

Valoración de los servicios ecosistémicos del paisaje urbano-periurbano (sur) de la ciudad de La Banda

Bonacina, Ernestina¹; Lorenz, Guido¹

(1) Instituto de Silvicultura y Manejo de Bosques (INSIMA), Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero.

ernebonacinam@gmail.com; lorenz.guido@gmail.com

RESUMEN

El concepto de servicios ecosistémicos (SE) se ha convertido en un tema central en la planificación del paisaje. El mapeo de la oferta de SE ha cobrado relevancia para la toma de decisiones sobre el uso de la tierra, ya que determina espacialmente cuales áreas necesitan ser mantenidas debido al alto suministro de SE. El objetivo de este trabajo fue evaluar y mapear los SE de zonas urbanas-periurbanas de la ciudad de La Banda, provincia de Santiago del Estero. La metodología se basó en la cuantificación y representación espacial de parámetros del paisaje, y la aplicación de una evaluación basada en expertos para obtener el grado de provisión de SE del paisaje. Se analizaron un total de once SE, entre servicios de regulación, provisión, culturales y de apoyo. Los resultados mostraron que el paisaje periurbano es capaz de proporcionar SE importantes a los residentes urbanos, tales como suministro de agua limpia, regulación del microclima, regulación del agua (balance), protección contra la erosión del suelo, recreación, ecoturismo, estética y biodiversidad. El mapeo de SE es una herramienta esencial para apoyar las políticas de planificación del paisaje, a fin de lograr un uso sostenible de los servicios proporcionados por la naturaleza.

ABSTRACT

The concept of ecosystem services (ES) has become a central theme in landscape planning. Mapping the supply of SE has become relevant for decision-making on land use, since it spatially determines which areas need to be maintained due to the high supply of SE. The objective of this study was to evaluate and map the SE of urban-peri-urban areas of the city of La Banda, province of Santiago del Estero. The methodology was based on the quantification and spatial representation of landscape parameters, and the application of an expert-based assessment to obtain the degree of ES provision of the landscape. A total of eleven SE were analyzed, such as regulation, provision, cultural and support services. The results showed that the peri-urban landscape can provide important ES to urban residents, such as clean water supply, microclimate regulation, water regulation (balance), soil erosion protection, recreation, ecotourism, aesthetics, and biodiversity. SE mapping is an essential tool to support landscape planning policies, in order to achieve sustainable use of the services provided by nature.

Palabras claves: Servicios Ecosistémicos – Hemerobia – Paisajes urbanos – Paisajes periurbanos

Keywords: Ecosystems Services – Hemeroby – Urban landscapes – Periurban landscapes

INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento demográfico ha creado la demanda de diversos recursos, como agua y alimentos, lo que ha conducido a la antropización del espacio natural, provocando la modificación y

reestructuración el paisaje (Morais y Carvalho, 2013). Esto afecta directamente los servicios suministrados por los ecosistemas, desde la biodiversidad hasta el clima, y tales cambios tienen consecuencias para el bienestar humano (Hasan et al., 2020).

Los servicios de los ecosistemas (SE) son los beneficios que los humanos obtienen de los ecosistemas, ya sea directa o indirectamente (Costanza et al. 1997; MA, 2005).

En este contexto, los índices ambientales son útiles para proporcionar información sobre el estado del medio ambiente. En ecología del paisaje, se desarrollan índices para cuantificar el estado y cambio del paisaje (Steinhardt et al., 1999). La cubierta vegetal es considerada uno de los más importantes indicadores de la condición del ecosistema (Nedkov et al., 2017). Esto sigue el principio de la ecología del paisaje, el cual reconoce una estrecha relación entre la estructura del paisaje y su funcionalidad (Forman y Gordon, 1986).

Una herramienta eficiente para evaluar los cambios introducidos en el ambiente por el humano es el concepto de hemerobia (Walz y Stein, 2014) definido por Sukopp (1976) como “una medida integral de los impactos en los ecosistemas, para todas las intervenciones humanas, sean intencionales o no”. Es decir, resume de manera integral la influencia antrópica y el estado del paisaje. Este concepto se ofrece como valor guías para funciones de regulación (biodiversidad, sistemas, clima), de producción (agri- y silvicultura) y de espacio de vida (bienestar, valores estéticos, culturales (Lorenz, 2016).

