

# **Servicio ecosistémico producción de alimentos en áreas periurbanas.**

## **Una aplicación en el cinturón verde de Mendoza, Argentina**

**Food production ecosystem service in peri-urban areas.**

**An application in the green belt of Mendoza, Argentina**

***Lucía del Barrio<sup>1</sup> y María Julieta D’Amario<sup>2</sup>***

[delbarrio.lucia@inta.gob.ar](mailto:delbarrio.lucia@inta.gob.ar); [jdamario@fca.uncu.edu.ar](mailto:jdamario@fca.uncu.edu.ar)

<sup>1</sup>INTA Estación Experimental Agropecuaria Mendoza – Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales,  
Universidad Juan A. Maza

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo

Enviado: 19 de mayo - Aceptado: 22 de julio

Del Barrio, Lucía y D’Amario, María Julieta: (2020). Servicio ecosistémico producción de alimentos en áreas periurbanas. Una aplicación en el cinturón verde de Mendoza, Argentina”. En *Proyección: estudios geográficos y de ordenamiento territorial*. Vol. XIV, (27). ISSN 1852 -0006, (pp.216 - 234). Instituto CIFOT, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

## Resumen

Las áreas agrícolas periurbanas de Mendoza están siendo reemplazadas por usos urbanos debido al crecimiento del Área Metropolitana de Mendoza (AMM), poniendo en riesgo la provisión de alimentos frescos para la provincia y el país. En este trabajo, se propone el Índice de Producción Potencial de Alimentos (IPPA) como instrumento para la zonificación y el ordenamiento territorial ambiental de zonas agrícolas de regadío. Este índice permite valorar el servicio ecosistémico (SE) producción de alimentos en el territorio rural del departamento de Guaymallén. Para su cálculo se consideraron indicadores de suelo, agua para riego y peligrosidad freática, condiciones biofísicas locales de gran relevancia en la dinámica de provisión del SE en cuestión. Los resultados mostraron que, en general, las condiciones del departamento son buenas para la producción de alimentos, siendo la zona sur la que mayor potencialidad presenta, mientras que en las zonas centro y noreste, la potencialidad es menor. El IPPA señala aquellos sectores con mejores condiciones para la producción y aquellos que presentan limitaciones. Para la gestión sostenible del territorio, puede integrarse con otros indicadores en la generación de conocimientos que orienten la toma de decisiones.

**Palabras claves:** servicios ecosistémicos, agricultura periurbana, áreas periurbanas, ordenamiento territorial, índice ambiental.

## Abstract

Mendoza's peri-urban agricultural areas are being replaced by urban uses due to the growth of the Metropolitan Area of Mendoza, putting at risk the supply of fresh food for the province and the country. In this paper, the Potential Food Production Index (IPPA in Spanish) is proposed as an instrument for the zoning and environmental territorial land-use planning of irrigated agricultural areas. This index allows for the valuation of the food production ecosystem service in the Guaymallén's rural territory. For its calculation, indicators of soil, irrigation water and phreatic danger (salinity and water table levels), local biophysical conditions of great relevance in the provision dynamic of ecosystem service in study. The results showed that, in general, the department's conditions are good for food production, southern area has the greatest potential, while in the central and northeast areas the potential is minor. The IPPA indicates those sectors with better conditions for production and those with limitations. It can be integrated along with other indicators for the generation of knowledge that guides decision-making and sustainable management of the territory.

**Keywords:** ecosystem services, peri-urban agriculture, peri-urban areas, land-use planning, environmental index.

## Introducción

Las áreas agrícolas próximas a las ciudades se están urbanizando debido al aumento de la demanda de tierras para usos residenciales e industriales, lo que motiva la expulsión de usos menos redituables (Ávila, 2009; Tavares, Monteiro, Vargas, Pato y Serra, 2014). Con la expansión de las ciudades, las coberturas vegetales se fragmentan, los paisajes se homogenizan (Cagnolo y Valladares, 2011; Fahrig, 2003; Santos y Tellería, 2006), los ciclos hidrológicos son afectados por la impermeabilización de los suelos (Mesa y Giusso, 2014), entre otras afectaciones de los sistemas naturales y agroecosistemas, que resultan en la disminución de la provisión de servicios ecosistémicos (Paruelo, 2011).

Los servicios ecosistémicos (SE) pueden definirse como los beneficios que proveen los ecosistemas a los seres humanos y contribuyen a hacer la vida posible y digna. Su conservación permite garantizar el bienestar humano, mitigar la pobreza y lograr el desarrollo económico, el enfoque de SE supone fundamental el buen funcionamiento de los ecosistemas (Latterra y Nahuelhual, 2014). La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA por sus siglas en inglés) en el año 2005 propone la clasificación de los SE en tres categorías: de regulación y soporte, culturales y de provisión. Los servicios de provisión incluyen la producción de materias primas, de agua y de combustibles, utilizados directamente por los seres humanos.

Se escogió el enfoque de SE como posibilidad de incorporar, a los instrumentos de ordenamiento territorial, el debate acerca del valor de los bienes naturales, los beneficios que aportan y la necesidad de conservarlos. Además permite traducir la complejidad intrínseca de los SE en decisiones que regulen la forma en que la sociedad usa y conserva su territorio (Verón, et al., 2011).

Existen diferentes marcos conceptuales y metodológicos para evaluar SE, la metodología del presente estudio se basó en el Modelo de Cascada (Haines-young y Potschin, 2010), que identifica funciones ecosistémicas o servicios intermedios y SE o servicios finales y describe un flujo de procesos socio-ecológicos vinculando los sistemas naturales con el bienestar humano (Latterra y Nahuelhual, 2014).

