

## **Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires: ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?**

### Gabriela Civeira

Ingeniera agrónoma por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y doctora en Investigación Agraria y Forestal por la Universidad de La Coruña (España). Investigadora en el Instituto de Suelos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Docente de la Facultad de Agronomía y Ciencias Agroalimentarias (Universidad de Morón).

**gciveira@agro.uba.ar**

### Florencia Rositano

Ingeniera Agrónoma y doctora en Ciencias Agropecuarias por la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires (Argentina). Investigadora Asistente de CONICET. Docente en el Área de Educación Agropecuaria (FAUBA). Investigadora en la cátedra de Extensión y Sociología Rurales (FAUBA).

**rositano@agro.uba.ar**



## Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires: ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?

### Resumen

La intervención sustentable en los ecosistemas urbanos y periurbanos de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) es posible utilizando variables como servicios de los ecosistemas (SE), nivel de población y nivel de urbanización. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de distintos usos del suelo (por ejemplo, agropecuario extensivo, agropecuario intensivo, agricultura urbana y periurbana, áreas verdes) sobre los SE y su relación con 1) la cantidad de habitantes y 2) el nivel de urbanización. Los indicadores evaluados fueron SE/cantidad de habitantes (SE/HAB) y SE/superficie urbanizada (SE/URB). Asimismo, se evaluó el cambio neto ambiental (positivo o negativo) de estas relaciones mediante matrices. SE/HAB y SE/URB presentaron diferencias entre usos del suelo tanto a nivel urbano como periurbano. La matriz de impacto ambiental demostró que la RMBA se encuentra en un nivel negativo. Ambos indicadores proporcionaron una nueva visión para la planificación del paisaje urbano y la toma de decisiones.

### Palabras clave

Cantidad de habitantes; superficie urbanizada; matrices de impacto ambiental; usos del suelo.

## Environmental assessment in urban and peri-urban areas of the Buenos Aires Metropolitan Region: what is the relationship between ecosystem services and demographic indicators?

### Abstract

Sustainable intervention in the urban and peri-urban ecosystems of the Buenos Aires Metropolitan Region (BAMR) is possible using variables such as ecosystem services (ES), population level and urbanization level. The objective of this work was to assess the effect of different land uses (e.g. extensive agriculture, intensive agriculture, urban and peri-urban agriculture, green areas) on ES and its relationship with 1) number of inhabitants and 2) urbanization level. Indicators evaluated were ES/number of inhabitants (ES/HAB) and ES/urbanized area (ES/URB). The net environmental change (positive or negative) of these relationships was also assessed using matrices. SE/HAB and SE/URB presented differences between land uses at both urban and peri-urban levels. The environmental impact matrix showed that the BAMR is at a negative level. Both indicators provided a new vision for urban landscape planning and decision making.

### Keywords

Number of inhabitants; urbanized area; environmental impact matrix; land uses.

## Avaliação ambiental em áreas urbanas e periurbanas da Região Metropolitana de Buenos Aires: qual é a relação entre serviços ecossistêmicos e indicadores demográficos?

### Resumo

A intervenção sustentável nos ecossistemas urbanos e peri-urbanos da Região Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) é possível usando variáveis como serviços ecossistêmicos (SE), nível de população e nível de urbanização. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes usos do solo (por exemplo, agricultura extensiva, agricultura intensiva, agricultura urbana e periurbana, áreas verdes) sobre os SE e sua relação com 1) a quantidade de habitantes e 2) o nível de urbanização. Os indicadores avaliados foram SE / quantidade de habitantes (SE / HAB) e SE / área urbanizada (SE / URB). Da mesma forma, a mudança ambiental líquida (positiva ou negativa) destas relações foi avaliada por meio de matrizes. SE / HAB e SE / URB apresentaram diferenças entre os usos do solo, tanto no nível urbano quanto no periurbano. A matriz de impacto ambiental mostrou que a RMBA está em um nível negativo. Ambos os indicadores forneceram uma nova visão para o planejamento da paisagem urbana e a tomada de decisões.

### Palavras chave

Quantidade de habitantes; área urbanizada; matriz de impacto ambiental; usos do solo.

## Introducción

Los ecosistemas urbanos son afectados por un proceso de ocupación edilicia paulatina de las áreas vegetadas que modifica el paisaje generando lotes vacíos, ecosistemas residuales, agricultura de subsistencia, necesidades básicas insatisfechas y ocupación ilegal de tierras. Los espacios vegetados en las ciudades, entre ellos la agricultura, los parques, los corredores verdes, las reservas urbanas, son parte de los ambientes que se pueden encontrar en las zonas con edificaciones conformando los denominados paisajes urbanos (MORELLO, 2000; ZEZZA y TASCIOTTI, 2010). Los usos del suelo vegetados en los espacios urbanos y periurbanos han sufrido cambios negativos debido a la acción de múltiples factores, como el incremento de las áreas edificadas, entre otros. Estos usos vegetados (o ecosistemas urbanos) satisfacen las demandas humanas actuando como fuente de recursos naturales o como destino de los residuos. Estos ecosistemas proveen a la población de bienes y servicios esenciales para su funcionamiento (SZUMACHER y MALINOWSKA, 2013). Los cambios que ocurran en los servicios provistos por los paisajes circundantes afectarán directamente a las poblaciones concentradas en las ciudades (OBUOBIE ET AL., 2006; ZEZZA Y TASCIOTTI, 2010; RICHARDS Y THOMPSON, 2019).

Los cambios hacia paisajes con mayor presencia de ciudades conjuntamente con la pérdida o degradación de las áreas vegetadas generan deterioro en las funciones y servicios de los ecosistemas (SE). En términos antrópicos, los SE son los beneficios que obtiene la población desde los ecosistemas (MEA, 2005). El concepto de SE logra hacer más explícita la dependencia del bienestar de una sociedad y la conservación de un apropiado funcionamiento de los ecosistemas. Los principales SE (por ejemplo, disfrute de la naturaleza, conservación de la biodiversidad, control de contaminación del aire) son alterados y se afecta, finalmente, la calidad de vida y las políticas sobre el uso del territorio (LYYTIMÄKI, PETERSEN, NORMANDER, BEZÁK, 2008).

