

EXPANSIÓN AGRÍCOLA Y POTENCIALES IMPLICANCIAS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS PAISAJES DEL PARTIDO DE NECOCHEA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Expansão agrícola e implicações potenciais nos serviços ecossistêmicos nas paisagens da comarca de Necochea, Buenos Aires, Argentina

Agricultural expansion and potential implications on ecosystem services in the landscapes of Necochea county, Buenos Aires, Argentina

Patricia Vazquez

Centro de Estudios Sociales de América Latina, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires
patriciavazquez@conicet.gov.ar

Laura Zulaica

Instituto del Hábitat y del Ambiente, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Mar del Plata
laurazulaica@conicet.gov.ar

Nahuel David Sequeira

Centro de Estudios Sociales de América Latina, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires
nahulsequeira@conicet.gov.ar

Daiana Yael Daga

Centro de Estudios Sociales de América Latina, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires
daianadaga@conicet.gov.ar

Resumen

A nivel global, la necesidad de producir alimentos para una población en crecimiento, demandó la búsqueda de tierras aptas para tal fin. De esta forma, la producción agrícola generó el desplazamiento de otros usos del suelo, lo cual ocasionó numerosos problemas ambientales. Entre ellos, se destaca el impacto sobre los servicios que proveen los ecosistemas, cuyas implicancias no se observan con la misma intensidad en todos los paisajes. La Región Pampeana Austral (RPA), dentro de la denominada Región Pampeana Argentina, no ha resultado ajena a lo sucedido. En este sentido, el trabajo tiene como objetivo analizar los cambios en el uso del suelo en el partido de Necochea, un área representativa de la RPA, para el período comprendido entre los años 2002 y 2017, a partir de sensores remotos. Además, se propone identificar las potenciales implicancias de estas transformaciones sobre los paisajes y su incidencia en los servicios ecosistémicos (SE). Los resultados demuestran el avance de la superficie agrícola, con un incremento del 37,82%, y el decrecimiento de la superficie ganadera en un 53,75%. Esta situación se manifiesta con mayor intensidad en los paisajes de Llanura ondulada y Llanura periserrana. Asimismo, se observa que los servicios de provisión y regulación serían los más afectados, y es en los paisajes mencionados donde se evidenciarían las mayores implicancias. Por último, se considera necesario incorporar el

análisis de SE culturales y así lograr un aporte más completo con el fin de plantear lineamientos de gestión ambiental.

Palabras clave: Agriculturización, Sensores remotos, Sistemas de información geográfica, Efectos ambientales, Planificación y conservación ambiental.

Resumo

Globalmente, a necessidade de produzir alimentos para uma população crescente, exigiu a busca de terras adequadas para esse fim. Assim, a produção agrícola gerou o deslocamento de outros usos da terra, o que causou muitos problemas ambientais. Entre eles, destaca-se o impacto sobre os serviços prestados pelos ecossistemas, cujas implicações não são vistas com a mesma intensidade em todas as paisagens. A “*Región Pampeana Austral (RPA)*” [Região Pampeana Austral], dentro da chamada “*Región Pampeana Argentina (RPArg)*” [Região Pampeana da Argentina], não foi alheia ao que aconteceu. Neste sentido, o trabalho visa analisar as alterações no uso da terra da comarca de Necochea, uma área representativa da RPA, para o período entre 2002 e 2017, a partir de sensores remotos. Propõe-se também identificar as possíveis implicações ambientais dessas transformações nas paisagens e seu impacto sobre os serviços ecossistêmicos (SE). Os resultados demonstram o avanço da área agrícola, com um aumento de 37,82%, e a diminuição da área de pecuária em um 53,75%. Esta situação se manifesta com maior intensidade nas paisagens da Planície ondulada e Planície periserrana. Além disso, observa-se que os serviços de provisão e regulação seriam os mais afetados, e é nas paisagens citadas onde as maiores implicações seriam evidenciadas. Por fim, considera-se necessário incorporar a análise dos SE culturais e, assim, obter uma contribuição mais completa a fim de estabelecer diretrizes para a gestão ambiental

Palavras chave: Agriculturização, Sensores remotos, Sistemas de informação geográfica, Efeitos ambientais, Planejamento e conservação ambiental.

