

**Identificación de servicios ecosistémicos urbanos en la ciudad de Bahía Blanca
y su aplicación al análisis de la seguridad hídrica**

**Urban ecosystem services identification in Bahía Blanca city and its application
to hydrological security analysis**

Anabella Montico¹; Paula A. Zapperi²; Mariana I. Zilio³ y Verónica Gil^{2,4}

¹Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur. Avenida Alem 1253,
Planta Baja. CP. 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: anabella.montico@gmail.com

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).
Departamento de Geografía y Turismo - Universidad Nacional del Sur. 12 de octubre
1198 4° piso. CP. 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: paula.zapperi@uns.edu.ar

³Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS) - (UNS-
CONICET). Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur. San Andrés
800 - Altos de Palihue. CP. 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: mizilio@iess-conicet.gov.ar

⁴E-mail: verogil@uns.edu.ar

Montico, A., Zapperi, P.A., Zilio, M.I., Gil, V. (2019). Identificación de servicios ecosistémicos urbanos en la ciudad de Bahía Blanca y su aplicación al análisis de la seguridad hídrica. *Revista Estudios Ambientales*, 7(1), 56-78.

Recibido: 5 de mayo de 2019

Aceptado: 2 de julio de 2019

Publicado: 30 de junio de 2019

RESUMEN

Comprender el funcionamiento de los ecosistemas urbanos fundamentales en la provisión de servicios que afectan directamente la salud y la seguridad humanas, requiere un acabado conocimiento de numerosos flujos e interacciones que trascienden las fronteras políticas o biofísicas que delimitan las ciudades. En este marco, el objetivo del trabajo es identificar los servicios ecosistémicos urbanos de Bahía Blanca para analizar su potencialidad en el reconocimiento de los aspectos asociados a la seguridad hídrica. Se tomó como referencia la adaptación para la integración de los servicios ecosistémicos a la planificación del desarrollo planeada por TEEB -The Economics of Ecosystems and Biodiversity-. Se consideraron aquellos servicios asociados al agua, tales como la regulación hídrica, mitigación de la escorrentía y la provisión de agua para consumo. Nuestros resultados sugieren que el reconocimiento de los componentes del ecosistema urbano y sus servicios ecosistémicos contribuye a la identificación de los factores sobre los cuales debiera basarse la gestión de la seguridad hídrica. Además, se reconoce la utilidad de los parámetros hidrológicos como indicadores de referencia para el seguimiento y monitoreo del nivel de provisión de estos servicios.

Palabras clave: servicios ecosistémicos, gestión de recursos hídricos, mitigación de la escorrentía, ámbito urbano, Bahía Blanca.

ABSTRACT

Understand the urban ecosystems performance is fundamental for the provision of ecosystem services that directly affect human health and safety and it requires a complete knowledge of numerous flows and interactions that go beyond political or biophysical boundaries that define cities. The aim of this work is to identify urban ecosystem services in the city of Bahía Blanca to analyze their potential in the recognition of the aspects associated with water security. As a reference, we considered the adaptation for the integration of ecosystem services to the planning of the development planned by TEEB -The Economics of Ecosystems and Biodiversity-. We selected those services associated with water, such as water regulation, mitigation of runoff and the provision of water for consumption. Our results suggest that the

recognition of the components of the urban ecosystem and its ecosystem services contributes to the identification of the factors on which the management of water security should be based on. The utility of hydrological parameters is also recognized as reference indicators for monitoring the level of provision of these services.

Key Words: ecosystem services, hydrologic resources management, runoff mitigation, urban areas, Bahía Blanca.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado y desordenado de las ciudades en las últimas décadas se presenta como una problemática a nivel mundial, que afecta no sólo las actividades socioeconómicas sino también las condiciones ambientales en las cuales se desarrollan. Este proceso, conjugado con los efectos del cambio climático, resulta de especial interés para la seguridad hídrica de América Latina y el Caribe pues implica un conjunto de desafíos para la gestión del agua, aspecto clave para el desarrollo de la región (Peña, 2016).

Según la ONU (2013), la seguridad hídrica se define como: *“la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socio-económico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política”*.

De esta manera, este concepto se incorpora en la agenda pública como principio rector de la gestión de recursos hídricos tanto en el ámbito rural como en el ámbito urbano. En este contexto, uno de los mayores desafíos es garantizar el abastecimiento de agua potable ante las crecientes demandas urbanas de carácter doméstico e industrial.

Por otro lado, el crecimiento urbano conlleva una progresiva impermeabilización del suelo, alterando gravemente el ciclo hidrológico natural del agua. De esta manera, se plantea la necesidad de afrontar el manejo del agua desde una perspectiva diferente a

la convencional, que combine aspectos hidrológicos, medioambientales y sociales (Perales Momparler y Andrés-Doménech, 2008) a través de una gestión que considere los ejes que componen la seguridad hídrica de un sitio. Una de las dificultades que señalan Cook y Bakker (2012) respecto de la seguridad hídrica está asociada con su evaluación y medición debido a las muchas perspectivas diferentes sobre el paradigma. En este sentido, se destaca la definición más amplia que ha adoptado Naciones Unidas para enfatizar en la necesidad de un abordaje interdisciplinario y holístico que permita incluir las diferentes perspectivas y dimensiones (Jensen y Wu, 2018).

Atendiendo a los distintos fenómenos que actualmente desafían a las ciudades, surgen nuevos modelos de urbanismo tendientes a generar las condiciones necesarias para la transición hacia ciudades sostenibles. Entre ellos, se propone su conceptualización como ecosistemas urbanos y la consideración de sus servicios ecosistémicos dentro de los criterios de la planificación territorial. Se posibilitaría de alguna manera el considerar el aprovechamiento de los servicios ecosistémicos disponibles y la adaptación de las urbes al entorno en el cual se desarrollan. Los servicios ecosistémicos se definen como los beneficios intangibles que los diferentes ecosistemas proporcionan a la sociedad de manera natural y que actúan como contribuciones directas e indirectas al bienestar humano (Gómez Baggethun et al., 2014). Al hablar de servicios ecosistémicos, se enfatiza la interdependencia que existe entre sistemas ecológicos y sistemas sociales (Daily, 1997; Díaz et al., 2006; Balvanera et al., 2011). El enfoque ecosistémico se convierte en una estrategia para la gestión integral del suelo, agua y recursos vivos, que promueve la conservación y el uso sostenible de una manera equitativa. A la vez, ubica a las sociedades que habitan los ecosistemas y a sus medios de vida, en el centro de las decisiones sobre la gestión y la protección de los mismos. En consecuencia, alienta al mantenimiento de los servicios ecosistémicos mediante la conservación de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas a través del balance y sinergia entre las variables sociales, económicas y ambientales (Smith y Maltby, 2003). La potencialidad del enfoque ecosistémico, está asociada con la capacidad de abordar integralmente los sistemas naturales que se conjugan para determinar cuestiones asociadas a los recursos hídricos y por lo tanto relativas a la seguridad hídrica (Guerrero et al., 2006). Existen antecedentes de este abordaje que, aunque todavía incipientes, demuestran las