En respuesta a un agravamiento de las problemáticas ambientales, la demanda para evaluar SE se ha visto incrementada en las últimas décadas (CUMMINGS, BUERKERT, HOFFMANN, VON CRAMON-TAUBADEL, TSCHARNTKE, 2014; RICHARDS Y THOMPSON, 2019). Debido a esto, resulta crítico identificar y monitorear los SE, tanto a nivel local como global, e incorporar su valor en la toma de decisiones. Sin embargo, los ecosistemas urbanos aún no han sido relevados ambiental y socialmente a diferentes escalas; por lo tanto, tampoco han estado sujetos a estrategias de planificación de uso de los recursos y del territorio (MORELLO, 2000).

Con el objetivo de intervenir de manera sustentable en los ecosistemas urbanos y periurbanos de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), es necesario utilizar herramientas de evaluación que permitan apoyar la toma de decisiones sobre los usos del ambiente. Para la RMBA, se han utilizado, en muy baja proporción, indicadores que evalúen en detalle los SE según el uso del suelo, nivel de población, nivel de urbanización y que, a su vez, sean de utilidad para la planificación de los ambientes urbanos y periurbanos (CIVEIRA, LADO LIÑARES, VIDAL VAZQUEZ, PAZ GONZÁLEZ, 2020). En algunos municipios urbanos de Argentina, se han evaluado, en los últimos años, algunos indicadores biofísicos, como la huella ecológica, que permite estimar el grado de apropiación de materia y energía que realizan las poblaciones humanas en el marco de la teoría de la economía ecológica y de la carga ambiental sobre el ecosistema (GAREIS Y FERRARO, 2015). Estos indicadores son variados y pueden incluir la relación entre los SE y el número de habitantes, el porcentaje de urbanización, el nivel de educación de la población, el producto bruto interno, entre otros factores o indicadores demográficos o socioeconómicos. Sin embargo, las relaciones entre los SE y estos indicadores han sido utilizadas en menor medida a nivel local e internacional para usos urbanos (DOBBS, KENDAL Y NITSCHKE, 2014; RICHARDS Y THOMPSON, 2019).

La identificación de los usos del suelo en ecosistemas urbanos y periurbanos que brindan SE así como su relación con el nivel de urbanización y la cantidad de habitantes permitiría evaluar la carga ambiental (positiva o negativa) relacionada con una determinada actividad. Este proceso determinaría el impacto del uso del suelo sobre los recursos naturales, para llevar a la práctica estrategias que permitan mejorar el ambiente, la toma de decisiones y la planificación sustentable. Sobre la base de estos antecedentes, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto de los usos del suelo vegetado presentes en la RMBA sobre los SE y su relación con 1) el nivel de urbanización y 2) la cantidad de habitantes, ambas variables consideradas como indicadores demográficos de impacto ambiental.

## Materiales y métodos

### **Sitio de estudio**

La RMBA constituye la región urbana y periurbana de mayor importancia en Argentina (INTA, 2012). Actualmente, se denomina “aglomerado metropolitano” al conjunto de municipios que, en conjunto con la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA), forman un

**Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires:** ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?

continuo urbanizado (INTA, 2012). El área geográfica de estudio abarca las jurisdicciones detalladas en la tabla 1 sobre una superficie de aproximadamente 18.000 km<sup>2</sup>. El área de estudio está conformada por municipios urbanos y periurbanos pertenecientes a la provincia de Buenos Aires, más la CABA. En este territorio viven aproximadamente 15.000.000 de personas, observándose una densidad poblacional de 736 hab/km<sup>2</sup> (INTA, 2012).

**Tabla 1**

Municipios de la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA) y su nivel de urbanización.

| Municipio             | Nivel de urbanización |        | Municipio           |
|-----------------------|-----------------------|--------|---------------------|
| Almirante Brown       | Periurbano            | Urbano | Avellaneda          |
| Berazategui           | Periurbano            | Urbano | CABA                |
| Berisso               | Periurbano            | Urbano | Esteban Echeverría  |
| Brandsen              | Periurbano            | Urbano | General San Martín  |
| Campana               | Periurbano            | Urbano | Hurlingham          |
| Cañuelas              | Periurbano            | Urbano | Ituzaingó           |
| Ensenada              | Periurbano            | Urbano | José C. Paz         |
| Escobar               | Periurbano            | Urbano | La Matanza          |
| Exaltación de la Cruz | Periurbano            | Urbano | Lanús               |
| Ezeiza                | Periurbano            | Urbano | Lomas de Zamora     |
| Florencio Varela      | Periurbano            | Urbano | Malvinas Argentinas |
| General Las Heras     | Periurbano            | Urbano | Merlo               |
| General Rodríguez     | Periurbano            | Urbano | Moreno              |
| La Plata              | Periurbano            | Urbano | Morón               |
| Lobos                 | Periurbano            | Urbano | Quilmes             |
| Luján                 | Periurbano            | Urbano | San Fernando        |
| Marcos Paz            | Periurbano            | Urbano | San Isidro          |
| Mercedes              | Periurbano            | Urbano | San Miguel          |
| Pilar                 | Periurbano            | Urbano | Tigre               |
| Presidente Perón      | Periurbano            | Urbano | Tres de Febrero     |
| San Nicolás           | Periurbano            | Urbano | Vicente López       |
| San Pedro             | Periurbano            |        |                     |
| San Vicente           | Periurbano            |        |                     |
| Zárate                | Periurbano            |        |                     |