La agricultura provee diferentes SE entre los que pueden mencionarse producción de alimentos, hábitat para la biodiversidad, secuestro y almacenamiento de carbono, control biológico de plagas y enfermedades, el control de la erosión del suelo, el ciclado de nutrientes y de agua, la polinización; así como también tradiciones y manifestaciones culturales propias de la identidad de un territorio (Fruitos, et al., 2019).

Estudios previos indican la importancia de generar políticas territoriales para ordenar y controlar los procesos de urbanización (Barsky, 2014; Mussetta, Dalmaso, Pérez y Lettelier, 2019). Sin embargo, parece no existir suficiente conocimiento acerca de los servicios que la agricultura ofrece a la sociedad, que permitan valorarla de manera diferencial frente a otras actividades económicas. En este sentido, el enfoque conceptual de SE permite incorporar la dimensión ambiental en la planificación y el ordenamiento territorial (Altesor, et al., 2011).

En Argentina, la gran mayoría de los trabajos realizados bajo el enfoque de SE abordan los impactos de la expansión e intensificación de la agricultura sobre ecosistemas naturales, vinculados a la sojización y la ganadería intensiva (Mastrangelo, et al., 2015). En Mendoza, los estudios realizados aplicando el Modelo de cascada y el protocolo ECOSER, analizan el avance de frontera vitícola sobre el piedemonte en el Valle de Uco (D'Amario, 2016; Rosas, 2016; Teruya, Mastrantonio y Portela, 2017). Los antecedentes abordan en menor medida las problemáticas de avance urbano sobre ecosistemas naturales (Céliz, Pons y Giobellina, 2017; Giobellina, 2018) y no se encontraron trabajos que analicen las afectaciones que el crecimiento de las ciudades produce sobre los sistemas agrícolas.

Las áreas agrícolas de Mendoza, no escapan a la presión inmobiliaria por el cambio de uso del suelo. En los últimos 30 años, la superficie urbanizada dentro del Oasis Norte<sup>1</sup> aumentó en un 90%, perdiéndose aproximadamente 7000 hectáreas agrícolas (Olmedo, et al., 2016). Cabe destacar que en territorios desarrollados en oasis, el retroceso de la agricultura significa inevitablemente una pérdida de suelo cultivable, ya que la dotación del recurso hídrico es escasa y su distribución ha sido planificada para un sector acotado del territorio.

El traslado de la agricultura hacia zonas no irrigadas conlleva la pérdida de inversiones públicas en infraestructura de riego, así como una mayor presión sobre los acuíferos. Vinculado a este cambio en la forma de riego, de superficial a subterráneo, aumentan los costos de producción para los agricultores y no todas las escalas de producción podrían realizarlo, por lo que esta transformación tiene también implicancias sobre la dimensión social del territorio.

---

<sup>1</sup> Mendoza posee una configuración territorial basada en oasis de riego, debido su clima semiárido y a la gestión histórica del recurso hídrico. Cuenta con tres oasis: Norte, Centro y Sur, que ocupan únicamente el 4,5 % de la superficie provincial alojando el 98,5 % de su población (Abraham et al., 2014). El área metropolitana de la provincia se ubica en el Oasis Norte.

La urbanización de tierras productivas se da con mayor intensidad en las cercanías de las ciudades, por lo que la agricultura periurbana es la más afectada por este fenómeno (Giobellina, 2018). La agricultura periurbana conforma los cinturones verdes y frutihortícolas: áreas especializadas en la producción de frutas y hortalizas de consumo en fresco. Un trabajo reciente, señala que las pérdidas de tierras de cultivo en el periodo 1987 – 2018 se han producido principalmente alrededor del núcleo urbano del Gran Mendoza con un aumento de 11.000 hectáreas de suelo urbano (Rojas, et al., 2020).

Según las estadísticas del Mercado Central de Buenos Aires, el cinturón verde de Mendoza era al año 2012, el tercer productor de hortalizas en importancia nacional después de Buenos Aires y Córdoba (Fernández Lozano, 2012). Comprende las áreas cultivadas de los departamentos de Guaymallén, Luján de Cuyo y Maipú. Históricamente, el núcleo de la producción hortícola liviana<sup>2</sup> del Oasis Norte, se ha ubicado en el departamento de Guaymallén, mientras que el Oasis Centro (Valle de Uco) es la zona con mayor superficie cultivada con hortalizas pesadas.

El departamento de Guaymallén, posee características agroecológicas privilegiadas para la agricultura y presenta ventajas competitivas en relación a otras áreas productivas de la provincia. El área rural de este departamento atraviesa una expansión urbana acelerada y no planificada, lo que se traduce en una disminución de las explotaciones agropecuarias (EAPs) y una fuerte competencia por los usos del suelo (Van den Bosch, 2016). Dicha problemática, pone en riesgo la provisión de alimentos frescos para la provincia y otras ciudades del país que se abastecen del cinturón verde mendocino.

Para el desarrollo sustentable del territorio, según el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de Mendoza (Gobierno de Mendoza, 2017), es imprescindible mejorar la eficiencia en la gestión de los oasis y la preservación de las zonas agrícolas que prestan servicios ambientales. En el marco de la elaboración del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial de Guaymallén, fue celebrado el convenio de cooperación técnica entre la Municipalidad, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y el Instituto Nacional del Agua (INA) para el desarrollo del

---

<sup>2</sup> Comprenden el grupo de hortalizas pesadas las variedades de ajo, papa, zapallo, tomate para industria, zanahoria y cebolla (IDR, 2017a). Mientras que las hortalizas livianas son aquellas cuyo peso relativo es menor. Las siguientes hortalizas livianas son producidas en Mendoza: alcaucil, acelga, apio, achicoria, ajo puerro, brócoli, cilantro, coliflor, escarola, rabanito, habas, repollo, repollito de Bruselas, berenjena, remolacha, perejil, camote, pepino, rúcula, hinojo, zapallito del tronco, zapallo italiano, radicheta, tomate cherry y polo rosso, etc. (IDR, 2017b).

proyecto denominado “Aportes para el ordenamiento territorial de las áreas rurales (cinturón verde) del Municipio de Guaymallén”.

