el concepto 'soluciones basadas en la naturaleza'

(SBN), ya que resulta más abarcativo que el de soluciones de infraestructura verde. Las soluciones basadas en la naturaleza incluyen no sólo acciones físicas, sino también prácticas y comportamientos que provean soluciones efectivas y adaptativas a desafíos tales como el cambio climático, la seguridad hídrica y alimentaria, los desastres naturales y el bienestar humano (Cohen-Shacham et al. 2016).

El enfoque de los SE aplicado a cuencas fluviales es verdaderamente superior cuando va acompañado de una identificación, tipificación y evaluación de SBN que pudieran contribuir a preservar o asegurar la provisión de SE. A modo de representación, referimos la Tabla 3, en la que se listan los efectos esperados de diferentes SBN sobre distintos componentes de los EAC, junto con su efecto sobre distintos SE. Allí también se destacan aquellas soluciones de infraestructura gris para mitigar efectos negativos (última fila) como alternativas a las SBN para los distintos SE. Hay que notar que algunos SE no pueden ser provistos por infraestructura gris.

### ESCENARIOS DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE SE Y ABORDAJES ASOCIADOS

Los organismos públicos dedicados a velar por lo ambiental y por el desarrollo sustentable reciben demandas que involucran a los EAC y sus servicios desde distintos sectores, incluyendo organismos y empresas, tanto nacionales como internacionales. Es necesario ajustar el papel que el concepto de SE juega ante estas demandas según el tipo de problemática y ámbito de discusión. Así como algunos foros brindan oportunidades para promover visiones ambientales amplias que consideren múltiples SE, otros requieren foco en un único servicio y pretenden una valoración económica del mismo y una cuantificación de las soluciones basadas en la naturaleza. Algunos foros pondrán más foco en la oferta de los SE, otros en la demanda. Dada esta diversidad de foros y demandas, se consideró oportuno identificarlos y caracterizarlos. Se identificaron así, siete escenarios básicos y se destacaron las contribuciones de distintos tipos de enfoque de los SE.

#### *1 - Ordenamiento del territorio*

En su mejor versión, el enfoque de los SE tiene en cuenta la multifuncionalidad de

	Creación y mantenimiento de hábitats	Regulación local del clima	Regulación global del clima	Provisión de agua total (segura, dulce)	Regulación de la cantidad de agua para provisión	Regulación de la cantidad de agua para reducción de daños	Regulación de la calidad del agua	Regulación de carga de sedimentos	Energía	Provisión de alimentos y materiales	Transporte	Valores culturales	Protección de costas
<b>SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA / SERVICIOS ECOSISTÉMICOS</b>													
<b>SOBRE VEGETACIÓN</b>													
Preservar	+	+	+	-	+	+	+	+	+/-	+0	0	+	+
Reforestar	+	+	+	-	+	+	+	+	+/-	+0	0	+	+
Forestar	+/-	+	+	-	+/-	+	+	+	+/-	+0	0	+/-	+/-
Remoción de plantas exóticas	+	0/-	-	+	+	-/0	-/0	-/0	+	+0	0	+/-	+/-
<b>SOBRE HUMEDALES/ESTUARIOS/MARISMAS</b>													
Preservar	+	+	+/-	-/0	+	+	+	+	+/-	+	+/-	+	+
Restaurar	+/-	+	+/-	-	+	+	+/-	+	+/-	+	+/-	+/-	+
Construir	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>SOBRE CORREDOR RIPARIO</b>													
Preservar	+	0	0	-/0	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+
Restaurar	+	0	0	-	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+
Construir	+/-	0	0	-	+	+	+	+	+/-	+	+	+/-	+
<b>SOBRE SUELO</b>													
Preservar	+	0	+	-/0	+	+	+	+	+/-	+0	0	+	+
Restaurar	+	0	+	-/0	+	+	+	+	+/-	+0	0	+	+
<b>SOBRE ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA</b>													
Recuperar planicie de inundación	+	0	+	0	+	+	+	+	+0	+	+/-	+0	+
Construir desviaciones/conexiones	+/-	0	0	0	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-
Construir sistemas para cosecha de agua	+	0	0	+	+	+	+/-	+	-	+	0	+	0
<b>SOBRE AGRICULTURA Y GANADERÍA</b>													
Diversificar/modificar sistemas productivos	+	+	+	?	+	+	+	+	?	+0	0	+	+0
Establecer prácticas de pastoreo sustentable	+	0	+	?	+	+	+	+	?	+0	0	+	+
<b>SOBRE DESARROLLO URBANO E INDUSTRIAL</b>													
Optimizar uso del agua	0	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	+	0
Aumentar superficies permeables	+	+	0	0	+	+	0/+	+	0	0	0	+	+
<b>INFRAESTRUCTURA GRIS PARA MITIGAR EFECTOS NEGATIVOS</b>													
Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Trasvase de cuencas, bombeo agua subterránea	Diques y represas	Represas, azudes, terraplenes	Plantas de tratamiento de agua y galerías filtrantes	Reservorios de decantación	Diques y saltos artificiales	Ninguna	Canales y dragados	Ninguna	Terraplenes y polders