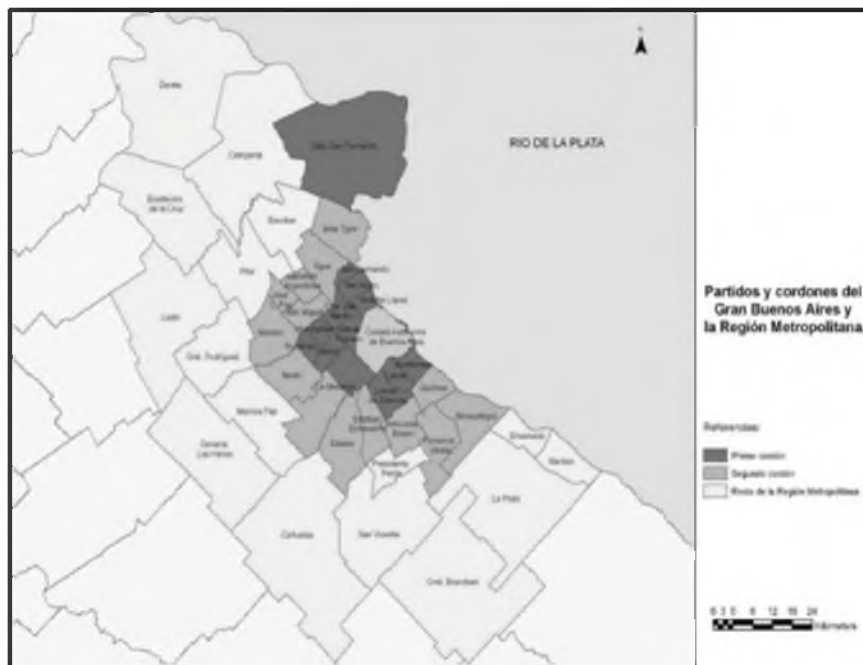
*Fuente:* INTA, 2012

Teniendo en cuenta los componentes de distribución radial y la distribución en coronas, desde el enfoque de desarrollo territorial del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2012), se identificaron diversas sub-zonas para el área bajo estudio con características diferenciales en las dimensiones ecológica, socioeconómica, política y cultural. Los usos del suelo vegetado relevados fueron: 1) agropecuario extensivo (AE), que incluye los cultivos de secano maíz, trigo, girasol y soja, así como las pasturas implantadas; 2) agropecuario intensivo (AI), que incluye la horticultura, floricultura y a animales de granja; 3) agricultura urbana y periurbana (AUP), principalmente utilizada para autoconsumo y comercialización eventual de excedentes, y 4) áreas verdes (AV), que abarca parques, plazas junto con otros espacios públicos vegetados, como las reservas urbanas.



**Figura 1.** Detalle del área de estudio, la Región Metropolitana de Buenos Aires (RMBA), con sus cordones o coronas conformadas por los municipios de la provincia de Buenos Aires, así como la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA). Estos consideran, además de criterios de carácter socioeconómico, la distancia con respecto a la CABA, dibujando periferias concéntricas.

**Fuente:** Google



### **Desarrollo de la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos**

Los datos de SE fueron obtenidos mediante una versión adaptada del método de estimación relativa (más detalles de esta adaptación en CIVEIRA, 2016 y CIVEIRA ET AL., 2020), el cual varía dentro de un rango entre 0 y 100 (BARRAL Y MACEIRA, 2011). Este modelo se basa en que el valor funcional (VF) de un ecosistema o unidad de paisaje se puede estimar a partir de la sumatoria de los SE fundamentales para ese sitio. La sumatoria de los SE está vinculada con el stock de biomasa aérea o productividad primaria neta aérea (PPNA), y contiene 1) servicios de protección del suelo (Sprotec), que incluyen la prevención de la erosión, la sedimentación de los cursos de agua y los deslizamientos de tierra; 2) servicios de purificación y provisión de agua (Sppagua), siendo que la biomasa favorece la retención e infiltración del agua de lluvia, y 3) servicios de provisión y hábitat (Shab), que favorecen la conservación de la biodiversidad. A continuación, se especifica la ecuación utilizada para el cálculo de la oferta de SE:

$$\text{Oferta SE} = (\text{Sprotec}) * 0.1667 * 1.50 + (\text{Sppagua}) * 0.1667 * 1.75 + (\text{Shab}) * 0.1667 * 2.0$$

Una vez obtenidos los resultados de SE para cada uso del suelo vegetado y municipio (a partir de la ecuación anterior), se calcularon los indicadores SE/cantidad de habitantes (SE/HAB) y SE/superficie urbanizada (SE/URB). El primer indicador se calculó considerando la cantidad de habitantes en millones para cada municipio; mientras que el segundo indicador se calculó considerando la superficie urbanizada (km<sup>2</sup>) de cada municipio.

A partir de las relaciones obtenidas para cada uso del suelo vegetado y municipio, se procedió a identificar y valorar el cambio neto ambiental (positivo o negativo) que se produce en cada municipio como consecuencia directa de la presencia o ausencia de los distintos usos del suelo. Se denomina cambio neto, positivo o negativo, al

impacto ambiental que se provoca en el ambiente como consecuencia de acciones antrópicas, que pueden producir alteraciones susceptibles de afectar la estabilidad de un ecosistema, la salud y el bienestar de las generaciones presentes o futuras, los bienes culturales, la capacidad productiva de los recursos naturales y los procesos ecológicos esenciales (IICA, 1996).

Este cambio positivo o negativo del uso del suelo se estableció mediante la realización de matrices de estado de las relaciones SE/HAB y SE/URB para cada uso del suelo (IICA, 1996). En estas matrices, se utilizaron valores de 1 y -1 como valores del estado del cambio positivo y negativo, respectivamente. El valor 1 indica que las relaciones bajo estudio son mayores a la media estimada y, por lo tanto, el cambio neto ambiental es positivo. En cambio, el valor -1 indica que las relaciones bajo estudio son menores a la media estimada para cada relación para el área de estudio. El resultado final de las matrices se refleja en la suma de cada una de las filas y columnas, en donde el número final de todas arrojará un valor positivo o negativo que indica el impacto ambiental en cada matriz.