En el marco de este convenio surge el presente trabajo, cuyo objetivo es desarrollar un índice espacial para la valoración del SE producción de alimentos en el territorio agrícola de Guaymallén. Se espera que este índice constituya un aporte para la zonificación y el ordenamiento territorial de la zona de estudio.

## **Materiales y métodos**

Según Nahuelhual et al. (2015) es importante en la identificación y selección de los SE relevantes a ser evaluados, incorporar la opinión y los conocimientos de los actores locales. Para esto, se llevaron a cabo reuniones de las que participaron productores agrícolas, técnicos de la Municipalidad y de las instituciones parte del convenio. A partir de la información recabada, se priorizó la producción de alimentos como SE crítico en la zona. Esta elección se validó con la opinión de expertos y la información disponible en la literatura.

Para su cálculo, el Índice de Productividad (IP) desarrollado por Riquier, Bramao y Cornet (1970) para zonas agrícolas de secano, y propuesto en el protocolo ECOSER 1.0 como una estimación de la capacidad del territorio de brindar el soporte necesario para la producción agrícola (Laterra, Castellarini y Orúe, 2011), fue ajustado a la agricultura de regadío presente en la zona de estudio.

El índice ajustado a las condiciones biofísicas locales y a la información disponible, se denominó Índice de Producción Potencial de Alimentos (IPPA) y considera tres dimensiones fundamentales para la agricultura bajo riego en el departamento de Guaymallén: suelo, agua para riego y freática.

### *Dimensión suelo*

Los datos de campo para el análisis de los indicadores de la dimensión suelo, fueron aportados por el Laboratorio de Geomática y Agricultura de Precisión - INTA EEA Mendoza (Cara y Olmedo, 2019) en el marco del citado convenio de cooperación técnica. Se consideraron el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y aptitud de suelo para la agricultura.

La materia orgánica se incorpora como indicador fundamental por su importancia en la fertilidad y estabilidad estructural del suelo, favoreciendo la retención de agua. Además, la

concentración de materia orgánica en los suelos del área rural de Guaymallén es mayor que en el resto de Mendoza debido al origen palustre y lacustre que tienen los mismos (Prieto, Abraham y Dussel, 2008).

La capacidad de intercambio catiónico se escogió debido a que se relaciona directamente con las reservas minerales del perfil edáfico, caracterizando la fertilidad natural del suelo.

La aptitud del suelo es el conjunto de características de la tierra que determina que pueda ser aprovechada bajo una agricultura de regadío económica y permanente; para determinarla se utiliza el Sistema de Clasificación de Tierras del Bureau of Reclamation de los Estados Unidos (USBR). El criterio básico para establecer esta clasificación, es la capacidad de pago que pueden tener las tierras para introducir y mantener la técnica del riego, en base a ciertas características del perfil del suelo, del drenaje y de la topografía (Morales Poclava, Sobral, Nakama, Volante y Bianchi, 2015).

#### *Dimensión agua para riego*

La disponibilidad de agua para riego es un indicador de elaboración propia que considera dos aspectos: la fuente del agua de riego y su calidad.

En el oasis norte de Mendoza se han sistematizado 116.000 hectáreas para riego, de las cuales se irrigan actualmente unas 75.000. El 35 % de la superficie bajo riego recibe agua superficial, un 30 % agua subterránea y el 35 % restante utiliza ambas fuentes (Avellaneda, Bermejillo y Mastrantonio, 2004).

El río Mendoza aporta a través de los canales Cacique Guaymallén, Chachingo Naciente y Pescara el agua para riego superficial. La red de distribución de cada uno de los canales y su recorrido antes de irrigar el área de estudio, determinan la cantidad y la calidad del agua para la producción de alimentos (Zuluaga et al., 2019).

En cuanto a la fuente de agua subterránea, se identificaron aproximadamente 200 pozos de extracción y actualmente no existe restricción para la apertura de los mismos (Departamento General de Irrigación [DGI], s.f). La mayor parte del área de estudio se encuentra ubicada en la zona de surgencia de la cuenca hidrogeológica Mendoza Norte, lo que provoca afloramientos o vertientes y la surgencia natural en perforaciones subterráneas (Ortíz Maldonado y Gómez, 1996).

La calidad del agua superficial se evaluó a partir de su salinidad, ya que las sales solubles contenidas en el agua de riego alteran las condiciones del suelo, produciendo efectos

daños en las plantas. No se evaluó la calidad del agua subterránea ya que no existen suficientes estudios que permitan caracterizarla.

La forma más sencilla y utilizada para evaluar la peligrosidad salina del agua es la estimación de la concentración de sales mediante la determinación de la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación. Diferentes autores han establecido categorías de aptitud de uso del agua para riego, para el caso de estudio se utiliza la clasificación de Wainstein ya que está basada en las características de las aguas cuyanas (Avellaneda, et al., 2004).

Se consideró únicamente la CE debido a que según los análisis de Zuluaga et al. (2019), los valores de RAS, de elementos tóxicos y de carbonatos son adecuados para el riego, en cambio, los valores de CE observados pueden disminuir la disponibilidad de agua para los cultivos.

Como información de base para la estimación de este indicador, se utilizaron las capas vectoriales red de riego, derechos agrícolas, pozos de agua subterránea y clasificación de acuíferos, disponibles en la infraestructura de datos espaciales del Departamento General de Irrigación (DGI, s.f). También se realizaron consultas a Inspectores de Cauce de la 2<sup>da</sup> y 3<sup>era</sup> Zona de Riego<sup>3</sup>, y se tomaron datos históricos de CE (Zuluaga, et al., 2019).