posibilidades que ofrece la aplicación del enfoque ecosistémico en la evaluación de la seguridad hídrica. Li et al. (2017), analizaron la seguridad hídrica de la región de Beijing-Tianjian-Hebei, China, a partir de un modelo de flujo del servicio ecosistémico de provisión de agua para consumo. Gong et al. (2017) analizaron el índice de pobreza hídrica (WPI, por sus siglas en inglés), en donde indican que el componente medioambiental muestra la capacidad del ecosistema para influir sobre la cantidad y calidad del agua, que a su vez depende directamente de los servicios ecosistémicos que el medio pueda ofrecer.

Características del medio físico de la ciudad de Bahía Blanca

La ciudad de Bahía Blanca, cabecera del partido homónimo, se encuentra en el suroeste de la provincia de Buenos Aires sobre la costa atlántica argentina y constituye un centro urbano de tamaño medio con una población de 301.572 habitantes según datos del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda (INDEC) del año 2010.

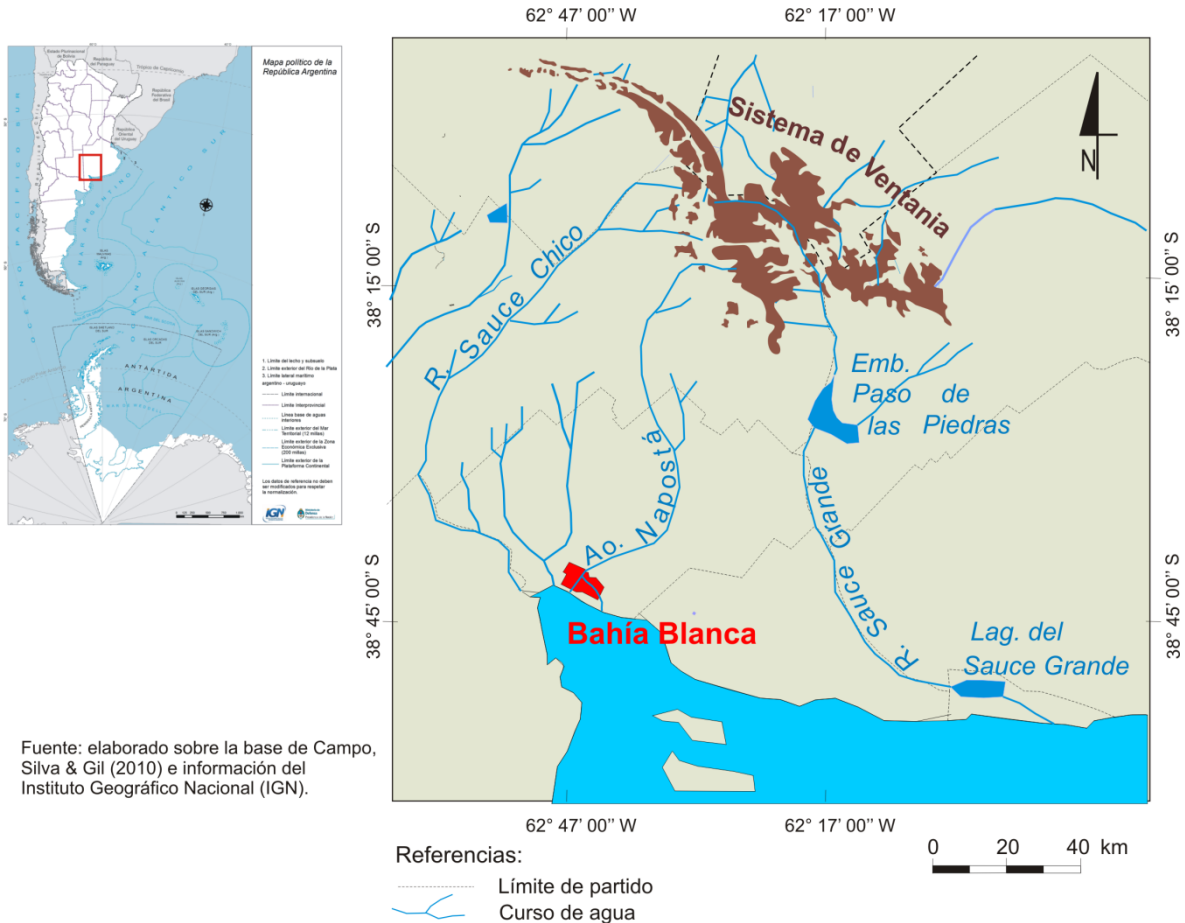


Figura 1. Ubicación de la ciudad de Bahía Blanca.

En términos de sus características climáticas, la ciudad presenta un clima semiárido (Aliaga et al., 2017) con una temperatura media anual de 15,5 ° C y precipitaciones medias anuales de 654 mm (Servicio Meteorológico Nacional, Argentina, 2014; Ferrelli, 2017). Desde el punto de vista geomorfológico, si bien existe un predominio de la llanura, la ciudad se extiende sobre unidades geomorfológicas definidas. A partir de la curva de nivel de 60 m se presenta una amplia planicie con suaves desniveles. Parte de la misma está surcada por los valles de los arroyos Sauce Chico, Saladillo de García y Napostá Grande. Por debajo de la cota de 20 m se extiende la llanura aluvial del arroyo Napostá Grande que se extiende hacia el hacia el sureste donde se desarrolla la llanura litoral (Caló et al., 1999). Con posterioridad a esta unidad geomorfológica emerge el estuario de planicie costera en el que el río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande son los principales tributarios. En cuanto a las

características de la vegetación nativa, la ciudad se encuentra en la transición de tres provincias fitogeográficas: la del espinal, la del monte y la pampeana (Cabrera, 1976). Los caracteres edáficos indican suelos con alto contenido de carbonato de calcio, material loessoides y tosca, asociados con matorrales xerófilos y con la pradera herbácea que constituyen la vegetación natural (Benedetti y Campo de Ferreras, 2007).