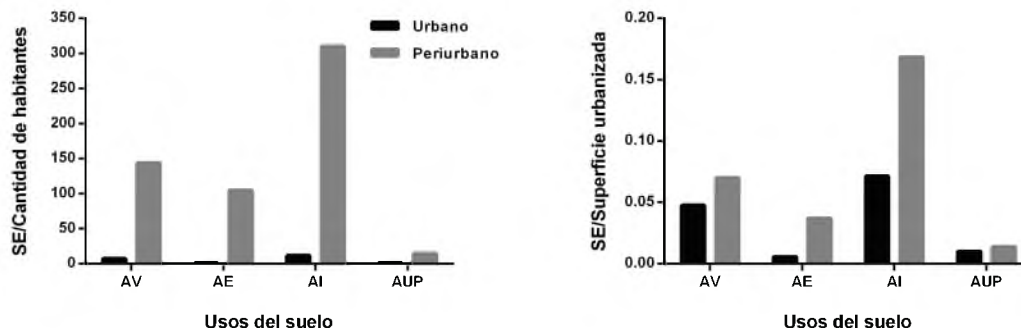
## Resultados

La relación SE/HAB presentó diferencias considerando los dos niveles de urbanización (urbano y periurbano) y los distintos usos del suelo, siendo mayor en el nivel periurbano y para los usos AI y AV y menor para AE y AUP (figura 2). La relación SE/HAB para el nivel urbano presentó valores mayores para los usos AV y AI, siendo menores para AE y AUP. Para el nivel periurbano, la SE/HAB presentó valores máximos y mínimos de una gran variabilidad para los usos AUP y AI (figura 2A). La relación SE/URB también presentó valores mayores en el periurbano para todos los usos (figura 2B). Los usos AI y AV fueron los que presentaron mayores relaciones SE/URB en ambos niveles, urbano y periurbano. Las menores relaciones SE/URB se presentaron en los usos AE y AUP en ambos niveles, urbano y periurbano. En ambos niveles, la variabilidad de la relación SE/URB fue elevada, mostrando mayor variabilidad para el nivel periurbano y menor para el nivel urbano.

La relación SE/HAB presentó una alta variabilidad en los municipios urbanos y periurbanos, siendo mayor en los municipios periurbanos (figura 3). Al analizar SE/HAB, se observaron mayores relaciones en los municipios del periurbano en relación con los urbanos. Entre los municipios urbanos, Avellaneda y San Fernando fueron aquellos que presentaron mayor relación SE/HAB (figura 3A). Los usos asociados a estas mayores relaciones fueron AI y AV, para Avellaneda y San Fernando, respectivamente. En general, los usos AI y AV fueron los que mayores SE/HAB presentaron en todos los municipios urbanos de la RMBA evaluados. Los municipios con menores relaciones SE/HAB fueron CABA, San Martín, La Matanza, Lanús y Lomas de Zamora, en ese orden. En los municipios urbanos, los usos AV y AI fueron los que mayor SE/HAB presentaron. En los municipios periurbanos de la RMBA, el uso AI fue el que mayor relación SE/HAB



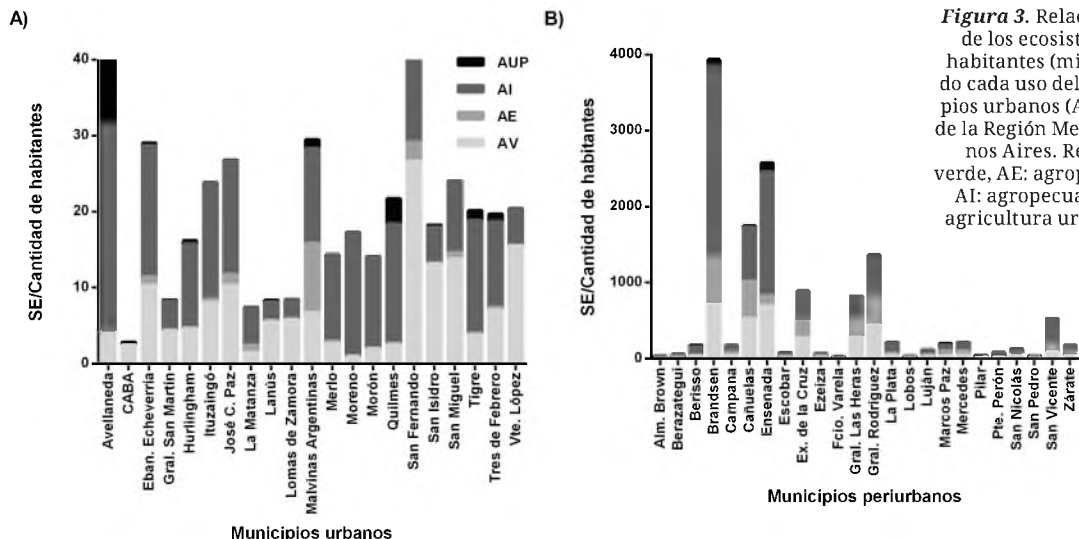
## Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires: ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?



**Figura 2.** Relación entre A) servicios de los ecosistemas y cantidad de habitantes (millones) y B) servicios de los ecosistemas y superficie urbanizada (km<sup>2</sup>) considerando cada uso del suelo (AV, AE, AI, AUP) y nivel de urbanización (urbano y periurbano). Referencias: AV: área verde, AE: agropecuario extensivo, AI: agropecuario intensivo, AUP: agricultura urbana y periurbana

presentó (figura 3B). Los municipios que presentaron mayor relación SE/HAB fueron Brandsen, Ensenada, Cañuelas, General Rodríguez, Exaltación de la Cruz y General Las Heras, en orden decreciente. En los municipios del periurbano, los usos AI, AE y AV presentaron mayor SE. Los municipios de Brandsen y Ensenada presentaron las relaciones más elevadas de SE/HAB.

Existió una gran variabilidad entre municipios en la relación SE/URB, siendo mayor en los municipios periurbanos y menor en los urbanos (figura 4). Entre los municipios urbanos, el que mayor relación SE/URB presentó fue el de Avellaneda, los usos asociados a esta mayor relación fueron AUP y AI (figura 4A). En general, los usos AI y AV fueron los que mayores SE/URB presentaron en todos los municipios urbanos de la RMBA evaluados. Los municipios con menores relaciones SE/URB fueron San Fernando, Tigre y CABA. En los municipios periurbanos de la RMBA, el uso AI fue el que mayor relación SE/URB presentó (figura 4B). Los municipios que presentaron menor relación SE/URB fueron San Pedro, Zárate y Lobos. En los municipios del periurbano, los usos AI y AE presentaron mayor SE/URB. En los municipios urbanos, las AV fueron las que mayor SE/URB presentaron. Al analizar SE/URB, se observó una relación mayor en los municipios del periurbano. Los municipios de Berisso y Ensenada presentaron las relaciones más elevadas de SE/URB.



**Figura 3.** Relación entre servicios de los ecosistemas y cantidad de habitantes (millones) considerando cada uso del suelo para municipios urbanos (A) y periurbanos (B) de la Región Metropolitana de Buenos Aires. Referencias: AV: área verde, AE: agropecuario extensivo, AI: agropecuario intensivo, AUP: agricultura urbana y periurbana.