Para evitar una mayor pérdida de la calidad de los ecosistemas como consecuencia de las actividades humanas, el concepto de servicios ecosistémicos se ha convertido en un tema central en la planificación del paisaje, adquiriendo cada vez mayor importancia para apoyar las políticas que tienen un impacto en los recursos naturales (Burckhard y Maes, 2017).

El mapeo de la oferta de servicios ecosistémicos es una herramienta esencial para la toma de decisiones, al determinar espacialmente cuales áreas necesitan ser mantenidas por su alto suministro de SE. Conjuntamente, permite evaluar las compensaciones espaciales entre SE, la sinergia entre múltiples SE, y determinar la prioridad de áreas que permiten alinear múltiples objetivos de conservación (Martínez-Harms y Balvanera 2012).

La ciudad de La Banda es el segundo centro más poblado de la provincia de Santiago del Estero. Se prevé que la ciudad continúe creciendo en los próximos años hacia la zona sur debido a la construcción de un nuevo puente vial que

conectará los departamentos Capital y Banda, a fin de descomprimir el congestionamiento vehicular (El Liberal, 2018). Esto agudizará la demanda de servicios y recursos de la zona, generando fuertes perturbaciones en las funciones del paisaje que afecten la calidad de vida de los habitantes. Por lo tanto, es imprescindible desarrollar estrategias de planificación y gestión urbana que garanticen la permanencia de los servicios ecosistémicos.

Dada la importancia del mapeo de SE para las decisiones de manejo y uso de la tierra, el objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad de la región para proporcionar servicios ecosistémicos. A través de esta evaluación, proporcionamos una herramienta que ayude integrar conceptos de la ecología de paisaje en la planificación regional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio está ubicada en la zona urbana y periurbana sur de la ciudad de la Banda. La ciudad de la Banda se encuentra situada en su totalidad sobre el cono aluvial del río Dulce, hacia la margen izquierda del mismo río. Está incluida en el distrito fitogeográfico chaqueño occidental (Cabrera, 1976), también denominado Chaco semiárido, que se caracteriza por presentar una vegetación de tipo boscosa, con especies caducifolias y xerófilas adaptadas al déficit hídrico (Giménez y Hernández, 2008). De acuerdo con Köppen y Geiger el clima se clasifica como caliente de estepa, seco en invierno; según el de Thornthwaite como semiárido. Las precipitaciones presentan una media anual de 552 mm, y son fuertemente estacionales, concentradas en los meses de verano (Bruchmann, 1981). Por otra parte, la región pertenece al área de riego del río Dulce, y cuenta con una importante superficie apta para la actividad agropecuaria.

Los límites del área de estudio se dan por el ejido urbano, al norte, el río Dulce al oeste, la ruta 34 al este y el trazado del nuevo puente vial que conectará los departamentos Capital y Banda, al sur. Con el fin de diferenciar mejor el ambiente urbano y periurbano, el área fue dividida en las siguientes categorías: (I) la zona urbana, de trama densa, (II) la zona periurbana con dispersión urbana, y (III), la zona periurbana distal con dominancia de ambientes rurales / naturales.

Además, se analiza el contexto regional abarcando un área geográfica de 23 km x 28 km

que circunscribe los ambientes mencionados (Fig. 1).