Patrón de crecimiento urbano y surgimiento de problemáticas hídricas

En la ciudad de Bahía Blanca la urbanización de la periferia responde al modelo de crecimiento de extensión, que se traduce en una mancha urbana dispersa de baja densidad poblacional y con importantes vacíos urbanos (Urriza y Garriz, 2014). Es común la generación de anegamientos y procesos erosivos de las calles sin pavimentar, provocando el aislamiento de sectores periféricos y ocasionalmente la evacuación de los ciudadanos (Zapperi, 2012).

Paralelamente, el crecimiento urbano e industrial ha significado un incremento en la demanda de abastecimiento de agua, que es un aspecto fundamental de la seguridad hídrica. Hasta 1960 la ciudad se abastecía principalmente con el agua proveniente de más de 25 perforaciones de su Sistema Hidrotermal Profundo (Auge et al., 2010). Actualmente, la provisión de agua potable proviene del embalse Paso de las Piedras, ubicado a unos 55 km al noreste de la ciudad. Este reservorio constituye un espejo de agua de aproximadamente 4.000 ha e intercepta el flujo que se produce en la cuenca alta del río Sauce Grande (Gil, 2010). Las lluvias constituyen la principal fuente de recarga, siendo las cabeceras superiores sumamente receptoras dada su ubicación en el sistema serrano de Ventania (Paoloni et al., 2010). Sin embargo, la característica distintiva del sudoeste bonaerense es la variabilidad de la precipitación, tanto temporal como espacial (Campo et al., 2009). Es importante señalar que en el período 2005-2009 se registró en la región una sucesión de años secos con una media pluviométrica de 495 mm muy por debajo del módulo anual (674 mm; período 1960-2009). Este hecho derivó en una notable merma en las reservas del dique Paso de las Piedras que de un volumen máximo de 328 hm³ pasó a valores por debajo de los 70 hm³ (Albouy et al., 2012). Esta emergencia, junto con el aumento de la demanda y la disminución de la vida útil del reservorio, han motivado la evaluación de fuentes alternativas de

abastecimiento de agua, aunque en la actualidad el abastecimiento de agua potable continúa teniendo como fuente principal al Dique Paso de Las Piedras. Es importante aclarar que el volumen abastecido es destinado para consumo doméstico como también industrial, principalmente para las plantas que conforman el Polo Petroquímico. De esta manera, la Autoridad del Agua, organismo a cargo del dique, entrega el 20% del total del agua al polo industrial. Esta situación implica la generación de un conflicto de intereses en torno a las prioridades en el uso del agua durante períodos sequía como también ante el panorama actual de crecimiento que presenta el perfil industrial de la ciudad.

En este marco, el objetivo del trabajo es identificar los servicios ecosistémicos urbanos de Bahía Blanca para analizar su potencialidad en el reconocimiento de los aspectos asociados a la seguridad hídrica. Se consideraron aquellos servicios ecosistémicos asociados al agua, tales como la regulación hídrica, mitigación de la escorrentía y la provisión de agua para consumo.

METODOLOGÍA

En primer lugar, sobre la base de bibliografía y estudios preexistentes se efectuó la caracterización del área de estudio comprendida por la ciudad y el estuario de Bahía Blanca. Si bien este último no se enmarca estrictamente en el espacio urbano, los flujos provenientes de la actividad urbana e industrial modifican sus condiciones y funciones ecosistémicas. Esta primera etapa fue realizada debido a que la identificación y evaluación de los servicios que podría ofrecer un determinado ecosistema requiere de la caracterización de sus propiedades (Altesor et al., 2011). Paralelamente, se realizó una revisión bibliográfica acerca del estado actual de la conceptualización de los servicios ecosistémicos y la seguridad hídrica.

Para identificar los servicios ecosistémicos presentes en el ámbito urbano de Bahía Blanca, se tomó como referencia la adaptación para la integración de los servicios ecosistémicos a la planificación del desarrollo planeada por TEEB –The Economics of Ecosystems and Biodiversity- (Berghöfer et al., 2011; Kosmus et al., 2012). Asimismo, se focalizó el análisis sobre aquellos servicios asociados directamente con el agua (Coates et al., 2013). Desde el Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos -WWAP, por sus siglas en inglés- (2018); estos

servicios se agrupan según se relacionen con el movimiento del agua (evaporación, flujo superficial e infiltración en el suelo), el almacenamiento (principalmente en suelos, aguas subterráneas y humedales) o la transformación, incluida su calidad (Acreman y Mountford, 2009). En conjunto, sustentan las tres dimensiones de los desafíos de los recursos hídricos: disponibilidad, calidad y moderación de riesgos extremos.

RESULTADOS

Identificación de servicios ecosistémicos (SSEE) urbanos en Bahía Blanca

Los ecosistemas urbanos son aquellos donde la infraestructura construida cubre una gran proporción de la superficie de la tierra (Pickett et al., 2001). Comprenden todos los espacios verdes y azules en las áreas urbanas. Además, teniendo en cuenta que en el contexto urbano los ecosistemas se encuentran altamente fragmentados, el análisis no está restringido a los ecosistemas como tales, sino que también incluye componentes específicos del ecosistema involucrados en la prestación de servicios (Gómez-Baggethun y Barton, 2013).

De esta manera, de acuerdo con las características de la ciudad de Bahía Blanca, se identificaron los ecosistemas y componentes específicos dentro del área de estudio. Posteriormente, teniendo en cuenta el marco conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio -EEM- (Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, 2005), se seleccionaron ocho servicios ecosistémicos que podrían ofrecer los componentes del ecosistema urbano identificados anteriormente (Tabla 1). La selección de los servicios ecosistémicos correspondientes al ámbito de la ciudad de Bahía Blanca, se basó en las condiciones y características de la misma.

En virtud de que el interés de aplicación del presente trabajo se orienta a problemáticas relacionadas con el abastecimiento de agua y la generación de inundaciones y/o anegamientos, se consideraron los servicios ecosistémicos asociados al agua que permitan su abordaje desde la perspectiva de la seguridad hídrica. Como servicio de provisión se seleccionó la provisión de agua a partir de los surgentes del Sistema Hidrotermal Profundo y como servicio ecosistémico de regulación, se identificó el de regulación hídrica y mitigación de la escorrentía dentro del sistema urbano.