#### Municipios urbanos

El análisis de la matriz de situación ambiental de cada municipio en relación con SE/HAB demuestra que el área urbana y periurbana de la RMBA se encuentra en un nivel negativo (es decir, cambio ambiental negativo) (tabla 2). Se puede observar que la relación SE/HAB de los usos en el nivel urbano no se encuentra representada de manera positiva (tabla 2A). Entre 14 y 15 municipios de un total de 21 no presentaron una relación mayor o igual a la media de SE/HAB para todos los usos del suelo considerados en conjunto. Asimismo, en el nivel periurbano, 18 de 24 municipios no presentaron una relación mayor o igual a la media de SE/HAB para todos los usos del suelo considerados en conjunto (tabla 2B). En los municipios urbanos, existieron 12 que no presentaron relaciones positivas de SE/HAB en ninguno de los usos evaluados. La relación SE/HAB de todos los usos fue positiva solamente 26 veces; en cambio, fue negativa 58 veces para el área urbana. Esta misma relación fue 24 veces positiva y 72 veces negativa para el área periurbana.

La relación SE/URB demuestra que el área urbana y periurbana de la RMBA se encuentra en un nivel negativo (esto es, cambio ambiental negativo), según el análisis de la matriz ambiental (tabla 3). Se puede observar que la relación SE/URB de los usos del suelo en el nivel urbano no se encuentra representada de manera positiva (tabla 3A). Entre 11 y hasta 15 municipios

## Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires: ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?

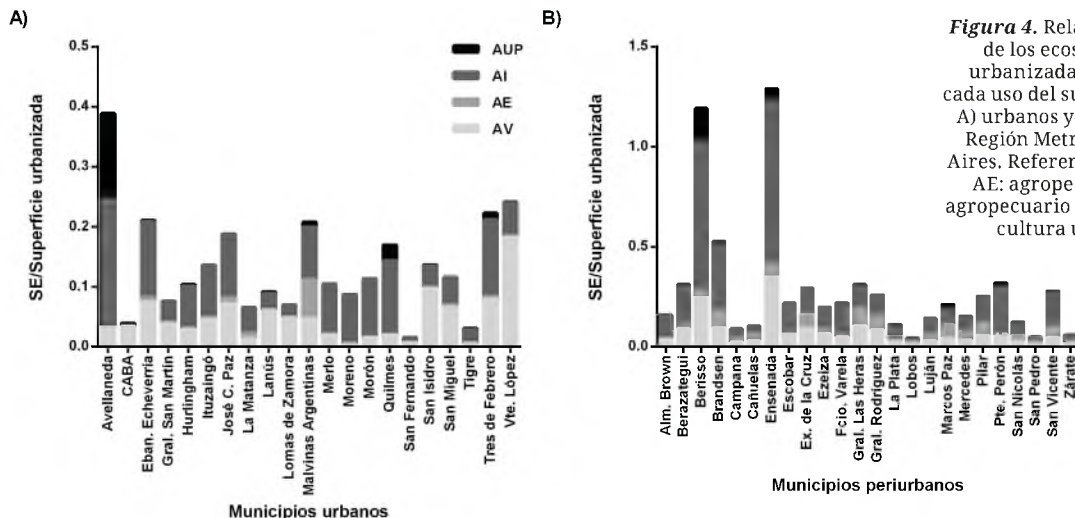


Figura 4. Relación entre servicios de los ecosistemas y superficie urbanizada (km<sup>2</sup>) considerando cada uso del suelo para municipios A) urbanos y B) periurbanos de la Región Metropolitana de Buenos Aires. Referencias: AV: área verde, AE: agropecuario extensivo, AI: agropecuario intensivo, AUP: agricultura urbana y periurbana

de los 21 que componen el nivel urbano no presentaron una relación adecuada SE/URB para todos los usos. En este sentido, en el periurbano entre 14 y hasta 19 de los 24 municipios que lo componen no presentaron una relación SE/URB cercana o superior a la media (tabla 3B). En los municipios urbanos, existieron 4 que no presentaron relaciones positivas de SE/URB en ninguno de los usos evaluados. La relación SE/URB de todos los usos fue positiva solamente 29 veces; en cambio, fue negativa 55 veces para el área urbana. Para el área periurbana esta relación fue positiva 31 veces; en cambio, 65 veces resultaron relaciones negativas.

### Discusión

La relación entre los SE y los indicadores demográficos (cantidad de habitantes y nivel de urbanización) permitió obtener información de base sobre el proceso de antropización y su impacto ambiental en los municipios de la RMBA. Si bien una cantidad considerable de la literatura se ha centrado en los SE en las ciudades, escasos estudios han abordado las interacciones entre los SE, la población y la urbanización, especialmente a escala local (ZHANG ET AL., 2018). En la región bajo estudio, se observaron elevadas heterogeneidades entre usos del suelo, cantidad de habitantes y superficie de urbanización. A partir de los

Tabla 2

Matriz que representa el cambio neto ambiental (positivo o negativo) para cada municipio A) urbano y B) periurbano, considerando la cantidad de habitantes (millones).