**Tabla 3.** Efectos de distintas soluciones basadas en la naturaleza sobre los SE. Los efectos se clasifican según sean positivos (+), negativos (-), neutros (0), positivos/negativos/neutro dependiendo la situación (+/-, +0 ó -/0) o si son desconocidos (?). Ampliado y enriquecido de UNEP (2014).

**Table 3.** Effects of different nature-based solutions on aquatic ecosystem services. Effects are classified according to whether they are positive, negative (-), neutral (0), positive/negative/neutral depending on specific situation (+/-, +0 ó -/0) or unknown (?). Expanded and enriched from UNEP (2014).

los paisajes al considerar múltiples SE y evaluar las sinergias y los balances entre SE, usuarios, comunidades y geografías. Estos son elementos esenciales para entender las bases ambientales del bienestar humano, identificar áreas críticas y analizar las implicancias de diferentes escenarios de cambio en las reglas de uso del territorio, incluyendo la identificación de ganadores y perdedores. El análisis ecosistémico provee un marco analítico esencial para el ordenamiento de ecosistemas acuáticos y otros territorios donde existen forzantes ambientales destacados. Un elemento clave de este escenario es el análisis de múltiples SE, dentro de una visión de oferta-demanda de los mismos, que permita capturar la complejidad de las interrelaciones ambientales dentro del territorio (Tabla 4).

### 2 - Crisis interjurisdiccionales

Las crisis interjurisdiccionales referidas a los problemas hídricos representan un caso particular del punto (1), en el cual las acciones de determinadas personas que usan el agua de la cuenca (e.g., extracción de agua, efluentes o construcciones) tienen impactos negativos sobre otras (escasez de agua, pérdida de la calidad de agua, aumento del riesgo de inundaciones) o ecosistemas. El análisis ecosistémico provee un marco analítico apropiado para interpretar estos conflictos

e identificar posibles soluciones, incluyendo compensaciones, a la escala de análisis adecuada. Implementar el enfoque de los SE en este tipo de escenario debería enfatizar el análisis de la relación oferta-demanda de los SE involucrados desde la perspectiva de distintas localidades y distintas personas que usan el agua.

### 3 - Establecimiento de niveles guía, objetivos y estándares ambientales

Una parte importante de la administración ambiental del país y de la colaboración internacional se basa en el establecimiento de valores orientativos, basados en conocimiento científico, que sirvan como 'termómetro' de la integridad ambiental de los ecosistemas del país. Mientras que identificar los grandes agentes de cambio que subyacen a la pérdida de valor ambiental es un primer paso en esta tarea, caracterizar múltiples SE en forma espacialmente explícita permite analizar la dinámica geográfica entre las fuentes de los agentes de cambio y las zonas afectadas, identificar localidades y acciones para prevenir, revertir o compensar daños ambientales. En este escenario toma particular relevancia el análisis de las bases estructurales y funcionales de la oferta de los SE más relevantes para asegurar el eje de calidad ambiental considerado.

**Tabla 4.** Importancia relativa de incluir distintos elementos del enfoque de servicios ecosistémicos (columnas) en diferentes escenarios de decisión y demandas. Los niveles de importancia son 'muy relevante' (\*\*\*), 'relevante' (\*\*) y 'menos relevante' (\*).

**Table 4.** Relative importance of including different elements in the ecosystem services approach (columns) under different decision and demand scenarios. Degree of importance are 'very relevant' (\*\*\*), 'relevant' (\*\*) and 'less relevant' (\*).

Escenario de decisión / Importancia de considerar	Oferta de SE	Demanda de SE	Valuación económica	Multi- funcionalidad	Biodiversidad
Ordenamiento del territorio	***	***	**	***	**
Crisis inter- jurisdiccionales	***	***	**	**	*
Establecimiento de estándares ambientales	***	**	*	*	**
Preservación de hábitat y especies	***	**	*	**	***
Iniciativas de pagos por SE	***	**	***	*	**
Mitigación y adaptación de cambio climático	***	***	**	**	**
Evaluación de obras de infraestructura	***	***	***	*	*

#### 4 - *Preservación de hábitats y especies*

Es frecuente que el estado particularmente crítico de alguna especie o hábitat determinado o alguna nueva situación de riesgo a la que se vean sometidos requiera de análisis e intervención. La mirada espacial y funcionalmente amplia del enfoque ecosistémico permite muchas veces identificar agentes de cambio que podrían quedar fuera de la mirada dirigida a especies o localidades específicas. En tal escenario de decisión es muy importante incorporar un análisis detallado de las áreas críticas de oferta de SE en busca de oportunidades para alinear la protección de hábitat y especies con otros problemas ambientales, aportando argumentos adicionales en favor de acciones concretas y beneficios más amplios.