Servicio ecosistémico de regulación hídrica y mitigación de la escorrentía

La regulación hídrica y mitigación de la escorrentía están asociadas con la capacidad de los ecosistemas de almacenar y liberar de manera controlada los flujos de agua. La captación por parte de la cubierta de vegetación influye en la cantidad de agua disponible. La intercepción de las precipitaciones por las copas de los árboles ralentiza los efectos de las inundaciones y los pavimentos verdes reducen la presión sobre los sistemas de drenaje urbano al percolar el agua (Gómez Baggethun y Barton, 2013). En la provisión del servicio se vincula tanto la vegetación como la capacidad de infiltración de los suelos. Precisamente, la característica principal de las cuencas urbanas está representada por el incremento de la impermeabilización y la reducción de la infiltración debido al revestimiento del suelo y a la remoción de la cobertura vegetal (Gutiérrez & Ayala, 2000). El desarrollo urbano conlleva además una serie de efectos negativos sobre los medios receptores. Cuando los índices de urbanización superan las planificaciones iniciales, las infraestructuras de desagüe quedan infradimensionadas, dando lugar a inundaciones o anegamientos (Perales Momparler y Andrés-Doménech, 2008). A nivel urbano, las zonas que presentan vegetación tienen una capacidad de infiltración de aguas de lluvia entre un 85% y 95% mientras que las zonas urbanas carentes de vegetación logran un nivel de infiltración de apenas el 10%. La cuantificación de este servicio puede efectuarse por medio de la medición de la capacidad de infiltración del suelo y el porcentaje de sellado relativo a la superficie permeable (Gómez Baggethun y Barton, 2013).

Tabla 1 Servicios ecosistémicos ofrecidos por el ecosistema urbano y sus componentes en la ciudad de Bahía Blanca. Fuente: elaboración propia sobre la base de la clasificación según marco de la EEM (Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente, 2005) y Gómez-Baggethun y Barton (2013).

		ECOSISTEMAS Y COMPONENTES AISLADOS IDENTIFICADOS EN EL ÁMBITO URBANO									
Clasificación según marco de la EEM ↓	SSEE asociados ↓	Áreas verdes			Áreas azules y componentes asociados al recurso hídrico				Componentes particulares del ecosistema		
		Plazas y parques	Marismas	Ribera del arroyo Napostá Grande	Estuario de Bahía Blanca	Arroyo Napostá Grande	Río Sauce Chico	Sistema Hidrotermal Profundo	Arbolado urbano	Superficies de infiltración (vías, veredas)	
Servicios de provisión	Provisión de agua						X	X			
Servicios de regulación	Regulación hídrica y mitigación de la escorrentía	X	X	X		X	X		X	X	
	Regulación de la temperatura urbana	X	X	X	X				X		
	Reducción del ruido	X							X		
	Regulación de la calidad del aire	X	X						X		
	Secuestro de carbono	X	X	X	X				X		
	Depuración de desechos		X		X						
Servicios culturales	Recreación	X	X	X	X	X					

En cuanto al drenaje urbano, la ciudad se encuentra emplazada en la cuenca inferior del arroyo Napostá cuyo curso atraviesa el interior de la misma. Esto contribuye a que reciba el escurrimiento que se acumula aguas arriba y aumenta el peligro de inundaciones por crecidas (Zapperi, 2012). El escurrimiento superficial en el ámbito de las ciudades viene determinado por la topografía y a su vez, se ve modificado por las edificaciones (Ferrelli, 2017). En este sentido, el sector norte presenta pendientes cambiantes y dificultad de escurrimiento parcial, mientras que en el sector este el escurrimiento es bueno y las pendientes son acentuadas. En el sur y oeste de la ciudad, se presentan extensos sectores con pendiente nula que provocan un escurrimiento lento (Zapperi, 2012). Respecto de los espacios verdes y las posibles superficies de infiltración, en la ciudad se localizan dos parques: el Parque Independencia y el Parque de Mayo, ambos con abundante vegetación de tipo arbórea. Sin embargo, el arbolado urbano en la ciudad es discontinuo y en ciertas arterias el mismo es inexistente (Ferrelli, 2017). A su vez, se pueden considerar los

espacios verdes adyacentes a las vías del ferrocarril que atraviesan la ciudad e interceptan el agua que escurre desde el área de mayor altitud (Zapperi, 2014). Asimismo, como parte del proceso de dispersión de la mancha urbana, el surgimiento de sectores residenciales ha llevado a la inclusión en el ejido urbano de las distintas áreas verdes que rodean y separan a los barrios entre sí. Es importante agregar que si bien el Decreto/Ley Provincial 8912/77 de Ordenamiento Territorial y Uso del Suelo establece un mínimo de 10 m² de áreas verdes o libres por habitante, en el área de estudio, existe una deficiencia de espacios verdes (con un promedio de 3,49 m² por habitante) y su distribución es desequilibrada (Rosake y Ercolani, 2013).

Es necesario destacar que el funcionamiento del ecosistema urbano, a diferencia de otros con menor intervención, se ve influenciado no solo por las condiciones del medio natural sino también por medidas estructurales y no estructurales. El marco normativo se presenta como una de ellas. En este sentido, en el ámbito local no se ha identificado la existencia de una reglamentación que haga referencia al concepto de los servicios ecosistémicos. Sin embargo, se pueden mencionar los parámetros urbanísticos de los códigos de planeamiento y de edificación que tienen influencia sobre la ocupación del suelo y por lo tanto la pérdida de la cobertura natural del terreno. En el caso del Factor de Ocupación Superficial (FOS), si bien se determina el porcentaje de ocupación sobre el lote que debe tener una construcción, no contiene parámetros asociados con la posibilidad de impermeabilización de la superficie libre del terreno. Para el caso de superficies libres de construcción como centro libre de manzana y los patios, se establecen disposiciones acerca de la altura máxima de las edificaciones pero tampoco está legislado el tipo de cobertura. Las normas asociadas con arbolado urbano, por su parte, se orientan principalmente a cuestiones de seguridad y mantenimiento pero no tienen en cuenta factores relacionados con los beneficios que podrían proveer en términos de regulación hídrica y demás servicios ecosistémicos. También se destaca la Ordenanza Municipal N° 15.505, que establece como área particularizada al Valle del arroyo Napostá Grande con el objetivo de preservar su llanura de inundación y minimizar la ocupación del suelo, a la vez que determina la línea límite de urbanización en forma congruente con la línea de riesgo hídrico.