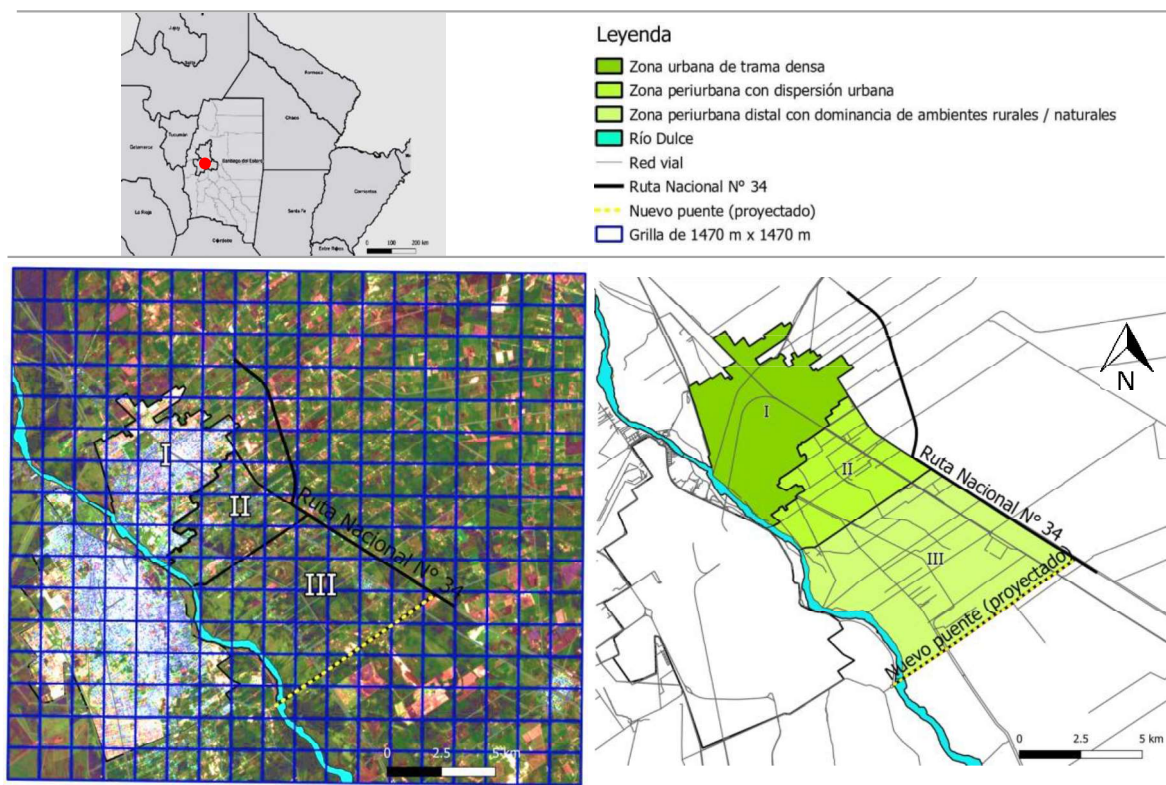


Figura 1. Área de estudio. Grilla de análisis con celdas de 1470 m x 1470 m de resolución (en azul). Subunidades del paisaje (mapa esquemático).

Metodología

A partir de la cuantificación y representación espacial de parámetros del paisaje se realizó una primera exploración de las principales unidades paisajísticas que conforman la región bajo estudio. La metodología aplicada se basó en la clasificación de coberturas/ usos de la tierra, la determinación del grado de hemerobia del paisaje, y la asociación de cada clase de coberturas/ usos de la tierra con los SE ofrecidos. El procesamiento de imágenes y análisis de los datos fue realizado utilizando el programa GRASS 7.6.1 (GRASS Development Team, 2019), y el entorno estadístico R (R Core Team, 2020). A continuación, se detallan los parámetros ambientales utilizados y la metodología aplicada para su cuantificación y mapeo:

Clases de coberturas y usos de la tierra

Para la determinación de las clases de coberturas y usos de la tierra, se utilizó un método de clasificación no supervisado sobre un conjunto de imágenes Landsat 8 (píxel de 30 m), abarcando el período 8/2018-8/2019 para captar el cambio de las coberturas por la estacionalidad. En total fueron diferenciadas 30 clases de coberturas/ usos de la tierra. Seguidamente, en base a inspección visual de imágenes satelitales de alta resolución (Google Earth) y control de campo, las clases se reagruparon en 9 clases generales, adoptando la nomenclatura de Corine Land Cover (EEA, 2018).