#### 5 - *Iniciativas de pagos por servicios ambientales*

Caracterizar cuantitativamente la relación entre un determinado stock natural (e.g., superficie de bosque, humedal) y el flujo de beneficios en términos del SE que ese stock otorga (captura de carbono, purificación de agua) provee el soporte biofísico para guiar las decisiones de cualquier mecanismo de pago por servicios ambientales. El mapeo y la cuantificación de esta relación entre estructura ecosistémica, función y provisión de SE es un elemento fundamental del enfoque propuesto. Una mirada multifuncional de los territorios puede aportar elementos adicionales para una identificación más integral de arreglos espaciales en las inversiones ambientales. En este tipo de escenarios es fundamental caracterizar de forma explícita las bases estructurales de la provisión u oferta del SE considerado, dentro de un esquema de evaluación de las inversiones ambientales que permita realizar análisis de tipo costo-beneficio y costo-efectividad de diferentes esquemas de pago y distribución geográfica de esfuerzos de conservación.

#### 6 - *Mitigación y adaptación al cambio climático*

El cambio climático tiene efectos sobre la provisión de determinados SE (producción de agua, retención de sedimentos, sostén de la biodiversidad, secuestro de carbono) a lo largo de un territorio, como, por ejemplo, una cuenca hídrica. La mitigación y la adaptación a estos cambios se vincula de dos maneras con los SE; por un lado, la adaptación es indispensable para los ecosistemas vulnerables a los impactos del cambio climático, y por el

otro, los ecosistemas contribuyen a reducir la vulnerabilidad de la sociedad y a mitigar los cambios derivados del cambio climático. En este contexto, estos SE sólo pueden ser mapeados y cuantificados en el marco de un enfoque ecosistémico. Para responder a este tipo de demanda es necesario contar con escenarios de cambio en los SE involucrados desde el punto de vista de la oferta-demanda de los mismos, a partir de los cuales pueda desarrollarse un plan de respuesta. La relación entre mitigación/adaptación y SE si bien representa desafíos también genera oportunidades para las personas que toman decisiones respecto a los recursos (Martínez-Alonso et al. 2010).

#### 7 - *Evaluación de obras de infraestructura*

Los grandes problemas hídricos (i.e., sequías, inundaciones, pérdida de la calidad del agua, sedimentación) típicamente conducen a las sociedades a grandes inversiones en infraestructura gris (i.e., canales, drenajes, acueductos, represas, rectificaciones de cauces, plantas de tratamiento, dragados). Como se discutió en la sección anterior, una de las principales contribuciones asociadas a aplicar el enfoque de los SE a las cuencas fluviales ha sido el desarrollo del concepto de infraestructura verde. Este tipo de análisis puede servir para identificar y proponer alternativas a obras de ingeniería tradicional y sus típicas consecuencias deletéreas para dar respuesta a problemas de la sociedad. Ante esta demanda es clave analizar las bases estructurales y funcionales de la oferta-demanda del SE involucrado para identificar acciones específicas basadas en la naturaleza. Pero para poder impulsar de manera efectiva una solución de infraestructura verde se deben poder comparar objetivamente con su contraparte de infraestructura gris en igualdad de condiciones (ver Tabla 3, fila de 'Infraestructura gris para mitigar efectos negativos' como alternativas a las SBN para los distintos SE), para lo cual es esencial realizar un análisis de valuación económica de los costos-beneficios relativos de ambos procedimientos.

### CONSIDERACIONES FINALES

El paradigma de los SE se sustenta en una idea simple: el bienestar humano —físico, emocional y espiritual— depende en forma directa de los múltiples beneficios que las sociedades obtenemos de la naturaleza. Esta

concepción tiene una historia tan larga como la humanidad misma, y encuentra su expresión más fuerte en las cosmovisiones de muchos pueblos originarios de América y del mundo, que simplemente no conciben una separación entre lo humano y lo no-humano (Aigo et al. 2020).