| <b>A</b>            |        |     |     |     |           | <b>B</b>   |                        |        |     |     |     |           |            |
|---------------------|--------|-----|-----|-----|-----------|------------|------------------------|--------|-----|-----|-----|-----------|------------|
| Municipios Urbanos  | SE/HAB |     |     |     | Positivos | Negativos  | Municipios Periurbanos | SE/HAB |     |     |     | Positivos | Negativos  |
|                     | AV     | AE  | AI  | AUP |           |            |                        | AV     | AE  | AI  | AUP |           |            |
| Avellaneda          | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Almirante Brown        | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| CABA                | 1      | 1   | 1   | -1  | 3         | -1         | Berazategui            | -1     | -1  | -1  | 1   | 1         | -3         |
| Esteban Echeverría  | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Berisso                | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| General San Martín  | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          | Brandsen               | -1     | -1  | -1  | 1   | 1         | -3         |
| Hurlingham          | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          | Campana                | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| Ituzaingó           | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Cañuelas               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| José C. Paz         | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Ensenada               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| La Matanza          | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Escobar                | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| Lanús               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Exaltación de la Cruz  | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| Lomas de Zamora     | -1     | -1  | 1   | 1   | 2         | -2         | Ezeiza                 | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Malvinas Argentinas | -1     | -1  | -1  | 1   | 1         | -3         | Florencio Varela       | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Merlo               | 1      | -1  | -1  | -1  | 1         | -3         | General Las Heras      | 1      | 1   | 1   | -1  | 3         | -1         |
| Moreno              | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | General Rodríguez      | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Morón               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | La Plata               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Quilmes             | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          | Lobos                  | 1      | 1   | 1   | -1  | 3         | -1         |
| San Fernando        | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Luján                  | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| San Isidro          | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          | Marcos Paz             | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| San Miguel          | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Mercedes               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Tigre               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Pilar                  | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Tres de Febrero     | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         | Presidente Perón       | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Vicente López       | 1      | 1   | 1   | -1  | 3         | -1         | San Nicolás            | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
|                     |        |     |     |     | 26        | -58        | San Pedro              | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
|                     |        |     |     |     |           |            | San Vicente            | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
|                     |        |     |     |     |           |            | Zárate                 | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Positivos           | 7      | 6   | 7   | 6   | 26        | <b>-32</b> | Positivos              | 6      | 6   | 6   | 6   | 24        | <b>-48</b> |
| Negativos           | -14    | -15 | -14 | -15 | -58       |            | Negativos              | -18    | -18 | -18 | -18 | -72       |            |

**Referencias:** SE: Servicios de los ecosistemas, HAB: cantidad de habitantes, AV: área verde, AE: agropecuario extensivo, AI: agropecuario intensivo, AUP: agricultura urbana y periurbana

**Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires: ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?**

Tabla 3

Matriz que representa el cambio neto ambiental (positivo o negativo) para cada municipio A) urbano y B) periurbano, considerando la superficie urbanizada (km<sup>2</sup>)

| <b>A</b>            |        |    |    |     |           | <b>B</b>   |                        |        |     |     |     |           |            |
|---------------------|--------|----|----|-----|-----------|------------|------------------------|--------|-----|-----|-----|-----------|------------|
| Municipios Urbanos  | SE/URB |    |    |     | Positivos | Negativos  | Municipios Periurbanos | SE/URB |     |     |     | Positivos | Negativos  |
|                     | AV     | AE | AI | AUP |           |            |                        | AV     | AE  | AI  | AUP |           |            |
| Avellaneda          | -1     | -1 | 1  | 1   | 2         | -2         | Almirante Brown        | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| CABA                | -1     | -1 | -1 | -1  | 0         | -4         | Berazategui            | 1      | -1  | 1   | 1   | 3         | -1         |
| Esteban Echeverría  | 1      | 1  | 1  | -1  | 3         | -1         | Berisso                | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| General San Martín  | -1     | -1 | -1 | -1  | 0         | -4         | Brandsen               | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| Hurlingham          | -1     | -1 | 1  | -1  | 1         | -3         | Campana                | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Ituzaingó           | 1      | -1 | 1  | -1  | 2         | -2         | Cañuelas               | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| José C. Paz         | 1      | 1  | 1  | -1  | 3         | -1         | Ensenada               | 1      | 1   | 1   | 1   | 4         | 0          |
| La Matanza          | -1     | 1  | -1 | -1  | 1         | -3         | Escobar                | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Lanús               | 1      | -1 | -1 | -1  | 1         | -3         | Exaltación de la Cruz  | 1      | 1   | -1  | -1  | 2         | -2         |
| Lomas de Zamora     | 1      | -1 | -1 | -1  | 1         | -3         | Ezeiza                 | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Malvinas Argentinas | 1      | 1  | 1  | 1   | 4         | 0          | Florencio Varela       | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Merlo               | -1     | -1 | 1  | -1  | 1         | -3         | General Las Heras      | 1      | 1   | -1  | -1  | 2         | -2         |
| Moreno              | -1     | -1 | 1  | -1  | 1         | -3         | General Rodríguez      | 1      | 1   | -1  | -1  | 2         | -2         |
| Morón               | -1     | -1 | 1  | -1  | 1         | -3         | La Plata               | -1     | -1  | -1  | 1   | 1         | -3         |
| Quilmes             | -1     | -1 | 1  | 1   | 2         | -2         | Lobos                  | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| San Fernando        | -1     | -1 | -1 | -1  | 0         | -4         | Luján                  | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| San Isidro          | 1      | -1 | -1 | -1  | 1         | -3         | Marcos Paz             | -1     | 1   | -1  | 1   | 2         | -2         |
| San Miguel          | 1      | -1 | -1 | -1  | 1         | -3         | Mercedes               | -1     | 1   | -1  | 1   | 2         | -2         |
| Tigre               | -1     | -1 | -1 | -1  | 0         | -4         | Pilar                  | -1     | 1   | -1  | -1  | 1         | -3         |
| Tres de Febrero     | 1      | -1 | 1  | 1   | 3         | -1         | Presidente Perón       | -1     | -1  | 1   | 1   | 2         | -2         |
| Vicente López       | 1      | -1 | -1 | -1  | 1         | -3         | San Nicolás            | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
|                     |        |    |    |     | 29        | -55        | San Pedro              | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
| Positivos           | 10     | 4  | 11 | 4   | 29        | <b>-26</b> | San Vicente            | -1     | 1   | -1  | 1   | 2         | -2         |
| Negativos           | 11     | 17 | 10 | 17  | -55       |            | Zárate                 | -1     | -1  | -1  | -1  | 0         | -4         |
|                     |        |    |    |     |           |            |                        |        |     |     |     | 31        | -65        |
|                     |        |    |    |     |           |            | Positivos              | 10     | 4   | 14  | 6   | 31        | <b>-34</b> |
|                     |        |    |    |     |           |            | Negativos              | -17    | -14 | -19 | -15 | -65       |            |

**Referencias:** SE: Servicios de los ecosistemas, URB: superficie urbanizada, AV: área verde, AE: agropecuario extensivo, AI: agropecuario intensivo, AUP: agricultura urbana y periurbana

resultados obtenidos, los mayores porcentajes habitados y urbanizados no presentaron una superficie adecuada de usos vegetados en la actualidad (tabla 2, tabla 3). Al mismo tiempo, fue posible caracterizar los usos del suelo vegetado en los municipios de la RMBA. Esta caracterización ambiental permitió analizar qué usos del suelo presentaron mejores relaciones en el entorno urbano y periurbano (figura 3, figura 4), y determinar que la mayor proporción de los municipios se encuentra en un estado ambiental negativo. Este impacto genera disminuciones en los SE provistos para la población (ARBOIT, 2017; CIVEIRA ET AL., 2020; SZUMACHER Y MALINOWSKA, 2013; ZHANG ET AL., 2018), especialmente en los municipios con mayor densidad demográfica (SE/HAB) y mayor densidad de construcciones (SE/URB) (figura 2). Por lo tanto, una clara comprensión de la relación entre los SE y los indicadores demográficos proporciona una nueva visión para la planificación del paisaje urbano y la toma de decisiones.