Grado de hemerobia

Para medir el grado de interferencia antrópica en el paisaje se utilizó el grado de hemerobia (H) que es una medida integral de los impactos en los ecosistemas, para todas las intervenciones

humanas, sean intencionales o no (Walz y Stein, 2014). El análisis se realizó en base a la interpretación visual de una imagen satelital de alta resolución (Quickbird de Google Earth) sobre la cual se sobrepuso una grilla regular con celdas de 1470 m x 1470 m, la cual divide el área de estudio en 288 unidades espaciales. Los grados de hemerobia fueron obtenidos mediante una escala de hemerobia basada en el tipo de ecosistema o uso de la tierra (Blume 1990; Stein y Walz, 2012, citados en Lorenz 2016). Esta escala se organiza en 7 clases que abarca desde ambientes sin influencia antrópica alguna (H=1), hasta una biocenosis totalmente destruida y superficies totalmente selladas (H=7). Las clases de hemerobia fueron asignadas de acuerdo con la variabilidad y proporción de estructuras, coberturas y usos de la tierra representados en cada una de las celdas observadas.

Estimación del grado de provisión de SE basada en el juicio de expertos

Los mapas de provisión de SE fueron obtenidos utilizando la matriz de relaciones propuesta por Koschke et al. (2012), que asocia clases de cobertura/uso de la tierra con diversos servicios Burkhard et al., 2009; Costanza et al., 1997; de Groot et al., 2010; MA, 2005) (tabla 1). Los once SE estuvieron sujetos a una evaluación individuales. La metodología está basada en un total de once SE propuestos en la literatura cuantitativa basada en entrevistas a expertos calificados en el tema, quienes, debido a su experiencia, son capaces de tomar decisiones y juicios informados, incluso en situaciones que carecen de información (Koschke et al., 2012). La matriz asigna un valor de 0 a los SE sin una

contribución relevante, a 100 para los SE con la máxima contribución posible.

Tabla 1. Servicios ecosistémicos, basado en la metodología de Koschke (2012) y La Rosa y Privitera (2015).

Clase de Servicios	Servicios individuales
<i>Provisión</i>	(s1) Producción de alimentos y fibras (s2) Producción de madera (s3) Provisión de aire limpio
<i>Regulación</i>	(s4) Suministro de agua limpia (s5) Regulación del clima (local) (s6) Regulación del clima (global) (s7) Regulación del agua (balance) (s8) Protección contra la erosión del suelo
<i>Culturales</i>	(s9) Recreación y ecoturismo (s10) Estética
<i>Soporte</i>	(s11) Biodiversidad

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Coberturas y usos de la tierra

El mapa de las clases de cobertura / uso de la tierra (fig. 2, tabla 2) mostró una matriz dominada por bosques (42.6%), seguidos de cultivos mixtos (20.4%) y pastizales (12.4%). Los ecosistemas urbanos cubren el 11.7% del área, mientras que los arbustos (4.3%), las áreas con poca vegetación (3.17%) y los ríos y lagos (0.73%) tienen una extensión limitada. Las formaciones boscosas, arbustivas y subarbustivas se presentan como unidades remanentes de vegetación natural o parches en diferentes estadios sucesionales sobre suelos transformados por la agricultura. Un cinturón productivo bordea la ciudad, y se sitúa principalmente en torno a la Ruta Nacional N° 34.

Tabla 2. Superficie ocupada por las clases de coberturas/ usos de la tierra, para cada nivel de análisis.

Clases de coberturas/ usos de la tierra de CORINE	Región		Unidad / Subunidad de análisis					
	ha	%	I		II		III	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
<i>Cursos/cuerpos de agua</i>	457.3	0.7	67.8	2.3	24.8	1.3	129.4	2.7
<i>Bosque</i>	26.549.0	42.7	115.7	3.9	806.9	42.0	2687.8	55.1
<i>Arbustal</i>	2.686.1	4.3	47.0	1.6	75.8	3.9	106.5	2.2
<i>Pastizal natural</i>	7.755.4	12.5	296.6	10.0	452.2	23.4	984.4	20.2
<i>Agricultura</i>	2.790.3	4.5	4.1	0.1	13.4	0.7	59.8	1.2