En la cultura occidental, el desarrollo de tecnologías, la explotación intensiva de los recursos naturales y la expansión humana y urbana llevaron a un proceso de enajenación de las sociedades hacia la naturaleza. A lo largo de ese proceso, grandes pensadores como Humboldt y Bonpland (1822), Marsh (1864) y Muir (1901), y más tarde Carson (1962) y Udall (1963), advirtieron acerca de la insustentabilidad de las acciones humanas y sus consecuencias para el ambiente y para el futuro de las sociedades. El concepto de los SE nació como una continuación de esa rica tradición de pensamiento ambiental. Comenzó como una metáfora para formalizar, justamente, esa conexión entre la capacidad de las sociedades humanas para transformar el mundo y su dependencia de los ecosistemas naturales (Westman 1977). Luego evolucionó hacia un paradigma para interpretar las relaciones entre los seres humanos y los ecosistemas de forma comprensiva (Daily 1997), y, más tarde, hacia una plataforma conceptual e instrumental para su aplicación en diagnósticos específicos (MEA 2005). El enorme interés generado a partir de esta etapa fundacional derivó en una rápida ramificación del paradigma hacia múltiples programas de implementación a situaciones del mundo real, cada una de ellas, podríamos decir, con una idiosincrasia específica (McDonough et al. 2017).

Analizar las actitudes hacia el enfoque, o incluso establecer la propia, requiere entender los matices de dicha diversidad, para lo cual vale remarcar los extremos. La posibilidad de asignar valor monetario al flujo de SE sentó las bases para los mecanismos de pago por SE, presentes en numerosos proyectos de conservación en la actualidad (Schomers and Matzdorf 2013). Por otra parte, le otorga a los SE la posibilidad de transformarse en bienes transables, lo cual dentro del marco de pensamiento más ligado a la economía de mercado lleva a plantear que la relación de la humanidad con la naturaleza puede ser dirimida y ordenada por las leyes del mercado, si sólo pudiera asignarse el 'valor correcto' al *stock* y a los dividendos que la naturaleza

nos provee. Desafortunadamente, algunos términos asociados al enfoque, tales como el mismo 'servicio' o 'capital natural' apelan en alguna medida, aunque posiblemente no de forma intencional, a la concepción economicista, ya que fueron considerados equivalentes a la comodificación de la naturaleza por algunos autores (McCauley 2006).

En el otro extremo, el IPBES redefine conceptos (beneficios de la naturaleza a la gente en lugar de servicios ecosistémicos) y plantea la relación de las sociedades con la naturaleza de un modo más integral, rescatando el conocimiento indígena y las expectativas locales respecto a la preservación de la naturaleza (Diaz et al. 2018). La vertiente del enfoque de los SE planteada por el IPBES representa, a nuestro entender, su mejor versión al contemplar los múltiples beneficios que la naturaleza provee a las distintas sociedades humanas e incluir en forma destacada el sustento de la biodiversidad. Más allá del valor instrumental de la biodiversidad, esta visión reconoce su valor intrínseco, pero diferenciándose claramente de otros programas dirigidos a la conservación de la biodiversidad en los cuales las expectativas y actividades humanas son contempladas como externalidades o marginalidades a la salud de las especies.

Los extremos descritos dan cuenta de la flexibilidad del enfoque marco, que ha generado numerosos debates e, incluso, rupturas entre los mismos adherentes (Masood 2018); rupturas en las cuales se pueden reconocer diferencias disciplinares, aunque también filosóficas y culturales. Creemos que esa flexibilidad es, al mismo tiempo, una de las principales fortalezas del enfoque, ya que representa su capacidad para articular sectores, visiones y disciplinas en la construcción de políticas públicas ante problemas socioambientales complejos. Por un lado, facilita la articulación de distintas apreciaciones de la naturaleza, desde su valor intrínseco a su valor instrumental (Tallis et al. 2014), operando como plataforma para el análisis de los problemas ambientales entre sociedades, instituciones y personas con visiones y expectativas plurales.

Por otra parte, el concepto de los SE es multidisciplinario en esencia, por lo que su aplicación promueve de manera muy natural la articulación entre disciplinas científico-técnicas (McDonough et al. 2017). En el caso

específico de los EAC, la perspectiva de los SE provee un puente entre disciplinas que en nuestro país han tenido una tradición largamente independiente y en gran medida descoordinada en sus miradas del agua: la del ciclo hidrológico de la hidrología y la geohidrología, la de los usos del agua de la agronomía, la de la ecología de los sistemas acuáticos de la limnología, la de los problemas del agua y las soluciones estructurales de las ingenierías, la de los problemas sociales del uso del agua de las ciencias sociales y varias otras disciplinas que aportan miradas de las sociedades y su relación con el agua. El diálogo multidisciplinario facilitado desde la perspectiva ecosistémica permite considerar la verdadera complejidad de las múltiples interconexiones que ocurren en una cuenca fluvial: la interrelación entre el ciclo hidrológico y las diferentes actividades humanas, el nexo entre procesos ecológicos terrestres y acuáticos, los lazos entre los procesos biofísicos y sociales, las conexiones entre geografías y comunidades en la matriz territorial de una cuenca.