Servicio ecosistémico de provisión de agua

El abastecimiento de agua de la ciudad de Bahía Blanca proviene de los escurrimientos de la cuenca superior del río Sauce Grande (Paoloni et al., 2010) que se encauzan hacia el embalse Paso de las Piedras. Como se mencionó anteriormente, es la Autoridad del Agua de la provincia de Buenos Aires la institución a cargo de su administración y del establecimiento de alertas ante la ocurrencia de crisis hídricas. Este tipo de emergencia activa el aprovisionamiento de agua a la ciudad por medio de fuentes alternativas, tratándose principalmente de perforaciones en la cuenca media y baja del arroyo Napostá Grande. Sin embargo, de acuerdo con el objetivo de revisión planteado, se identifica al Sistema Hidrotermal Profundo (SHP) como fuente de servicios de provisión de agua para la ciudad y también resto del partido de Bahía Blanca (Bonorino, 1988; Auge et al., 2010). Las propiedades más relevantes se basan en su caudal de surgencia que varía entre 50 y 100 m³/h. A su vez, la calidad del agua la convierten en un recurso apto para consumo (Auge et al., 2010). Es importante aclarar que si bien se conoce su extensión continental, que es de 3.000 km² (Espósito et al., 2010), aún no se ha establecido su fuente de alimentación, ni tampoco el volumen total que contiene. Algunos autores afirman que la recarga proviene de la infiltración de los excedentes de la lluvia en el área pedemontana occidental del sistema serrano de Ventania (Auge et al., 2010). Otros afirman que la fuente podría situarse distante y no existir recarga actual, lo que implicaría que su explotación puede entrañar riesgo de agotamiento (González Uriarte, 2010).

En la actualidad su explotación se lleva a cabo dentro del radio urbano y suburbano de la ciudad de Bahía Blanca. Existen 30 perforaciones censadas por la Autoridad del Agua (Espósito et al., 2010) aunque siete de ellas se encuentran habilitadas para uso público (Figura 2). Es importante aclarar que la utilización de estos pozos por parte de la población, se ha incrementado notablemente durante las crisis hídricas en las que la cota del Dique Paso de Las Piedras disminuye considerablemente debido a la ocurrencia de eventos de sequía.

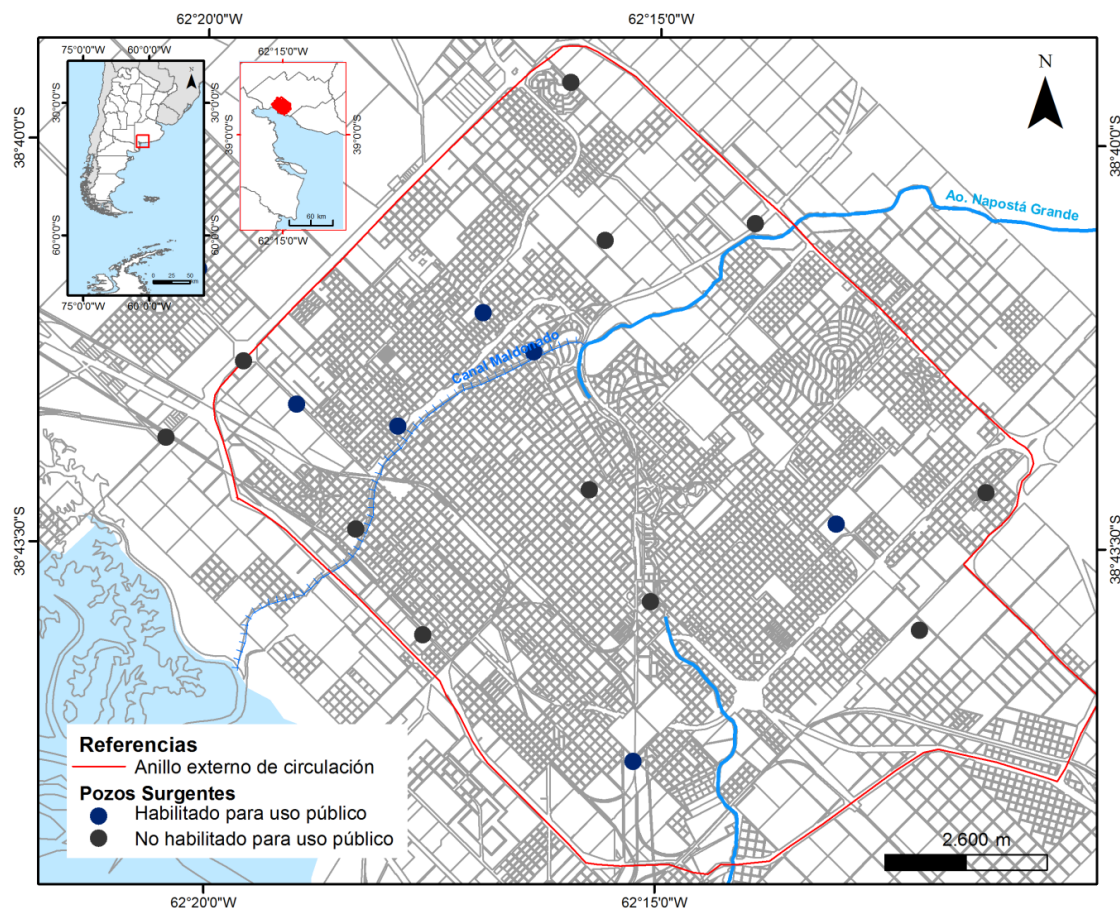


Figura 2. Ubicación de los pozos surgentes del SHP y pozos habilitados.