<i>Patrón complejo de cultivos</i>	1.2715.6	20.4	420.1	14.2	347.7	18.1	729.0	15.0
<i>Tejido urbano continuo</i>	4.663.3	7.5	1181.6	40.0	65.0	3.4	14.8	0.3
<i>Tejido urbano discontinuo</i>	2.645.3	4.3	655.2	22.1	92.9	4.8	60.0	1.2
<i>Banco de arena/suelo desnudo</i>	1.971.7	3.2	168.0	5.7	47.3	2.5	103.5	2.12
<i>Total</i>	62233.9	100	2956.2	100	1925.8	100	4875.1	100

(I) la zona urbana, de trama densa, (II) la zona periurbana con dispersión urbana, y (III), la zona periurbana distal con dominancia de ambientes rurales / naturales

El 90% de las áreas cultivadas no superan las 100 ha de superficie, y están asociadas principalmente a la producción frutihortícola, con destino al mercado interno, tanto local como regional. Por otra parte, se realizan cultivos extensivos, fundamentalmente maíz, algodón y alfalfa.

Las zonas urbanas de trama densa ocupan el 7.5% de la región evaluada. En la ciudad de La Banda, el 40% de su superficie está conformada por un tejido urbano continuo, constituido esencialmente por viviendas y edificios utilizados por servicios administrativos/ públicos. También, se incluye la red de carreteras de acceso y áreas de vegetación creadas para uso recreativo (espacios verdes, pequeñas plazas, zonas de césped, instalaciones deportivas y de ocio, etc.). Un parque industrial, denominado “La Isla”, se integra al ambiente urbano y cuenta industrias de diversas ramas productivas como la alimenticia, metalmecánica, textil, de servicios, de la construcción, entre otras. Los ambientes periurbanos se caracterizan por una baja densidad poblacional y una mezcla de diversos usos del suelo (La Rosa, 2018). La zona periurbana con dispersión urbana presenta una proporción significativa de superficies con vegetación y suelos. El espacio edificado está conformado por zonas residenciales, fincas, áreas de recreación y zonas comerciales (4.8%). El resto de la superficie se distribuye en lotes, pequeños parches de tierras agrícolas en uso o abandonadas, y unidades de bosques, arbustos y pastizales.

Predomina la cobertura boscosa abarcando el 42% de la superficie total.

La zona periurbana distal con dominancia de ambientes naturales/seminaturales, se distingue por la baja presencia de espacios edificados, los cuales se disponen en su mayoría sobre las principales rutas bajo la forma de barrios privados, viviendas permanentes o de verano. En esta subunidad de análisis se observó la mayor superficie de bosque (55.1%). Una característica relevante es la cantidad de tierras agrícolas abandonadas con un bosque en proceso de recuperación y expansión. Por otra parte, sobre la

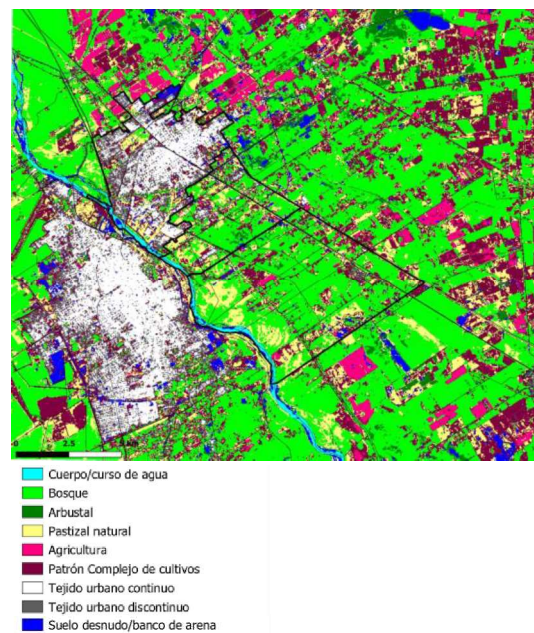


Figura 2. Patrón actual de coberturas/ usos de la tierra, periodo 2018-2019; subregión de análisis (límites en negro).