Por último, la perspectiva de los SE impulsa una mirada ambiental de los problemas de seguridad hídrica. La mirada tradicional está dominada por las ingenierías, dirigida a acciones en los sitios donde se experimentan los problemas y enfocada en la aplicación de soluciones basadas en infraestructura clásica. La visión ecosistémica de los problemas de seguridad hídrica promueve una mirada espacial y funcionalmente más amplia de las cuencas fluviales, poniendo el foco en el origen de los problemas. El enfoque de los servicios ecosistémicos promueve además las soluciones basadas en la naturaleza y permite evaluarlas en pie de igualdad con las soluciones basadas en infraestructura clásica.

Sin embargo, y más allá de todas las características positivas que pudieran reconocerse en este enfoque, es claro que su incorporación efectiva en los ámbitos de decisión tradicionales de los recursos hídricos de nuestro país no será automática. En este sentido, creemos que es necesario alinear el enfoque de los SE con el del manejo integrado de los recursos hídricos (GWP 2000), el cual ha guiado las políticas hídricas de la Argentina desde la creación del Consejo Hídrico Federal (COHIFE) en 2003 y es la base de los 'Principios rectores de la política hídrica de la República Argentina' (Dardis 2013). Esto no debería presentar grandes barreras, ya que ambos enfoques comparten varios ejes conceptuales en común (Cook and Spray 2012). Creemos que la asimilación del enfoque de los servicios ecosistémicos puede fortalecer el manejo integrado, reforzando el eje ambiental en el manejo de los recursos hídricos, ampliando el análisis de los nexos entre los ecosistemas terrestres y los acuáticos, aportando técnicas específicas para mapear y cuantificar el flujo de servicios ecosistémicos, y proveyendo una plataforma para el trabajo conjunto de múltiples disciplinas en la evaluación objetiva de las soluciones basadas en la naturaleza como alternativa para los problemas del agua.

AGRADECIMIENTOS. Este trabajo fue elaborado en el marco de la Red de Evaluación y Monitoreo de Ecosistemas Acuáticos (Rem.Aqua), en base a un convenio entre el CONICET y la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Argentina), con financiación de esta última. Miguel Pascual, María Poca y Esteban Jobbágy contaron además con el apoyo del proyecto Governagua (IAI) para la ejecución de este trabajo (SGP-HW 056).

## 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.
- Aigo, J., J. C. Skewes, C. Bañales-Seguel, W. Riquelme Maulén, S. Molares, D. Morales, M. I. Ibarra, and D. Guerra. 2020. Waterscapes in Wallmapu: lessons from Mapuche perspectives. *Geographical Review*. <https://doi.org/10.1080/00167428.2020.1800410>.
- Balvanera, P., I. Siddique, L. Dee, A. Paquette, F. Isbell, A. González, and J. N. Griffin. 2013. Linking biodiversity and ecosystem services: current uncertainties and the necessary next steps. *BioScience* 64:49-57. <https://doi.org/10.1093/biosci/bit003>.
- Barral, M. P., S. Villarino, C. Levers, M. Baumann, T. Kuemmerle, and M. Mastrangelo. 2020. Widespread and major losses in multiple ecosystem services as a result of agricultural expansion in the Argentine Chaco. *Journal of Applied Ecology* 00:1-14. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13740>.
- Barros, V., C. Vera (coordinators), and collaborators. 2014. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación 2014: Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones (CIMA). URL: [tinyurl.com/y8wjpvj](http://tinyurl.com/y8wjpvj).
- Bekessy, S. A., M. C. Runge, A. M. Kusmanoff, D. A. Keith, and B. A. Wintle. 2018. Perspective: Ask not what nature