Abstract

At a global level, the need to produce food for a growing population, demanded the search of suitable lands for that purpose. In this way, agricultural production generated the displacement of other land uses, which caused numerous environmental problems. Among them,

the impact on the services provided by ecosystems is highlighted and its implications are not observed with the same intensity in all landscapes. The “*Región Pampeana Austral (RPA)*” [Southern Pampean Area], in the denominated “*Región Pampeana Argentina*” [Argentine Pampean Area], was not external to what happened. Thus, the work aims to analyze the land use changes in the county of Necochea, a representative área of the RPA, for the 2002-2017 period, through remote sensing. Besides, it is proposed to identify potential implications of these transformations on landscapes and its incidence on ecosystem services (ES). The results shown an increment of the agricultural área in 37,82% and a decline of livestock in a 53,75%. This situation is expressed with more emphasis in the landscapes of “*Llanura ondulada*” [Wavy plains] and “*Llanura periserrana*” [Mountains surrounding plains]. Likewise, it is observed that the provisioning and regulating services would be the most affected, and it is in the mentioned landscapes where the gratest implications would be evident. Finally, it is vital to incorporate the analysis of cultural ES and thus achieve a more complete contribution in order to set environmental management guidelines.

Key words: agriculturalization, remote sensing, geographic information systems, environmental effects, planification and environmental conservation.

INTRODUCCIÓN

Las transformaciones de los sistemas naturales derivadas del accionar antrópico y la excesiva explotación de los recursos presentes en la naturaleza, generaron que actualmente numerosos ecosistemas se encuentren amenazados (RUIZ *et al.*, 2013). Globalmente, los cambios de uso del suelo¹ son considerados como una de las mayores amenazas hacia la biodiversidad, debido a que no sólo involucran la pérdida de cobertura vegetal, sino también la disrupción de los ecosistemas naturales en fragmentos diversos (ARRIAGA CABRERA, 2009).

Asimismo, la búsqueda de nuevas tierras para la producción de alimentos ha promovido una gran transformación de los usos del suelo en los ecosistemas terrestres. Estas transformaciones son uno de los mayores motores del denominado “cambio global”, que pueden apreciarse a diferentes niveles de estudio, ya que generan efectos importantes a nivel local, con consecuencias a escala regional y global (PARUELO *et al.*, 2006; VOLANTE *et al.*, 2015).

Para satisfacer la demanda mundial en el mercado de alimentos, fibras y forrajes, se han promovido la intensificación de los sistemas productivos y la expansión de la frontera agrícola, convirtiendo a la obtención de alimentos en el principal factor de presión sobre el suelo (FERRERAS *et al.*, 2015).

Este proceso denominado agriculturización, es definido como un continuo y creciente aumento en la producción agrícola, a costa del desplazamiento de otros usos. Se encuentra asociado con cambios tecnológicos, expansión de la frontera agropecuaria, intensificación ganadera; y, relacionado con la sustentabilidad, a un estilo de agricultura orientada al desarrollo de monocultivos (soja o la combinación trigo-soja) (PARUELO *et al.*, 2006).

Vinculado con lo anterior, la disponibilidad de imágenes satelitales (IS) y de información cartográfica sobre las superficies del suelo, permite realizar investigaciones más profundas sobre este tema. En tal marco, la teledetección constituye una fuente de información útil para caracterizar grandes territorios, gracias a su capacidad de proveer datos cualitativos y espacialmente continuos de la superficie, con el fin de evaluar extensas áreas con determinada regularidad y extensión temporal y espacial (PARUELO *et al.*, 2006; VOLANTE *et al.*, 2015).

De esta manera, se vuelve posible analizar cambios en los usos del suelo en distintas regiones del planeta, los cuales han generado una importante cantidad de impactos negativos. Entre los

¹ Actividades que la sociedad realiza en un territorio para modificar o conservar su estado (VOLANTE *et al.*, 2015).

más importantes, diversos autores (ALTIERI y NICHOLLS, 2000; DE LA FUENTE y SUÁREZ, 2008; POWER, 2010; IERMANÓ y SARANDÓN, 2016) destacan la degradación del suelo y del agua, salinización, alcalinización, pérdida de fertilidad y biodiversidad, sobreexplotación de las especies nativas, gran utilización de insumos externos (como fertilizantes, plaguicidas o alimentos concentrados) y la pérdida, modificación y fragmentación del hábitat, entre otros.

La Argentina no resultó ajena a esta transformación, y la expansión agrícola de las últimas dos décadas provocó un radical cambio en los usos del suelo de las áreas de producción agropecuaria extensiva, presentando características particulares según la zona apreciada (JACOBO *et al.*, 2016).

Concretamente a nivel de la Región Pampeana Argentina (RPArg), una de las zonas de producción agrícola más importantes del mundo, se reemplazó la superficie sembrada con pasturas por cultivos de cosecha, y se expulsó la actividad ganadera desde las zonas con mayor aptitud agrícola. Esta situación es claramente evidenciada en la subregión denominada Región Pampeana Austral (RPA) (VAZQUEZ *et al.*, 2012a, b; SEQUEIRA *et al.*, 2016; VAZQUEZ *et al.*, 2016; VAZQUEZ *et al.*, 2017a).