Ruta Nacional N° 34, se encuentra ubicada la localidad de Vilmer (depto. Robles), con una superficie de 30 ha y una población de 932 habitantes.

Hemerobia del paisaje

Se identificaron 6 clases de hemerobia (ver Fig. 3). El grado 1 de hemerobia no fue considerado aquí porque las regiones sin impacto humano son prácticamente inexistentes.

La zona de ribera presentó el valor más bajo (2), debido al bajo impacto humano sobre el paisaje, que aún conserva algunos de sus atributos naturales como la vegetación típica de ribera. Para los propósitos de la conservación de los ecosistemas, las áreas acentuadas por la naturaleza con un grado de hemerobia 1 a 3 son de especial interés, ya que están sujetas a intervención humana poco frecuentes (Walz y Stein, 2014).

El gradiente urbano-periurbano mostró un cambio en hemerobia que es consistente con el gradiente demográfico. Esto queda reflejado en las medianas de hemerobia (ver. tabla 3) obtenidas para cada subunidad de paisaje (urbano = 7 periurbano cercano = 6 y periurbano distal = 4).

La zona urbana de trama densa presentó el valor de hemerobia más elevado (7) al estar bajo una fuerte modificación antropogénica, que se refleja en los suelos fuertemente modificados y/o superficies totalmente selladas. La zona periurbana con dispersión urbana se visualizó como una franja que se extiende hacia el sur de la ciudad de la Banda, prolongándose a lo largo de la Ruta provincial N°1 y Ruta Nacional N° 34, con grado de hemerobia 6. Esta zona se caracteriza por presentar suelos libres de sellado y bajo condiciones cercanas a las naturales. La ocupación del espacio forma un entramado abierto conformado por casas de fin de semana, barrios privados y municipales que fueron conquistando gradualmente las áreas previamente consideradas como áreas rurales. Es posible que estos espacios reciban nuevos desarrollos que impermeabilicen el suelo y eliminen la vegetación, lo que hará que la hemerobia sea mayor.

En el resto del área periurbana, donde la densidad poblacional es menor, se observó un grado de hemeróbicos 3 en grandes unidades de bosques y arbustales con bajo impacto humano o en proceso de recuperación. Las parcelas de cultivos intensivos (5) y extensivos (4) se disponen a lo largo de las principales rutas. Muchas áreas presentan el problema de la salinización de las capas superficiales del suelo, producto de la actividad agrícola llevada a cabo en la región por décadas. Cabe mencionar que en este trabajo se utilizaron valores de hemerobia “dominantes”, es decir, se tuvo en cuenta las coberturas/ usos de la tierra más representativas de la unidad de referencia analizada (celda). Es por ello, que las estructuras pequeñas y lineales del paisaje (carreteras, líneas de árboles, canales, arroyos, etc.) presentaron una escasa influencia debido a su pequeña participación en el área total, a pesar de que puedan tener un impacto significativo en el paisaje.

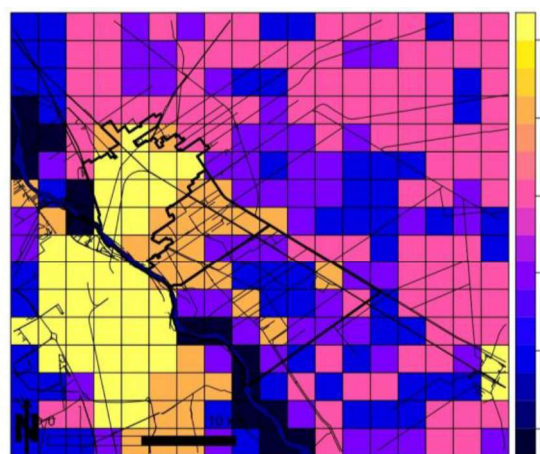


Figura 3. Mapa de hemerobia del área de estudio. Entramado vial (negro).