- can do for you: A critique of ecosystem services as a communication strategy. *Biological Conservation* 224:71-74. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.05.017>.
- Benedict, M., and E. McMahon. 2006. *Green infrastructure. Linking Landscapes and Communities*. Island Press.
- Braat, L. C., and R. de Groot. 2012. The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services* 1:4-15. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.011>.
- Braat, L., and P. ten Brink. 2008. *The cost of policy inaction: the case of not meeting the 2010 biodiversity target*. Study for the European Commission, DG Environment. Alterra report 1718, Wageningen.
- Bracalenti, A., O. Müller, and E. Berbery. 2017. Efectos remotos del cambio de uso de suelo en el clima del sudeste de Sudamérica. In XXVIII Reunión Científica de la AAGG y III Simposio sobre Inversión y Procesamiento de Señales en Exploración Sísmica (La Plata, 2017).
- Brauman, K. A. 2015. Hydrologic ecosystem services: linking ecohydrologic processes to human well-being in water research and watershed management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 2:345-358. <https://doi.org/10.1002/wat2.1081>.
- Bremer, L. L., et al. 2016. One size does not fit all: Natural infrastructure investments within the Latin American Water Funds Partnership. *Ecosystem Services* 17:217-236. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.12.006>.
- Cardinale, B. J. 2011. Biodiversity improves water quality through niche partitioning. *Nature* 472:86-89. <https://doi.org/10.1038/nature09904>
- Cardinale, B. J., J. E. Duffy, A. González, D. U. Hooper, C. Perrings, P. Venail, and A. P. Kinzig. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486:59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>.
- Carson, R. 1962. *Silent Spring*. Houghton Mifflin.
- Simon-Morin, J., M. Darveau, and M. Poulin. 2013. Fostering synergies between ecosystem services and biodiversity in conservation planning: A review. *Biological Conservation* 166:144-154. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.06.023>.
- Cingolani, A., M. Poca, J. I. Whitworth Hulse, M. Giorgis, V. Vaieretti, L. Herrero, L. Navarro Ramos, and D. Renison. En Prensa. Fire reduces dry season low flows in a subtropical highland of central Argentina. *Journal of Hydrology*. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125538>.
- Cohen-Shacham, E., G. Walters, C. Janzen, and S. Maginnis. 2016. *Nature-based solutions to address global societal challenges*. IUCN, Gland, Switzerland, 97. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, et al. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>.
- Cook, B. R., and C. J. Spray. 2012. Ecosystem services and integrated water resource management: Different paths to the same end? *Journal of Environmental Management* 109:93-100. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.016>.
- Covino, T. 2017. Hydrologic connectivity as a framework for understanding biogeochemical flux through watersheds and along fluvial networks. *Geomorphology* 277:133-144. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.030>.
- Daily, G. C. 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Island Press, Washington, USA.
- Dardis, N. V. 2013. *Principios Rectores de Política Hídrica de la República Argentina: 10 años de participación y consenso*. Natalia Verónica Dardis, con colaboración de César Magnani et al. 1a ed. - Buenos Aires. COHIFE.
- de Bello, F., S. Lavorel, S. Díaz, R. Harrington, J. H. Cornelissen, R. D. Bardgett, R. D., and P. M. da Silva. 2010. Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation* 19: 2873-2893. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9850-9>.
- de Groot, R. S., R. Alkemade, L. Braat, L. Hein, and L. Willemen. 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7:260-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>.
- Díaz, S., U. Pascual, M. Stenseke, B. Martín-López, R. T. Watson, Z. Molnár, and S. Polasky. 2018. Assessing nature's contributions to people. *Science* 359:270-272. <https://doi.org/10.1126/science.aap8826>.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z. I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, and C. A. Sullivan. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81:163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>.
- Durance, I., M. W. Bruford, R. Chalmers, N.A. Chappell, M. Christie, B.J. Cosby, and G. Woodward. 2016. The challenges of linking ecosystem services to biodiversity: lessons from a large-scale freshwater study. *Advances in Ecological Research* 54:87-134. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2015.10.003>.
- Farley, J. 2012. Ecosystem services: the economics debate. *Ecosystem Services* 1:40-49. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.002>.
- Giménez, R., J. L. Mercau, F. E. Bert, S. Kuppel, G. Baldi, J. Houspanossian, and E. G. Jobbágy. 2020. Hydrological and productive impacts of recent land-use and land-cover changes in the semiarid Chaco: Understanding novel water excess in water scarce farmlands. *Ecohydrology* 13(8):e2243. <https://doi.org/10.1002/eco.2243>.
- Goldman-Benner, R. L., S. Benítez, T. Boucher, A. Calvache, G. Daily, P. Kareiva, and A. Ramos. 2012. Water funds and payments for ecosystem services: practice learns from theory and theory can learn from practice. *Oryx* 46:55-63. <https://doi.org/10.1017/S0030605311001050>.
- GWP. 2000. *Integrated Water Resource Management*. In Technical Advisory Committee Background Paper Number 4. Global Water Partnership, Stockholm.
- Haines-Young, R., M. Potschin-Young, and B. Czucz. 2016. Report on the use of CICES to identify and characterise the