### *Dimensión freática*

Para la caracterización de esta dimensión se consideró el indicador peligrosidad freática que relaciona la profundidad freática y la calidad de la misma.

La pendiente general de la zona norte de Mendoza, con orientación SO-NE, hace que el drenaje de aguas superficiales y subterráneas confluya naturalmente hacia el área de estudio, funcionando la misma como una hoya que impide el desagüe provocando el estancamiento (Abraham, 2000). Además de esta recarga natural, existen recargas artificiales del acuífero que elevan la profundidad freática, tales como pérdidas de las redes de abastecimiento de agua y excesos de agua por riego ineficiente.

Al igual que la calidad del agua superficial, para evaluar la calidad de la freática se utilizó la conductividad eléctrica y la clasificación de Wainstein. Los datos de profundidad y

---

<sup>3</sup> Las Inspecciones de Cauce son estructuras públicas no estatales que permiten la participación de los usuarios y se encargan de administrar la red de distribución secundaria de riego, con facultades de monitoreo y sanción. La representación legal de cada inspección es ejercida por los Inspectores de Cauce (Pinto, 2010).



calidad considerados correspondieron a la mediana de cuatro mediciones realizadas por el INA durante el año 2018 (Zuluaga, et al., 2019).

A partir de la selección de los indicadores para cada dimensión, se propuso la siguiente ecuación multiplicativa para la obtención del IPPA:

$$IPPA = (MO * CIC * As * Da * Pf) * 100$$

donde MO es el contenido de materia orgánica en el suelo, CIC la capacidad de intercambio catiónico del suelo, As la aptitud del suelo, Da la disponibilidad de agua para riego y Pf la peligrosidad freática.

Los valores de cada indicador fueron normalizados en una escala de 0 a 1,0, en función de su influencia sobre la potencialidad del territorio para la producción de alimentos. Los rangos críticos y la ponderación fueron fijados según las condiciones locales, a partir de consulta bibliográfica y a expertos (Tabla 1).

Para los suelos, se consideraron con mejores potencialidades aquellos con mayores contenidos de materia orgánica y cuyas limitantes fueran menores. Por lo que los suelos con contenidos de materia orgánica mayores al 3 %, cuya capacidad de intercambio catiónico sea igual o mayor a 25 meq%g y/o cuya aptitud sea clase 1 o 2 son los que más potencialidad aportan al territorio.

Los valores normalizados del indicador disponibilidad de agua para riego se establecieron considerando que valores cercanos a 1, se darán en situaciones donde la fuente de agua (o la combinación de fuentes) sea aquella que otorga mayores facilidades en su uso para riego y mayor continuidad temporal en la oferta del recurso. Esta valoración varía según los cultivos, pero se consideró la situación más exigente en agua, que corresponde a explotaciones agropecuarias con cultivos hortícolas de invierno y verano sensibles al contenido de sales. Es por este motivo, que la disponibilidad de agua surgente ha sido evaluada como la mejor situación, al igual que la disponibilidad de agua subterránea sumada al derecho superficial de alta calidad que permite complementar el riego en la temporada de corta del suministro.

Las mayores limitaciones para la producción de alimentos en el área de estudio, están asociadas a altos contenidos salinos en el agua de riego y de la freática. La condición de freática poco profunda (<0.5 m) y con clases C7 y C8, agua intensamente salina y

excesivamente salina respectivamente, constituye la mayor limitante para la producción de alimentos.

**Tabla N° 1: Normalización y ponderación de indicadores para el cálculo del IPPA.**

Indicador	Clase		Valor
Materia orgánica (MO)	<0.5 %		0.3
	0.5-1 %		0.5
	1-3 %		0.7
	3-5 %		0.95
	>5 %		1
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	<10 meq%g		0.5
	10-20 meq%g		0.7
	20-25 meq%g		0.8
	25-30 meq%g		0.9
	>30 meq%g		1
Aptitud del suelo (As)	Clase 1		1
	Clase 2		0.9
	Clase 3		0.7
	Clase 4		0.5
	Clases 5 y 6		0.4
Disponibilidad de agua para riego (Da)	Superficial C6-C7-C8 y subterránea		0.6
	Subterránea		0.7
	Superficial C5 y subterránea		0.8
	Superficial C3-C4 y subterránea		0.9
	Superficial C1-C2 y subterránea		1
Peligrosidad freática (Pf)	<0.5 m	C1-C2-C3	1
		C4-C5	0.85
		C6	0.5
		C7-C8	0.4
	0.5-1 m	C1-C2-C3	0.3
		C4-C5	0.9
		C6	0.7
		C7-C8	0.6
	1-1.5 m	C1-C2-C3	0.6
		C4-C5	0.95
		C6	0.75
		C7-C8	0.7
	>1.5 m	C1-C2-C3	0.6
		C4-C5	1
		C6	0.8
		C7-C8	0.75

Fuente: elaboración propia, 2020.