DISCUSIÓN

La definición amplia e interdisciplinaria de la seguridad hídrica puede obstaculizar su operatividad como también la identificación de indicadores para medir la situación actual y los cambios a lo largo del tiempo (Cook y Bakker, 2012; Jensen y Wu, 2018). En este sentido, su evaluación depende del nivel en el que se concibe y diversos autores enfatizan la necesidad de desarrollar y aplicar indicadores a nivel local (Cook y Bakker, 2012; Norman et al., 2013; Jensen y Wu, 2018). La seguridad hídrica a escala urbana puede definirse como la capacidad de una ciudad para asegurar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable, garantizar una protección razonable contra los daños relacionados con el agua y preservar los ecosistemas saludables en la ciudad y su cuenca (Jensen y Wu, 2018). Li et al. (2017) demostraron que el estudio de los servicios ecosistémicos es adecuado para la

evaluación de la seguridad hídrica, por medio del mapeo de la oferta y la demanda de los mismos. Destaca la necesidad de comprender las conexiones que existen entre la provisión del servicio y su consumo, sobre todo en el caso de aquellos sitios en los que la oferta y la demanda actual se encuentran distantes, como es el caso de Bahía Blanca.

En la Figura 3 se esquematizan las relaciones que surgen de la introducción del enfoque ecosistémico en el ámbito urbano, para la identificación de los componentes del ecosistema que influyen sobre los factores asociados a la seguridad hídrica. Este análisis permite reconocer las aptitudes naturales del medio que favorecen la seguridad hídrica en términos de abastecimiento a través del servicio de provisión de agua. Mientras que en relación con el riesgo hídrico se puede asociar el servicio de regulación hídrica y mitigación de la escorrentía.

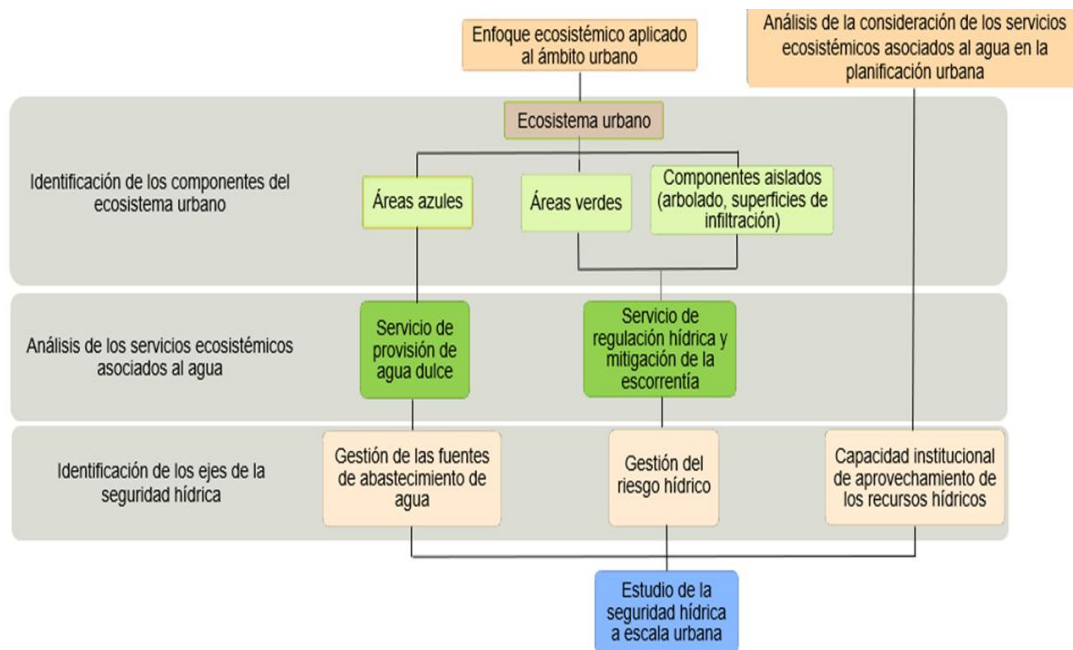


Figura 3. Ejes de aplicación del enfoque ecosistémico para el análisis y gestión de la seguridad hídrica.

Por otra parte, además de la identificación de estos servicios, el conocimiento de su dinámica es fundamental para su gestión y aprovechamiento. Paruelo et al. (2011) señalan la importancia del seguimiento en el nivel de provisión de servicios

ecosistémicos para posibilitar su implementación en planes de manejo y ordenamiento del territorio. La distribución y la tasa de provisión de los servicios ecosistémicos varían en el tiempo y en el espacio (Latterra et al., 2011). De esta manera, su evaluación a partir de indicadores estáticos y puntuales no representa adecuadamente de dicha variación (Paruelo et al., 2011). Sin embargo, como primer aproximación y para el establecimiento de parámetros de referencia, se propone la utilización indicadores estáticos. El protocolo Ecoser (Latterra et al., 2011) propone como indicador de regulación hídrica, la proporción de agua de lluvia infiltrada frente a tormentas modales o con una recurrencia dada, a través del método de la curva-número del Soil Conservation. Existen, en el mundo, antecedentes en los que se aplican parámetros hidrológicos como indicadores. Gittleman et al. (2017) estimaron las tasas de absorción de escorrentía de aguas pluviales de los jardines comunitarios de la ciudad de Nueva York. Gong et al. (2017) analizaron el índice de pobreza hídrica e identificaron el porcentaje de cobertura vegetal como factor representativo del medio natural. Estos resultados son coherentes con la importancia de establecer las características comunes a las cuencas urbanas para la evaluación de la regulación hídrica y de la mitigación de la escorrentía. El análisis de la capacidad de infiltración de los suelos urbanos y de la influencia de los tipos de cobertura vegetal en el ámbito de la ciudad se identifica como base para la evaluación de estos servicios ecosistémicos. Existen antecedentes de inclusión de cuestiones relativas a la impermeabilización de la superficie y al estudio del impacto hidrológico de la urbanización en los instrumentos de planificación urbana. Tal es el caso de la ordenanza N°8.775/2007 de la ciudad de Resistencia (provincia de Chaco). Esta incorpora como parámetros urbanísticos el Factor de Impermeabilización del Suelo (FIS) y el Factor de Impermeabilización Total (FIT) correspondientes al grado de impermeabilización del suelo y del total de la parcela construida, respectivamente. También puede citarse el caso de la ordenanza N°11.748/2010 de la ciudad de Santa Fe (provincia de Santa Fe), en la que se establece el distrito ZNS-Zona de Seguridad Hídrica, asociada a la ribera de los cursos de agua que atraviesan la ciudad y que categoriza al área como no urbanizable. El estudio de la seguridad hídrica desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos, en conjunto con el análisis de la normativa de planificación urbana, permite identificar las fortalezas y debilidades que se presentan en torno a otro eje de la seguridad

hídrica como es la capacidad institucional para la gestión del agua. A su vez, el reconocimiento de los componentes del ecosistema urbano y sus servicios contribuye con la identificación de los factores sobre los cuales debiera basarse la gestión de la seguridad hídrica de forma integrada a la planificación urbana.