Valoración de los servicios ecosistémicos

Las distintas clases de SE mostraron patrones similares en la distribución espacial de la oferta de servicios, registrándose una disminución de su valor desde las zonas periurbanas hacia las zonas urbanas (Fig. 4, tabla 3).

Los mapas de SE obtenidos reflejaron una prestación significativa (> 50 %) para las clases de servicios de regulación, cultural y de soporte, en zonas periurbanas y rurales, donde el paisaje consiste en una matriz dominada por bosques y acompañada por agricultura a pequeña escala. Si bien las tierras forestales proporcionan buenos servicios de biodiversidad, de regulación y culturales (Hasan et al., 2020), mostraron un bajo grado de suministro en los servicios de provisión. Los entornos naturales que caracterizan al periurbano brindan servicios esenciales para los residentes urbanos (Huang et al., 2011). En el contexto climático local es de especial interés la capacidad de regulación térmica que proporciona el paisaje circundante. Las zonas periurbanas son capaces de prestar SE a la ciudad como la reducción del efecto de islas de calor (La Rosa, 2018), dando lugar a ambientes más refrigerados durante el verano.

La zona de entramado urbano presentó muy poca o ninguna capacidad para proporcionar SE debido al sellado del suelo. Sin embargo, la naturalidad que aún conserva, en forma de espacios verdes y recreativos, afecta positivamente a los SE de recreación, ecoturismo y estético; al igual que los servicios de regulación del clima.

El servicio de producción de alimentos y fibras presentó los valores más bajos de provisión, debido a la dominancia de coberturas boscosas en la matriz del paisaje. Por lo que respecta a los servicios de biodiversidad, protección contra la erosión del suelo, recreación, ecoturismo y valor estético, su elevado suministro destaca el gran potencial de conservación de las coberturas naturales en la zona.

Finalmente, los promedios de los SE (ver. tabla 3) mostraron una clara tendencia del aumento en la prestación de todas las clases de SE, conforme se avanza hacia las zonas del paisaje con un menor grado de alteración antrópica, como se observó en el mapa de hemerobia.

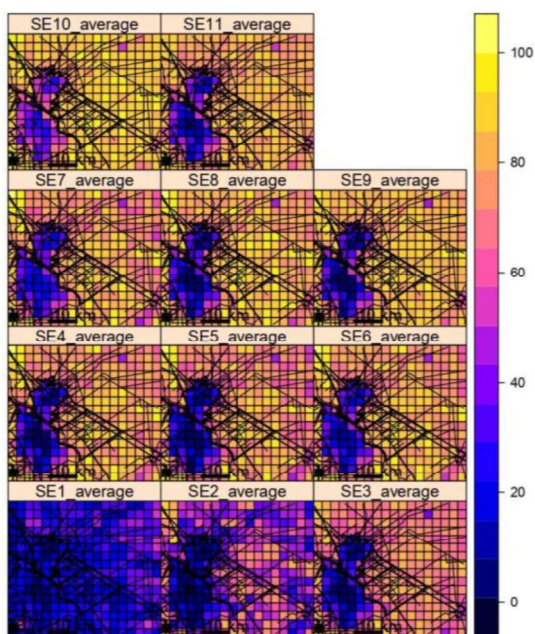


Figura 4. Grado de provisión de los servicios ecosistémicos individuales.

Tabla 3. Medidas de tendencia central para los datos de servicios ecosistémicos (promedio) y hemerobia (mediana), a nivel de subunidades de paisaje.

Servicios ecosistémicos	I	II	III
S1 alim. y fibras	15.0	22.0	20.9
S2 madera	9.8	44.0	54.3
S3 aire limpio	21.0	64.1	71.5
S4 agua limpia	24.4	72.6	81.5
S5 clima local	19.4	69.9	78.7
S6 clima global	29.1	75.8	83.9
S7 balance hídrico	30.5	74.7	82.4

S8	prot. erosión	26.4	78.8	85.3
S9	rec. y ecot.	27.6	78.6	86.0
S10	estética	47.7	84.9	89.6
S11	biodiversidad	33.4	78.5	83.2
Hemerobia		7	6	4

(I) la zona urbana (II) la zona periurbana con dispersión urbana, y (III), la zona periurbana distal