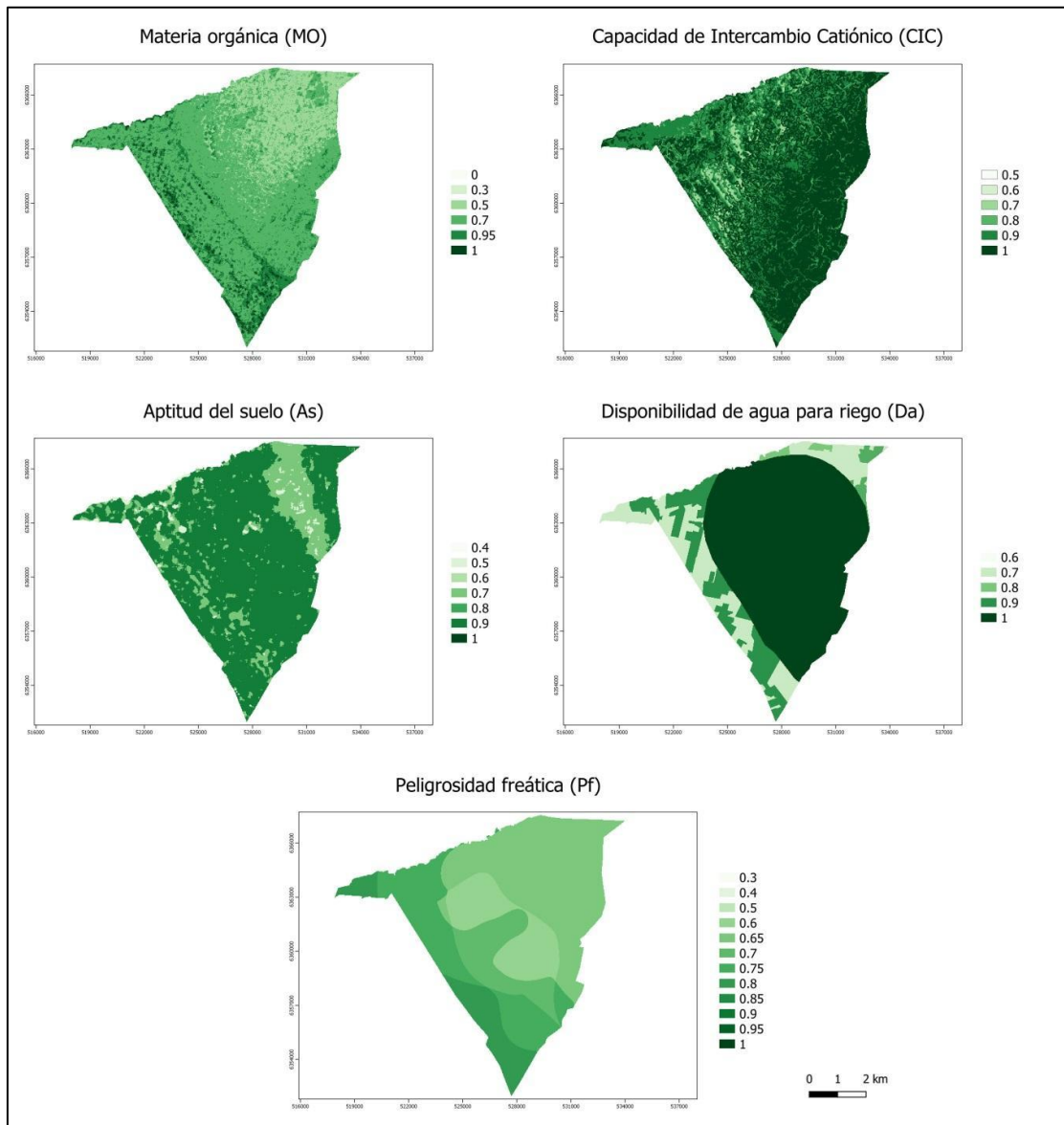
Los mapas de cada indicador se obtuvieron a partir de la extrapolación de muestras puntuales en el caso de las variables cuantitativas; y para la determinación de la variable cualitativa disponibilidad de agua para riego se generaron capas vectoriales que luego fueron rasterizadas. Las capas de formato ráster fueron reclasificadas según los valores de normalización, y finalmente se aplicó la ecuación para el cálculo del IPPA.

Para la determinación y mapeo de cada uno de los indicadores y del IPPA se utilizó el software de código libre QGIS versión 3.4, a partir del cual se obtuvieron mapas con una resolución de 30 m y el límite del área de estudio otorgado por el Municipio.

## Resultados

En la figura N°1 se presentan los mapas de los factores reclasificados de la ecuación del IPPA. Los colores más oscuros corresponden a los valores que mayor potencialidad aportan, siendo los colores más claros los que limitan la producción.

**Figura N°1: Mapas de los indicadores de la ecuación del IPPA. De izquierda a derecha: contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, aptitud del suelo, disponibilidad de agua y peligrosidad freática**



Fuente: elaboración propia, 2020.

Las condiciones del suelo para la producción agrícola son, en general, buenas para toda el área de estudio. Los mayores contenidos de materia orgánica se encuentran en el sector centro sur, la CIC aumenta de norte a sur y la mayor parte de los suelos son de clase 2, es decir que presentan alguna limitante ya sea físico-química, de topografía o drenaje, aunque en la zona este se observan suelos clasificados como 3 debido a altos valores de salinidad.

La disponibilidad de agua para riego es alta en toda el área de estudio, por lo que esta dimensión aporta positivamente a la potencialidad para la producción de alimentos. Más allá de esta generalidad, puede observarse que la calidad disminuye en el sentido de la distribución, es decir, hacia el noreste y esto se debe a la contaminación que va sufriendo el agua superficial en su recorrido, tanto por los drenajes salinos como por acumulación de residuos sólidos urbanos.

Los valores normalizados de peligrosidad freática son medios y altos, así mismo no se descarta que puedan presentarse situaciones de mayor peligrosidad por ascenso del nivel freático, sobre todo en primavera.