CONCLUSIÓN

Del análisis realizado se identifica que la revisión de los servicios ecosistémicos complementaria con el análisis de la seguridad hídrica pues permite identificar aquellas funciones que hacen a la disponibilidad, calidad y mitigación de riesgos asociados con el agua. De esta manera, sobre estos servicios y funciones es que se pueden generar e implementar medidas que contribuyan con los objetivos de la seguridad hídrica. Tal es el caso de los espacios verdes y su influencia no sólo en la infiltración y almacenamiento sino también en la ralentización del escurrimiento y mitigación de los efectos de las precipitaciones intensas, aspecto que puede relacionarse con la gestión del riesgo hídrico. Asimismo, cabe resaltar que conforme al crecimiento demográfico de la ciudad y a la demanda de agua se prevé que el Dique y el Acueducto Paso de las Piedras vean superada su máxima capacidad en las próximas décadas (Ferrara & Álamo, 2009). Paralelamente, el perfil productivo de la ciudad se ha planificado en función de la actividad industrial, sector que compete directamente con la población por el consumo de agua y que se espera siga en crecimiento en los próximos años. Dadas las circunstancias, la evaluación del uso del agua desde la perspectiva de la seguridad hídrica encuentra en Bahía Blanca un punto importante de aplicación ante la necesidad de asegurar su disponibilidad para los distintos usos. Una adecuada gestión de los recursos hídricos debería tener en cuenta el aprovechamiento conjunto o coordinado de las aguas superficiales y subterráneas. Esto permitiría proporcionar el recurso hídrico de manera racional y sustentable, en función de las necesidades de la demanda ya que los acuíferos o embalses subterráneos permiten complementar a los superficiales en épocas de sequía (Albouy et al., 2012).

Como futura línea de investigación, se propone continuar el análisis de los servicios ecosistémicos urbanos y su incorporación en los instrumentos de planificación de la ciudad, contribuyendo al mejoramiento de su calidad ambiental. En la actualidad,

conforme a esta línea de investigación, se presentan las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) como soluciones innovadoras que incorporan perspectivas de servicios ecosistémicos y consideraciones relacionadas con los medios de vida en la planificación y gestión del agua. Precisamente, desde el Programa Mundial de las Naciones Unidas Evaluación de los Recursos Hídricos, su aplicación para el diseño de estrategias de manejo hídrico se considera un esfuerzo deliberado no sólo para mejorar la gestión del agua sino también para la optimización en su aprovechamiento dentro del ámbito urbano.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realizó en el marco del PGI *Geografía física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diversas escalas témporo-espaciales (24/G078)* financiado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNS.

BIBLIOGRAFÍA

- Acreman, M. C. & Mountford, J. O. (2009). Wetland management. En R. Ferrier & Jenkins, A. (Eds.). *Handbook of Catchment Management*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Albouy, E. R., Carrica, J. C., Lexow, C., Lafont, D., & Bonorino, G. (2012). La explotación del recurso hídrico subterráneo: una alternativa para suplementar el abastecimiento a Bahía Blanca, Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* (28), 15-24.
- Aliaga, V. S., Ferrelli, F., & Piccolo, M. C. (2017). Regionalization of climate over the Argentine Pampas. *International Journal of Climatology*, 37(S1), 1237-1247.
- Altesor, A., Barral M., Booman, G., Carreño I., Cristeche, E., Isacch, J., ..., & Pérez, N. (2011). Servicios ecosistémicos: un marco conceptual en construcción. Aspectos conceptuales y operativos. En *Valoración de servicios ecosistémicos* (p. 645- 657). Balcarce: Ediciones INTA.

- Auge, M., Wetten, C., Baudino, G., Bonorino, G., Gianni, R., González, N.,...& Tineo, A. (2010). Hidrogeología de Argentina. *Boletín Geológico y Minero*, 117(1), 7-23.
- Balvanera, P., Castillo, A., Chavero, E. L., Caballero, K., Quijas, S., Flores, A., & Maass, M. (2011). Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los servicios ecosistémicos en América Latina. *El valor ecológico, social y económico de los servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y estudio de casos*. Ediciones INTA
- Benedetti, G., & Campo de Ferreras, A. (2007). Arbolado de alineación: el mapa verde de un barrio en la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Papeles de geografía*, (45), 27-38.
- Berghöfer, A., Mader, A., Patrickson, S., Calcaterra, E., Smit, J., Blignaut, J., de Wit, M. & van Zyl, H. (2011). TEEB Manual for cities: Ecosystem services in urban management. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Suiza*. Recuperado de http://doc.teebweb.org/wp-content/uploads/Study%20and%20Reports/Additional%20Reports/Manual%20for%20Cities/TEEB%20Manual%20for%20Cities_English.pdf
- Burkhard, B., Kandziora, M., Hou, Y. & Müller, F. (2014). Ecosystem Service Potentials, Flows and Demands-Concepts for Spatial Localisation, Indication and Quantification. *Landscape online*, 34. DOI:[10.3097/LO.201434](https://doi.org/10.3097/LO.201434)
- Cabrera, A. 1976. *Regiones fitogeográficas argentinas*. Buenos Aires: Acme. 85 pp.
- Caló J, Fernández E., Marcos A. & Aldacour H. (1999). Construcción de mapas geológicos ingenieriles a partir de conocimientos previos compilados en un Sistema de Información Geográfico. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 13. 1-10
- Campo, A. M., Silva, A. M. & Gil, V. (2010). Aplicación de cartografía temática para la identificación y análisis de la exposición al peligro de inundación por crecidas repentinas. Sierra de la Ventana, Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica del Sur*, 1(2). 73 – 86.
- Campo, A., Ramos, M. B., & Zapperi, P. (2009). Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el suroeste bonaerense, Argentina. En *Actas XII Encuentro de*