- biophysical, social and monetary dimensions of ES assessments. Deliverable D4.1 EU Horizon 2020 ESERALDA Project, Grant agreement No. 642007. URL: [www.esmeralda-project.eu/documents/1/](http://www.esmeralda-project.eu/documents/1/).
- Hermelingmeier, V., and K. A. Nicholas. 2017. Identifying Five Different Perspectives on the Ecosystem Services Concept Using Q Methodology. *Ecological Economics* 136:255-265. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.01.006>.
- Hooper, D. U., F. S. Chapin, J. J. Ewel, A. Hector, P. Inchausti, S. Lavorel, and B. Schmid. 2005. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. *Ecological monographs*, 75:3-35. <https://doi.org/10.1890/04-0922>.
- Humboldt, A., and A. Bonpland. 1822. Personal narrative of travels to the equinoctial regions of the new continent during the years 1799-1804. Printed for Longman, Hurst, Rees, Orme, and Brown. Londres. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.87587>.
- Jin, G., X. Deng, S. S. Hasan, C. Zhao., and J. Gibson. 2018. Hydrological Ecosystem Services for Integrated Water Resources Management. In Deng, X. and J. Gibson (eds.). *River Basin Management. Ecohydrology*. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-0841-2\\_6-1](https://doi.org/10.1007/978-981-10-0841-2_6-1).
- Jobbágy, E. G., M. Poca, M. D. Nosoetto, G. Castellanos, S. Otta, M. P. Covolo, J. Salva, and E. Juaneda. 2018. Cuenca del Río Mendoza. Análisis de Factibilidad para Fondos de Agua. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua.
- Jobbágy, E. G., M. Nosoetto, C. Santoni, and G. Baldi. 2008. El desafío ecodinámico de las transiciones entre sistemas leñosos y herbáceos en la llanura Chaco-Pampeana. *Ecología Austral* 18:305-322.
- Kareiva, P., H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, and S. Polasky. 2011. *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services* (Oxford Univ Press, New York), 1st edition. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199588992.001.0001>.
- Kenter, J. O. 2018. IPBES: don't throw out the baby whilst keeping the bathwater; Put people's values central, not nature's contributions. *Ecosystem Services* 33:40-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.08.002>.
- Lattera, P., L. Nahuelhual, M. Gluch, X. Sirimarco, G. Bravo, and A. Monjeau. 2019. How are jobs and ecosystem services linked at the local scale? *Ecosystem services* 35:207-218. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.11.011>.
- Lee, S. J., and E. H. Berbery. 2012. Land cover change effects on the climate of the La Plata Basin. *Journal of Hydrometeorology* 13:84-102. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-11-021.1>.
- Likens, G. E., and F. H. Bormann. 1974. Linkages between Terrestrial and Aquatic Ecosystems. *BioScience* 24:447-456. <https://doi.org/10.2307/1296852>.
- Lüke, A., and J. Hack, J. 2018. Comparing the Applicability of Commonly Used Hydrological Ecosystem Services Models for Integrated Decision-Support. *Sustainability* 10:346. <https://doi.org/10.3390/su10020346>.
- Macadam, C. R., and J. A. Stockan. 2015. More than just fish food: ecosystem services provided by freshwater insects. *Ecological Entomology* 40:113-123. <https://doi.org/10.1111/een.12245>.
- Marsh, G.P. 1864. *Man and Nature; or, Physical Geography as Modified by Human Actions*. Charles Scribner, New York. Pp. 560. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.163042>.
- Martínez-Alonso, C., et al. (editores). 2010 *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina*. Libro de actas del seminario internacional SIASSE2008. 1 ed. - Turrialba, CR : CATIE, 2010. Pp. 144: il. - (Serie técnica. Manual técnico / CATIE ; no. 99)
- Masood, E. 2018. Battle over biodiversity. An ideological clash could undermine a crucial assessment of the world's disappearing plant and animal life. *Nature* 560:423-425. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05984-3>.
- Meyer, S. T., A. Ebeling, N. Eisenhauer, L. Hertzog, H. Hillebrand, A. Milcu, E. De Luca, et al. 2016. Effects of biodiversity strengthen over time as ecosystem functioning declines at low and increases at high biodiversity. *Ecosphere* 7(12): e01619. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1619>.
- McCauley, D. 2006. Selling out on nature. *Nature* 443:27-28. <https://doi.org/10.1038/443027a>.
- McDonough, K., S. Hutchinson, T. Moore, and J. S. Hutchinson. 2017. Analysis of publication trends in ecosystem services research. *Ecosystem Services* 25:82-88. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.022>.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis* (ed. By R. Hassan, R. Scholes and N. Ash). Island Press. Washington, D.C., USA.
- Muir, J. 1901. *Our National Parks*. Houghton Mifflin and company. Boston, New York. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.53718>.
- Nosoetto, M. D., R. Páez, S. I. Ballesteros, and E. G. Jobbágy. 2015. Higher water-table levels and flooding risk under grain vs. livestock production systems in the subhumid plains of the Pampas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 206:60-70. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.03.009>.
- Pascual, M. A., T. Olivier, L. Brandizi, P. Rimoldi, H. A. Malnero, and G. Kaless. 2020. Cuenca del Río Chubut. Análisis de Factibilidad para Fondo de Agua. Mayo 2020. Alianza Latinoamericana de Fondos de Agua. Pp. 197. URL: [tinyurl.com/y8d97pou](http://tinyurl.com/y8d97pou).
- Pasquini, A., and P. Depetris. 2007. Discharge trends and flow dynamics of South American rivers draining the southern Atlantic seaboard: An overview. *J Hydrology* 333:385-399. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2006.09.005>.
- Pessacq, N., and S. Solman. 2012. Effects of land use changes on climate in southern South America. *Climate Research* 55:33-51. <https://doi.org/10.3354/cr01119>.
- Pessacq, N., S. Flaherty, S. Solman, and M. Pascual. 2020. Climate change in Patagonia: Critical decrease in water resources. *Journal of Theoretical and Applied Climatology* 140:807-822. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03104-8>.
- Poca, M., A. M. Cingolani, D. E. Gurvich, J. I. Whitworth-Hulse, and V. Saur Palmieri. 2018a. La degradación de los