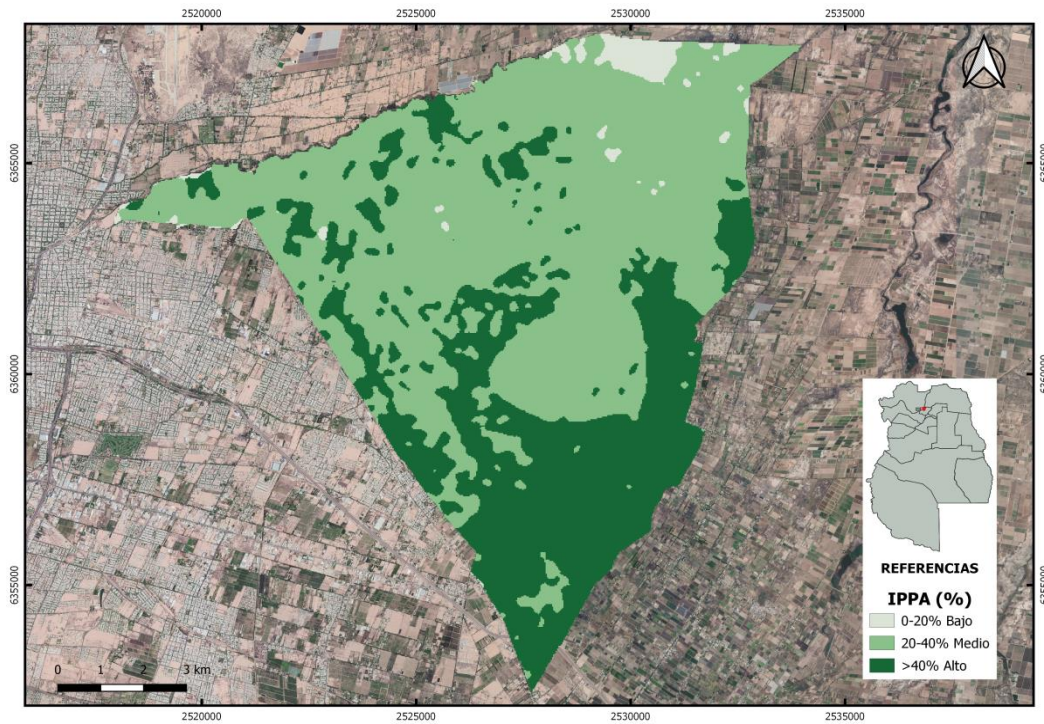
El IPPA toma valores de 31 % a 70 % en el área rural de Guaymallén (Fig. N° 2). Para una mejor visualización e interpretación de los resultados obtenidos, los valores fueron divididos en tres clases: valores menores a 20 % se consideran baja potencialidad, entre 20 y 40 % potencialidad media, y más de 40 % alta potencialidad.

En concordancia con los valores de cada dimensión, el área de estudio presenta buena potencialidad para la producción de alimentos. Al ser el IPPA un índice relativo, permite la comparación entre zonas o unidades territoriales lo que puede traducirse en información útil para la zonificación y el ordenamiento territorial.

En la zona sur existen altos valores de IPPA, reflejando condiciones biofísicas muy buenas para la agricultura. Esto es debido a los altos contenidos de materia orgánica, buena fertilidad basal de suelo, baja peligrosidad freática, y disponibilidad y calidad del agua para riego.

La zona central presenta menores contenidos de materia orgánica y mayor peligrosidad freática en comparación con el sector sur, además el valor de disponibilidad disminuye fuera del área de surgencia.

**Figura N° 2: Mapa del IPPA en el área rural de Guaymallén, Mendoza**



Fuente: elaboración propia, 2020.

Al noreste el IPPA es regular debido al bajo contenido de materia orgánica, la inferior calidad del agua superficial y la mayor peligrosidad freática en relación con otras zonas del departamento. Sin embargo, existen prácticas agronómicas y tecnologías que permitiría mejorar la productividad en esta zona.

### Discusión y conclusiones

La agricultura periurbana provee alimentos frescos y otros servicios ecosistémicos a las comunidades, por lo que es importante conservar las áreas agrícolas próximas a las ciudades. Para protegerlas es necesario conocer las zonas que están en producción y las que podrían estarlo, con el fin de regular el avance de la urbanización.

En este trabajo se obtuvo el Índice de Producción Potencial de Alimentos (IPPA) que permite indicar, a escala departamental, aquellas zonas con mejores condiciones para la producción de alimentos. La finalidad de obtener la cuantificación y el mapeo de este servicio ecosistémico es aportar fundamentos técnicos para la gestión de espacios periurbanos.

El alcance de este índice no permite indicar zonas aptas y no aptas para la agricultura; sino que aporta conocimientos acerca de la dimensión biofísica natural, base para que a

partir de pautas de manejo agronómico y tecnologías, se desarrolle cualquier emprendimiento agrícola.

El IPPA refleja los aspectos biofísicos estructurales de los agroecosistemas y no los funcionales. Por lo que es importante adicionar información acerca de las prácticas agrícolas, principalmente el diseño de los cultivos y el uso de agroquímicos, tomando en cuenta el impacto de las mismas.

Este estudio puede replicarse en otras áreas, teniendo en cuenta que sus factores sean seleccionados en función de las condiciones locales, incorporando tanto aquellas favorables como limitantes para la producción.

Considerando que el presente trabajo fue generado en el marco de la elaboración del Plan Municipal de Ordenamiento Territorial (PMOT) de Guaymallén, el cálculo y mapeo de este índice fue un insumo para la caracterización de las Unidades Territoriales de Integración (UTI), aportando información espacial sobre el potencial actual y futuro de los distritos del departamento para la producción agrícola.

La metodología propuesta queda abierta a futuras investigaciones que exploren la incorporación de otras dimensiones no consideradas en este trabajo, y que influyen en la producción de alimentos, tales como la biodiversidad y los estudios de paisaje. Para el análisis sistémico e integral del territorio, el IPPA puede integrarse con indicadores de las dimensiones económica y social en la generación de conocimientos que permitan la toma de decisiones y la gestión sostenible.