- Geógrafos de América Latina*, 12. Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Climatologia/16.pdf>
- Coates, D., Pert, P. L., Barron, J., Muthuri, C., Nguyen-Khoa, S., Boelee, E. & Jarvis, D. I. (2013). Water related ecosystem services and food security. E. Boelee (Ed.). *Managing Water and Agroecosystems for Food Security* (pp. 29-41). *Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Series No. 10*. Wallingford/Boston: Centro Internacional para la Agricultura y las Biociencias.
- Cook, C., & Bakker, K. (2012). Water security: Debating an emerging paradigm. *Global environmental change*, 22(1), 94-102. DOI [10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.10.011)
- Daily, G. C. (1997). *Nature's services*. Washington, DC: Island Press.
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F. & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology*, 4, 1300.1305.
- Espósito, M. E., Paoloni, J. D., Sequeira, M.E., Ferrarello, C. N. & Rodriguez, L. (2010). El acuífero termal profundo. En *Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca* (pp.223-234). Bahía Blanca: EdiUNS.
- Ferrara, I. & Álamo, M. (2009). La problemática del agua en el sudoeste bonaerense: la ciudad de Bahía Blanca. Comunicación en *III Congreso pampeano del agua*. Santa Rosa, La Pampa.
- Ferrelli, F. (2017). Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. *Geográfica Digital*, 13(26), 1-6.
- Giagante, D.; Aliotta, S. & Ginsberg, S., 2004. Análisis sismoestratigráfico de paleocanales en el subsuelo marino del estuario de Bahía Blanca. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 63(1). 65-75.
- Gil, V. (2010). *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecida*. (Tesis doctoral inédita). Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca.
- Gittleman, M., Farmer, C. J., Kremer, P., & Mc Phearson, T. (2017). Estimating stormwater runoff for community gardens in New York City. *Urban ecosystems*, 20(1), 129-139. DOI: [10.1007/s11252-016-0575-8](https://doi.org/10.1007/s11252-016-0575-8)

- Gómez-Baggethun, E. & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2012.08.019](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.08.019)
- Gómez-Baggethun, E., Martín-López, B., Barton, D., Braat, L., Saarikoski, H., Kelemen, E. & Potschin, M. (2014). State-of-the-art report on integrated valuation of ecosystem services. *EU FP7 Open NESS Project Deliverable*, 4, 1-33. Recuperado de
- Gong, L., Jin, C. L., Li, Y. X., & Zhou, Z. L. (2017, August). A novel water poverty index model for evaluation of Chinese regional water security. En *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 82(1).
- González Uriarte, M. (2010). Geomorfología aplicada a la gestión ambiental. *Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Edi UNS. 90-121.
- Guerrero, E., De Keizer, O. & Córdoba, R. (2006). *La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos*. Quito: The World Conservation Union (IUCN). 78 pp.
- Gutierrez, M. Á, & Ayala, A. R. (2000). *Hidrología urbana: Efectos de la Impermeabilización en las Cuencas Urbanas de la Ciudad de Posadas*. Posadas: Entidad Binacional Yacyretá. Recuperado de <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/tecnológicas>
- Jensen, O., & Wu, H. (2018). Urban water security indicators: development and pilot. *Environmental Science & Policy*, 83, 33-45. DOI: [10.1016/j.envsci.2018.02.003](https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.003)
- Kosmus, M., & Isabel Ullrich, S. (2012). *Integración de los servicios ecosistémicos en la planificación del desarrollo: un enfoque sistemático en pasos para profesionales basado en TEEB*. Bonn, Eschborn y Quito: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Lattera, P., Castellarini, F., & Orúe, M. E. (2011). ECOSER: Un protocolo para la evaluación biofísica de servicios ecosistémicos y la integración con su valor social. En: *Valoración de Servicios Ecosistémicos: conceptos, herramientas y*

- aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 359-389). Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Li, D., Wu, S., Liu, L., Liang, Z., & Li, S. (2017). Evaluating regional water security through a freshwater ecosystem service flow model: A case study in Beijing-Tianjian-Hebeiregion, China. *Ecological Indicators*, 81, 159-170. DOI: [10.1016/j.ecolind.2017.05.034](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.034)
- Norman, E., Dunn, G., Bakker, K., Allen, D. M., Cavalcanti De Albuquerque, R. (2013). Water security assessment: integrating governance and freshwater indicators. *Water Resource. Manage.* 27 (2), 535–551
- Paruelo, J., Alcaraz-Segura, D., & Volante, J. N. (2011). El seguimiento del nivel de provisión de los servicios ecosistémicos. En: *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp.141-162). Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Peña, H. (2016). *Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe*. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 178. Santiago: CEPAL. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40074/1/S1600566_es.pdf
- Perales Momparler, S. & Andrés-Doménech, I. (2008). Los sistemas urbanos de drenaje sostenible: una alternativa a la gestión del agua de lluvia. *Revista Técnica de Medio Ambiente*, 124, 92-104.
- Pickett, S. T., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Nilon, C. H., Pouyat, R. V., Zipperer, W. C., & Costanza, R. (2001). Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. *Annual review of ecology and systematics*, 32(1), 127-157.
- Programa de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente -PNUMA- (2005). *Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación*. Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. Recuperado de <https://millenniumassessment.org/documents/document.3.aspx.pdf>
- Rosake, P., & Ercolani, P. S. (2013). Los espacios de ocio de Bahía Blanca: preferencias de la población en relación al uso de su tiempo libre. *Realidad*,

- tendencias y desafíos en Turismo*. 12(10). 94-115. Recuperado de <http://repo.turismo.gov.ar/handle/123456789/358>
- Smith, R. D. & Maltby, E. (2003). *Using the Ecosystem Approach to Implement the Convention on Biological Diversity: key issues and case studies*. Gland y Cambridge: The World Conservation Union (IUCN). Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/efiles/documents/CEM-002.pdf>
- Urriza, G., & Garriz, E. (2014). ¿Expansión urbana o desarrollo compacto? Estado de situación en una ciudad intermedia: Bahía Blanca, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 23(2), 97-123.
- Verettoni, H. & Aramayo, E. (1976). *Comunidades vegetales de la región de Bahía Blanca*. Bahía Blanca: Harris Ed. 175 pp.
- WWAP (Programa Mundial de las Naciones Unidas de Evaluación de los Recursos Hídricos)/ONU-Agua. (2018). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. París: UNESCO.
- Zapperi, P. A. (2012). Hidrografía urbana de Bahía Blanca. (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca. Recuperado de <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/485/1/Tesis%20P.%20Zapperi.pdf>
- Zapperi, P. A. (2014). Caracterización del escurrimiento urbano en la ciudad de Bahía Blanca. *Revista Universitaria de Geografía*, 23(2), 125-150