Las mayores relaciones SE/HAB y SE/URB presentes en los municipios de la RMBA estuvieron asociadas a los usos AI y AV, que presentaron gran heterogeneidad en el área (figura 2). Esto pudo estar relacionado con una mayor presencia de estos usos en los entornos urbanos de la región. En general, la mayoría de AV existe debido a la protección legislativa impuesta por los gobiernos de los municipios. Por ejemplo, los grandes espacios verdes, como los parques públicos, están protegidos mediante la zonificación del uso de la tierra; mientras que las zonas de planificación urbana fomentan zonas más pequeñas de vegetación urbana (HAALAND Y VAN DEN BOSCH, 2015; RICHARDS Y THOMPSON, 2019). En las áreas urbanas y periurbanas de la RMBA se pueden observar situaciones diversas de las AV, encontrándose forestaciones con gran desarrollo y espacios con formaciones más pequeñas y dispersas, especies deterioradas, áreas con vegetación herbácea frondosa y también escasa, según el desarrollo que se haya realizado en el municipio (datos propios no publicados; CIVEIRA Y ROSITANO, 2019).

En Argentina, ha sido documentado que las AV pueden generar elevados índices de vegetación que se reflejan en la cobertura y biomasa vegetal, lo que demuestra la necesidad de la gestión pública y privada para conservar estos espacios (ARBOIT, 2017). En forestaciones de AV se ha observado que las modificaciones incrementales pueden mejorar los niveles de sustentabilidad ambiental de los espacios urbanos, lo que indica que los SE que pueden proveer están asociados a la superficie construida (urbanización) y al impacto que esta genera sobre su disponibilidad (figura 4, tabla 3). Por lo tanto, si las AV no son consideradas prioritarias por los tomadores de decisión pueden presentar situaciones de degradación y disminución en su capacidad de ofrecer SE (RICHARDS Y THOMPSON, 2019; ZHANG ET AL., 2018).

## Evaluación ambiental en áreas urbanas y periurbanas de la Región Metropolitana de Buenos Aires: ¿cuál es la relación entre servicios de los ecosistemas e indicadores demográficos?

A partir de un estudio realizado en Alemania, particularmente para la región de Leipzig–Halle, se determinó que existieron diferencias en las demandas de los SE como consecuencia del incremento poblacional y los cambios de uso del suelo hacia un mayor porcentaje de urbanización, en un gradiente urbano rural en los últimos treinta años (KROLL, MÜLLER, HAASE, FOHRER, 2012). Según los autores, las relaciones entre la oferta de SE y la demanda poblacional fueron menores, en coincidencia con los resultados de nuestro trabajo (figura 2, figura 3). Esta respuesta puede estar asociada al incremento del número de habitantes y los cambios en el uso del suelo hacia usos urbanos que no permitieron el incremento de los SE de provisión y energía (KROLL ET AL., 2012). Por un lado, se observó que, a lo largo del tiempo, la habilidad del ecosistema de proveer SE en lugares donde existe un elevado crecimiento poblacional y urbano se reduce por varias causas, entre ellas, el incremento poblacional que excede a la provisión de los SE a la que pueden acceder directamente (CUMMINGS ET AL., 2014). En consecuencia, el ecosistema local no puede producir suficiente SE, particularmente en períodos de adversidad (por ejemplo, malas condiciones climáticas). Por otro lado, el crecimiento poblacional y de las urbanizaciones modifica a los SE debido a sus efectos sobre el incremento del volumen de residuos y su inadecuada disposición, y genera la degradación de los ecosistemas y una disminución en su capacidad de provisión de SE (tabla 2, tabla 3) (CUMMINGS ET AL., 2014).

A nivel regional, algunos trabajos han demostrado que los SE presentan correlaciones espaciales negativas con la urbanización, pero al centrarse en la escala local observaron que las correlaciones espaciales se pueden clasificar en cuatro tipos: SE altos y alta urbanización, SE altos y baja urbanización, SE bajos y alta urbanización y SE bajos y baja urbanización (ZHANG ET AL., 2018). Estas clasificaciones en las relaciones entre SE y urbanización pueden asociarse a las heterogeneidades observadas en nuestros resultados a nivel municipal (figura 2, figura 4). En este sentido, en la RMBA se observó que varios municipios en el periurbano presentaron relaciones SE/URB bajas, las cuales se debieron a bajos niveles de urbanización, pero también a bajos niveles de SE, y en algunos municipios del área urbana, se observaron relaciones SE/URB elevadas debido a SE altos y alta urbanización (figura 2, tabla 3).

Si bien ha sido observado que los beneficios ambientales y económicos proporcionados por los ecosistemas urbanos pueden ser sustanciales, rara vez estos SE son capturados por las personas que poseen y administran los espacios verdes urbanos (RICHARDS Y THOMPSON, 2019). La falta de beneficios por parte de estos actores podría ser la causa de que en varios municipios de la RMBA se observaran menores relaciones entre los SE y los indicadores

demográficos (figura 2, figura 3). En este sentido, se observó que cuando los actores locales tienen menos dependencia en los SE que proveen los ecosistemas locales, como ocurre en las áreas urbanizadas, su interés por la conservación de estos ecosistemas no es importante (RICHARDS Y THOMPSON, 2019). Asimismo, cuando estas conexiones entre la provisión y el consumo de SE no son tan aparentes, los actores sociales tienden a aumentar la presión sobre los ecosistemas y degradar los recursos y los SE que estos proveen. En este contexto, los datos obtenidos de los SE en relación con los indicadores demográficos resultan en una útil aplicación cuando se los incluye en una evaluación ambiental (tabla 2, tabla 3) para comprender si pueden sucederse problemas de degradación de los ecosistemas a lo largo del tiempo, como fue observado por CUMMINGS y colaboradores (2014).