## Referencias Bibliográficas

ABRAHAM, E. M. , SORIA, D., RUBIO, M. C., RUBIO, M. C., Y VIRGILLITO, J. (2014). *Modelo Territorial Actual, Mendoza, Argentina. Subsistema Físico-biológico o Natural de la Provincia de Mendoza*. Mendoza: IADIZA Conicet Mendoza y Gobierno de Mendoza. ISSN 2250-6381

ABRAHAM, E. M. (2000). Geomorfología de la Provincia de Mendoza. En: E. M. Abraham y F. M. Martínez (Eds.), *Recursos y Problemas Ambientales de las Zonas Áridas, Primera parte vol. I: Caracterización Ambiental. Cooperación Técnica Argentino- Alemana* (págs. 15-23). Buenos Aires: Instituto de Desarrollo Regional de Granada, Instituto Argentino Investigación de las Zonas Áridas.

ALTESOR, A., BARRAL, M. P., BOOMAN, G., CARREÑO, L., CRISTECHE, E., ISACCH, J. P., . . . PÉREZ, N. (2011). Servicios ecosistémicos: un marco conceptual en construcción. Aspectos conceptuales y operativos. En P. Laterra, E. G. Jobbágy y J. M. Paruelo (Eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 645-657). Buenos Aires: Ediciones INTA.

AVELLANEDA, M., BERMEJILLO, A., Y MASTRANTONIO, L. (2004). *Aguas de riego: calidad y evaluación de su factibilidad de uso*. Mendoza: EDIUNC. ISBN 950-39-0030-1

ÁVILA, H. (2009). Periurbanización y espacios rurales en la periferia de las ciudades. *Estudios agrarios* 41, 96-97.

BARSKY, A. (2014). *Gestionando la diversidad del territorio periurbano desde la complejidad de las instituciones estatales: implementación de políticas públicas para el sostenimiento de la agricultura en los bordes de la región metropolitana de Buenos Aires (2000-2013)* (tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, España. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/record/118629>

CAGNOLO, L., Y VALLADARES, G. (2011). Fragmentación del Hábitat y Desensamble de Redes Tróficas. *Ecosistemas* 20(2), 68-78.

CARA, L., Y OLMEDO, F. (2019). *Informe final de estudio de aptitud de suelos para el departamento de Guaymallén*. Mendoza: Informe Final Proyecto "Aportes para el ordenamiento territorial de Guaymallén" (inédito).

CÉLIZ, Y., PONS, D., Y GIOBELINA, B. (2017). Mapeo de Servicios Ecosistémicos en áreas de interfase urbano-natural. La cuenca Saldán-Ceballos en Córdoba. Presentado en 1º Encuentro Nacional sobre Periurbanos e Interfases Críticas, 2º Reunión Científica de

PNNAT, 3º Reunión de la Red Periurbana. Córdoba, Argentina. Recuperado de: [https://docs.wixstatic.com/ugd/c7b21d\\_d0f4fdc1fa1d407984de9996d1cb0835.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/c7b21d_d0f4fdc1fa1d407984de9996d1cb0835.pdf)

D'AMARIO, M. J. (2016). *Evaluación del riesgo de erosión hídrica, su distribución espacial y el efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo, en la cuenca hidrográfica del Río Tunuyán Superior, Mendoza* (tesis de grado). Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Departamento General de Irrigación [DGI]. (s.f.). *IDE Irrigación - Servidor de Mapas*. Recuperado de <http://ide.irrigacion.gov.ar/>

FAHRIG, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 487-515.

FERNÁNDEZ LOZANO, J. (2012). *La producción de hortalizas en Argentina*. Buenos Aires: Secretaría de Comercio Interior de la Corporación del Mercado Central de Buenos Aires.

FRUITOS, A., PORTELA, J. A., DEL BARRIO, L., MAZZITELLI, M. E., MARCUCCI, B., GIUSTI, R., . . . DEBANDI, G. (2019). Modelos de manejo del espacio interfilar en viñedos: percepciones acerca de su valor como proveedores de servicios ecosistémicos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo* 51(1), 261-272. Recuperado de: <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCFA/article/view/2450>

GIOBELLINA, B. (2018). *La alimentación de las ciudades: transformaciones territoriales y cambio climático en el Cinturón Verde de Córdoba*. Córdoba: Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-969-4

HAINES-YOUNG, R., Y POTSCHIN, M. (2010). The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. En D. G. Raffaelli, y C. Frid, *Ecosystem Ecology: A New Synthesis* (pp. 110-139). Inglaterra: Cambridge University Press/British Ecological Society.

Instituto de Desarrollo Rural [IDR] (2017)a. Estimación de la superficie cultivada con hortalizas de verano. Temporada 2016-2017. Recuperado de: [https://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/superficie\\_cultivada\\_hortalizas\\_verano\\_2016\\_2017.pdf](https://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2019/04/superficie_cultivada_hortalizas_verano_2016_2017.pdf)

Instituto de Desarrollo Rural [IDR] (2017)b. Estimación de la superficie hortícola invernal cultivada en Mendoza. Temporada 2017. Recuperado de: <https://www.idr.org.ar/wp-content/uploads/2017/11/Estimaci%C3%B3n-Superficie-Hort%C3%ADcola-Invernal-2017-1.pdf>

LATERRA, P., CASTELLARINI, F., Y ORÚE, E. (2011). Ecoser: Un protocolo para la evaluación biofísica de servicios ecosistémicos y la integración con su valor social. En P.



Lattera, E. G. JOBBÁGY, Y J. M. PARUELO (Eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (págs. 359-390). Buenos Aires: Ediciones INTA.

LATERRA, P., Y NAHUELHUAL, L. (2014). Internalización de los servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial rural: bases conceptuales y metodológicas. En J. M. Paruelo, E. G. Jobbágy, P. Lattera, M. A. Collazo, y A. Panizza (Eds.), *Ordenamiento Territorial Rural* (págs. 86-106). Buenos Aires: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Ley N° 8999 Plan Provincial de Ordenamiento Territorial (PPOT). Boletín Oficial de la Provincia de Mendoza, Argentina, 31 de agosto de 2017.