CONCLUSIÓN

Las zonas periurbanas aún conservan un nivel de naturalidad y complejidad de coberturas que las convierten en importantes prestadores de diversos SE a la ciudad. Esto brinda la oportunidad de desarrollar una planificación, basada en los principios de la ecología del paisaje, que busque dirigir el proceso de urbanización. En este sentido, el mapeo de la oferta de SE constituye una herramienta esencial para valorar las coberturas/ usos de la tierra, y para asistir en el diseño de las políticas de planificación del paisaje que logren el uso sostenible de los servicios proporcionados por la naturaleza.

REFERENCIAS

Blume, H. Anthropogene Boden. En: Handbuch des Bodenschutzes. Ed. Por H. Blume. Landsberg: Ecomed-Verlag, págs: 458-473.1990.

Bruchmann, E.T. Climatología general y agrícola de la Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán.1981.

Burkhard, B., Maes, J. (Eds). Mapping Ecosystem Services. Pensoft Publishers, Sofia, pp.377.2017.

Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Naeem, S.; Limburg, K.; Paruelo, J.; O'Neill, R.; Raskin, R.; Sutton, P. and van den Belt, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital, Nature 387: 253-260.1997.

De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemsen, L. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. Ecological Complexity 7, 260–272.2010.

EEA. Updated CLC illustrated nomenclature guidelines.2018.

Forman, R., Gordon, M. Landscape Ecology, John Wiley and Sons, Nueva York. 1986.

- GRASS Development Team. Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software, Version 7.6. Open Source Geospatial Foundation. 2019. <https://grass.osgeo.org>
- Hasan, S. S., Zhen, L., Miah, M. G., Ahamed, T., Samie, A. Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*, 100527. 2020.
- Huang, S. L., Chen, Y. H., Kuo, F. Y., Wang, S. H. Emergy-based evaluation of peri-urban ecosystem services. *Ecological Complexity*, 8(1), 38-50.2011.
- Koschke, L., Fürst, C., Frank, S., Makeschin, F. A multi-criteria approach for an integrated land-cover-based assessment of ecosystem services provision to support landscape planning. *Ecological indicators*, 21, pp.54-66. 2012.
- Martínez-Harms, M. and Balvanera, P. Methods for mapping ecosystem service supply: a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 8(1-2), pp.17-25. 2012.
- Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington, DC. 2005.
- Morais, R. P., de Carvalho, T. M. Cobertura da terra e parâmetros da paisagem no município de Caracaraí-Roraima. *Revista Geográfica Acadêmica*, 7(1), 46-59. 2013.
- Nedkov, S., Zhiyanski, M., Dimitrov, S., Borisova, B., Popov, A., Ihtimanski, I., Bratanova-Doncheva, S. Mapping and assessment of urban ecosystem condition and services using integrated index of spatial structure. *One Ecosystem*, 2, e14499. 2017.
- La Rosa, D., Geneletti, D., Spyra, M., Albert, C., Fürst, C. Sustainable Planning for Peri-urban Landscapes. In *Ecosystem Services from Forest Landscapes*. pp. 89-126. Springer, Cham. 2018.
- La Rosa, D., Privitera, R. Evaluation of ecosystem service along urban-rural transects in southern Italy. *Acta Geobotánica*, 1(2), pp.75-82.2015.
- Lorenz, G. Guía de evaluación ecológica de suelos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Serie didáctica N° 8. Santiago del Estero, Argentina. 108 pp.2016.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020.
- Stein, C., Walz, U. Hemeroby as indicator for the monitoring of land usedevelopment of methods using the example of Saxony. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 44(9), 261-266. 2012.
- Steinhardt, U., Herzog, F., Lausch, A., Müller, E., Lehmann, S. Hemeroby index for landscape monitoring and evaluation. *Environmental indices, system analysis approach*, 237-254.1999.
- Sukopp, H. Dynamik und Konstanz in der Flora der Bundesrepublik Deutschland. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 10, 9-27.1967.
- Walz, U., & Stein, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 22(3), 279–289. 2014.