### Conclusiones

La metodología para el análisis del impacto de los usos del suelo en la RMBA sobre la base de las relaciones SE/HAB y SE/URB es probable de implementar en el área, y en otras ciudades, con el fin de diagnosticar las situaciones actuales y futuras, no solo para generar un estudio del estado ambiental, sino también para lograr una adecuada planificación de los espacios urbanos y periurbanos. Este trabajo permitió comprender cómo los cambios en la vegetación y en los usos del suelo vegetado en las áreas urbanas, debido a los procesos de antropización, están generando impactos ambientales negativos a nivel municipal y regional. Estos impactos están fuertemente vinculados con el aumento de las superficies urbanizadas y la población sin un criterio de planificación de los entornos urbanos y periurbanos, y afectan la sustentabilidad socioambiental de las ciudades.

En las ciudades, el crecimiento poblacional y la urbanización constituyen procesos globales inevitables que impulsaron el cambio en el uso de la tierra, impactan en los SE e inducen a serios problemas ambientales. La exploración de la relación entre los SE y los indicadores demográficos aquí propuesta proporciona una guía práctica para la planificación del desarrollo urbano y la protección del medio ambiente.

### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por la Universidad de Morón (PICT 1618-06-GC-014). Las autoras agradecen al Dr. Barreto (director del Comité Editorial).



## Referencias bibliográficas

- ARBOIT, Mariela Edith** (2017). Estimación del índice de vegetación en entornos urbanos forestados consolidados de baja densidad del área metropolitana de Mendoza, Argentina. *Cuaderno Urbano*, 23, 33-60.
- BARRAL, María Paula; MACEIRA, Néstor** (2011). Evaluación ambiental estratégica del ordenamiento territorial. Un estudio de caso para el partido de Balcarce basado en el análisis de servicios ecosistémicos. En: P. Lathera, E. Jobbágy & J. Paruelo, (Eds.), *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: Ediciones INTA. Pp. 443-459.
- CIVEIRA, Gabriela** (2016). *Servicios ecosistémicos en ambientes urbanos: su relación con la estructura, la planificación y el diseño del paisaje*. Tesis para optar al grado de Dra. de la Universidade da Coruña, España.
- CIVEIRA, Gabriela; ROSITANO, Florencia** (2019). Evaluación de los efectos ambientales en espacios verdes forestados para la planificación sustentable de la Región Metropolitana de Buenos Aires. *IV Jornadas Forestales de Patagonia Sur y IV Congreso Agroforestal Patagónico*. 22-26 de abril. Ushuaia, Tierra del Fuego.
- CIVEIRA, Gabriela; LADO LIÑARES, Marcos; VIDAL VAZQUEZ, Eva; PAZ GONZÁLEZ, Antonio** (2020). Ecosystem Services and Economic Assessment of Land Uses in Urban and Periurban Areas. *Environmental Management*, 65, 355-368.
- CUMMINGS, Graeme; BUERKERT, Andreas; HOFFMANN, Eva Schlecht; VON CRAMON-TAUBADEL, Stephan; TSCHARNTKE, Teja** (2014). Implications of agricultural transitions and urbanization for ecosystem services. *Nature*, 515, 50-57.
- DOBBS, Cynnamon; KENDAL, Dave; NITSCHKE, Craig** (2014). Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics. *Ecological Indicators*, 43, 44-55.
- GAREIS, María Cecilia; FERRARO, Rosana Fátima** (2015). Estimación de la subhuella de ambiente construido del partido general Pueyrredón, Argentina. *Cuaderno Urbano*, 19, 57-72.
- HAALAND, Christine; VAN DEN BOSCH, Cecil Konijnendijk** (2015). Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification: A review. *Urban forestry & urban greening*, 14, 760-771.

- IICA Biblioteca Venezuela** (1996). Evaluación y seguimiento del impacto ambiental en proyectos de inversión para el desarrollo agrícola y rural: una aproximación al tema. *Miscellaneous publications series*. Pp. 270.
- INTA EEA AMBA** (2012). *Agricultura Urbana y Periurbana en el Área Metropolitana de Buenos Aires: Creación de la Estación Experimental Agropecuaria AMBA*. Ediciones INTA.
- KROLL, Franzisca; MÜLLER, Felix; HAASE, Dagmar; FOHRER, Nicola** (2012). Rural-urban gradient analysis of ecosystem services supply and demand dynamics. *Land Use Policy*, 29(3), 521-535.
- LYYTIMÄKI, Jari; PETERSEN, Lars Kjerulf; NORMANDER, Bo; BEZÁK, Peter** (2008). Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. *Environmental Sciences*, 5(3), 161-172.
- MEA** (2005) *Millenium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being*. Washington, DC.
- MORELLO, Jorge** (2000). *Funciones del sistema periurbano: el caso de Buenos Aires*. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata; Centro de Investigaciones Ambientales.
- OBUOBIE, Emmanuel; KERAITA, Bernard; DANSO, George; AMOAH, Philip; COFIE, Olufunke; RASCHID-SALLY, Liqa; DRECHSEL, Pay** (2006) *Irrigated urban vegetable production in Ghana: characteristics, benefits and risks*. IWMI-RUAF IDRC-CPWF, Accra. IWMI, Ghana. Pp. 150.
- RICHARDS, Daniel; THOMPSON, Benjamin** (2019). Urban ecosystems: a new frontier for payments for ecosystem services. *People and Nature*, 1, 249-261.
- SZUMACHER, Iwona; MALINOWSKA, Ewa** (2013). Servicios ecosistémicos urbanos según el modelo de Varsovia. *Revista del CESLA*, 16, 81-108.
- ZEZZA, Alberto; TASCIOTTI, Luca** (2010). Urban agriculture, poverty, and food security: empirical evidence from a sample of developing countries. *Food Policy*, 35, 265-273.
- ZHANG, Yan; YANFANG, Liu; ZHANG, Yang; LIU, Yi; ZHANG, Guangxia; YIYUN, Chen** (2018). On the spatial relationship between ecosystem services and urbanization: A case study in Wuhan, China. *Science of the Total Environment*, 637, 780-790.