MASTRANGELO, M., WAYLAND, F., HERRERA, L. P., VILLARINO, S. H., BARRAL, M. P., Y AUER, A. D. (2015). Ecosystem services research in contrasting socio-ecological contexts of Argentina: Critical assessment and future directions. *Ecosystem Services* 16, 63-73. doi: 10.1016/j.ecoser.2015.10.001

MESA, N. A., Y GIUSSO, C. M. (2014). La urbanización del piedemonte andino del área metropolitana de Mendoza, Argentina: Vulnerabilidad y segmentación social como ejes del conflicto. *Revista Iberoamericana de Urbanismo* 11(8), 63-67. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11336/36173>

Millennium Ecosystem Assessment [MEA]. (2005). *Ecosystem and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington: Island Press.

MORALES POCLAVA, C., SOBRAL, R., NAKAMA, V., VOLANTE, J., Y BIANCHI, A. (2015). *Evaluación de tierras mediante métodos paramétricos: ajuste del sistema índice de productividad, IP, y su aplicación mediante herramientas SIG para las provincias de Salta y Jujuy*. Salta: Ediciones INTA. ISBN 978-978-521-662-4

MUSSETTA, P., DALMASSO, C., PÉREZ, M., Y LETTELIER, D. (2019). El ordenamiento territorial frente al debilitamiento de los espacios agrícolas periurbanos. Aportes para repensar los desafíos de la política en el caso del Área Metropolitana de Mendoza. *RevIISE - Revista de Ciencias Sociales y Humanas* 14(14), 161-175. Recuperado de: <http://www.ojs.unsj.edu.ar/index.php/reiise/article/view/329>

NAHUELHUAL, L., LATERRA, P., VILLARINO, S., MATRÁNGELO, M., CARMONA, A., JARAMILLO, A., . . . CASRER. BURGOS, N. (2015). Mapping of ecosystem services: Missing links between purposes. *Ecosystem Services* (13), 162-172. doi: 10.1016/j.ecoser.2015.03.005

OLMEDO, F., NAVARRO CANAFOGLIA, V. P., Y PÉREZ, M. (Agosto de 2016). Estimación del avance urbano sobre la interfase urbano-rural del Oasis Norte de la Provincia de Mendoza. Análisis temporal y espacial. En 1ª Reunión Científica del Programa Nacional de Recursos Naturales, Gestión Ambiental y Ecorregiones. Buenos Aires, Argentina.

ORTÍZ MALDONADO, G., Y GÓMEZ, W. (1996). *Análisis de la serie 1986-1996 de registros de niveles freáticos y la vinculación con el derrame del Río Mendoza, en el área de surgencia*. Mendoza: Departamento General de Irrigación.

PARUELO, J. M. (2011). Valoración de servicios ecosistémicos y planificación del uso del territorio ¿es necesario hablar de dinero? En P. Laterra, E. G. Jobbágy, y J. M. Paruelo (Eds.). *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. (págs. 121-139). Buenos Aires: Ediciones INTA.

PINTO, M. (2010). La administración y gestión del agua en Mendoza. *Revista de Derecho Ambiental*, 259-269.

PRIETO, M., ABRAHAM, E., Y DUSSEL, P. (2008). Transformaciones de un ecosistema palustre. La gran ciénaga del Bermejo-Mendoza, siglo XVIII y XIX. *Multequina* 17, 147-164.

RIQUIER, J., BRAMAO, L., Y CORNET, S. (1970). A new system or soil appraisal in terms of actual and potential productivity. FAO Soil Resources, Development and Conservation Service.

ROJAS, F., RUBIO, C., RIZZO, M., BERNABEU, M., AKIL, N., Y MARTÍN, F. (2020). Land use and land cover in irrigated drylands: a long-term analysis of changes in the Mendoza and Tunuyán River basins, Argentina (1986–2018). *Applied Spatial Analysis and Policy*, 1-25. doi: 10.1007/s12061-020-09335-6

ROSAS, Y. M. (2016). *Evaluación biofísica de funciones ecosistémicas en la cuenca del Río Tunuyán Superior, Mendoza* (tesis de grado). Universidad Nacional de Cuyo,

SANTOS, T., Y TELLERÍA, L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat : efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas*, 3-12. doi: 10.7818/re.2014.15-2.00

TAVARES, A. O., MONTEIRO, M., VARGAS, M. A., PATO, R. L., Y SERRA, R. (2014). Land use change and forest routing in a rural context: The relevance of the community-based management and planning framework. *Applied Geography* 52(August), 153-171. doi: 10.1016/j.apgeog.2014.05.008

TERUYA, J., MASTRANTONIO, L., Y PORTELA, J. (2017). Evaluación biofísica de servicios ecosistémicos en la cuenca del Arroyo Grande, Tunuyán, Mendoza. *Ecología Austral* 27, 113-122. doi: 10.25260/EA.17.27.1.1.305

VAN DEN BOSCH, M. E. (2016). *Dinámica intercensal de los sistemas de producción agropecuarios de la provincia de Mendoza*. Mendoza: Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-757-7

VERÓN, S., JOBBÁGY, E., GASPARRI, I., KANDUS, P., EASDALE, M., BILENCA, D., . . . THOMPSON, J. (2011). Complejidad de los servicios ecosistémicos y estrategias para abordarla. En P. Littera, E. G. Jobbágy, y J. M. Paruelo (Eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 659-670). Buenos Aires: Ediciones INTA.

ZULUAGA, J. M., CÓN SOLI, D., MIRÁBILE, C., HAYE, A. S., SALVI, N., DROVANDI, A., . . . SALCEDO, A. (2019). *Informe final de la caracterización del recurso hídrico del cinturón verde*. Mendoza: Informe Final Proyecto "Aportes para el ordenamiento territorial de Guaymallén" (inédito).