- bosques de altura del centro de Argentina reduce su capacidad de almacenamiento de agua. *Ecología Austral* 28: 235-248. <https://doi.org/10.1002/eco.1981>.
- Poca, M., A. M. Cingolani, D. E. Gurvich, V. Saur Palmieri, and G. Bertone. 2018b. Water storage dynamics across different types of vegetated patches in rocky highlands of central Argentina. *Ecohydrology* 11(7):e1981. <https://doi.org/10.1002/eco.1981>.
- Puig, A., H. F. Olguín Salinas, and J. A. Borús. 2016. Relevance of the Paraná River hydrology on the fluvial water quality of the Delta Biosphere Reserve. *Environmental Science and Pollution Research* 23:11430-11447. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5744-4>.
- Samal, N. R., W. Wollheim, S. Zuidema, R. Stewart, Z. Zhou, M. M. Mineau, M. Borsuk, K. H. Gardner, S. Glidden, T. Huang, D. Lutz, G. Mavrommati, A. M. Thorn, C. P. Wake, and M. Huber. 2017. A coupled terrestrial and aquatic biogeophysical model of the Upper Merrimack River watershed, New Hampshire, to inform ecosystem services evaluation and management under climate and land-cover change. *Ecology and Society* 22:18. <https://doi.org/10.5751/ES-09662-220418>.
- Schröter, M., E. H. Van der Zanden, A. P. van Oudenhoven, R. P. Remme, H. M. Serna-Chávez, R. S. De Groot, and P. Opdam. 2014. Ecosystem services as a contested concept: a synthesis of critique and counter-arguments. *Conservation Letters* 7:514-523. <https://doi.org/10.1111/conl.12091>.
- Schomers, S., and B. Matzdorf. 2013. Payments for ecosystem services: A review and comparison of developing and industrialized countries. *Ecosystem Services* 6:16-30. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.01.002>.
- Tallis, H., J. Lubchenko, et al. 2014. A call for inclusive conservation. *Nature* 515:27-28. <https://doi.org/10.1038/515027a>.
- TEEB. 2010. The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. In Kumar, P. (ed.). Earthscan, London and Washington.
- Udall, S. L. 1963. *The Quiet Crisis*. Holt, Rinehart and Winston. New York. Pp. 209.
- UNEP. 2014. Green Infrastructure. Guide for water management. Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects. ISBN: 978-92-807-3404-1.
- Vandewalle, M., M. T. Sykes, P. A. Harrison, G. W. Luck, P. Berry, R. Bugter, and D. Hering. 2008. Concepts of dynamic ecosystems and their services. The RUBICODE Project. Rationalising Biodiversity Conservation in Dynamic Ecosystems.
- Vich, A. I. J., F. A. Norte, and C. Lauro. 2014. Análisis regional de frecuencias de caudales de ríos pertenecientes a cuencas con nacientes en la Cordillera de los Andes. *Meteorológica* 39:3-26
- Villar, C. A., and C. Bonetto. 2000. Chemistry and nutrient concentrations of the Lower Paraná River and its floodplain marshes during extreme flooding. *Archiv für Hydrobiologie* 148:461-479. <https://doi.org/10.1127/archiv-hydrobiol/148/2000/461>.
- Westman, W. E. 1977. How much are nature's services worth? *Science* 197:960-964. <https://doi.org/10.1126/science.197.4307.960>.
- Williamson, C. E., W. Dodds, T. K. Kratz, and M. A. Palmer. 2008. Lakes and streams as sentinels of environmental change in terrestrial and atmospheric processes. *Frontiers in Ecology and the Environment* 6:247-254. <https://doi.org/10.1890/070140>.
- Zagarola, J. A., C. B. Anderson, and J. R. Veteto. 2014. Perceiving Patagonia: An Assessment of Social Values and Perspectives Regarding Watershed Ecosystem Services and Management in Southern South America. *Environmental Management* 53:769-782. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0237-7>.