Como consecuencia, disminuyó la superficie destinada a esta actividad en el país y se generó un incremento en la presión de pastoreo sobre la vegetación natural de áreas que presentaban limitantes para el desarrollo de cultivos (JACOBO *et al.*, 2016). Además, el mencionado proceso determinó la retracción de los sistemas mixtos familiares, favoreciendo a los sistemas agrícolas empresariales de elevado uso de insumos (VIGLIZZO *et al.*, 2011). Asimismo, otro de los impactos negativos de mayor preocupación es la pérdida de servicios ecosistémicos (SE), cuyos efectos recaen principalmente sobre el bienestar humano (VOLANTE *et al.*, 2015; AUER y MACEIRA, 2017).

Según Daily (1997) los SE son las condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman sostienen y nutren a la vida humana, poniendo el énfasis tanto en las condiciones biofísicas cambiantes dentro del ecosistema, como en los procesos. En líneas similares, Quijas *et al.* (2010), sustentan que estos servicios son los componentes de los ecosistemas consumidos directamente, que se disfrutan; o que contribuyen, a través de interacciones entre ellos, a forjar condiciones adecuadas para el bienestar humano.

La importancia de los SE para el bienestar humano y la necesidad de detener la pérdida alarmante de la biodiversidad que los sostienen, han convocado grandes esfuerzos internacionales para su difusión como, por ejemplo, la Evaluación de los Ecosistemas del

Milenio (MEA) o la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES).

Según la MEA, los servicios que brindan los ecosistemas pueden ser clasificados en cuatro categorías: 1) servicios de aprovisionamiento, aquellos bienes o recursos naturales como el agua o los alimentos; 2) servicios de regulación, que corresponden a procesos ecosistémicos que regulan las condiciones en las que los humanos habitan, tales como la regulación del clima o de la erosión; 3) servicios culturales, aquellos en que la contribución de los ecosistemas es sobre experiencias que benefician directa o indirectamente a las sociedades, como el sentido de pertenencia o la recreación y, por último, 4) servicios de soporte, que incluyen procesos ecológicos básicos que permiten que se provean los anteriores (MEA, 2003).

En este contexto, los impactos ambientales ocasionados por los cambios de uso del suelo sobre los SE no se observan con la misma intensidad en todas las áreas, sino que dependen de características propias de los paisajes que las componen (BUREL y BAUDRY, 2002).

En función de lo expuesto, el presente trabajo propone analizar los cambios en el uso del suelo en el partido de Necochea, un área representativa de la RPA, para el período comprendido entre los años 2002 y 2017, a partir de sensores remotos, e identificar las potenciales implicancias de estas transformaciones sobre los paisajes y su incidencia en los SE. Previo a ello, es necesario definir las unidades de paisaje presentes en el Partido y analizar el avance de la agricultura en cada una de ellas.

Área de estudio

Según Viglizzo *et al.* (2002), considerando la calidad de sus suelos y las precipitaciones, la RPArg se encuentra dividida en cinco subregiones más o menos homogéneas: pampa ondulada; pampa central (presentando una porción más húmeda hacia el este y otra semiárida hacia el oeste); pampa austral; pampa deprimida o inundable; y pampa mesopotámica.

En la RPA, la cual integra 21 distritos, se encuentra el partido de Necochea, en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). La RPA se caracteriza por ser una pradera llana con suave declive al mar y suelos fértiles, y es atravesada por un cordón serrano, el sistema de Tandilia, que aloja una extensa variedad de especies y brinda un paisaje de valor ambiental y turístico. Además, la mayor parte de los suelos son aptos para el desarrollo de cultivos anuales, aunque en zonas marginales, hacia el oeste, solo permiten la producción ganadera (VIGLIZZO *et al.*, 2002).

La superficie total del Partido es de 4.455 km² y su cabecera es la ciudad homónima de Necochea, que se halla sobre la costa atlántica y, junto con la ciudad de Quequén, conforman

un solo aglomerado urbano separado por el Río Quequén, que alberga al 93% de la población (TESTA, 2017). Según datos del INDEC (2010), la población total del Partido es de 92.933 habitantes, observándose un incremento del 4,3% respecto al registro obtenido para el año 2001.

Se trata de un Partido esencialmente agrícola, caracterizado por ser uno de los principales núcleos trigueros del país. Posee un puerto emplazado en la ciudad de Quequén que canaliza la mayor parte de la producción agroalimentaria de la zona. Según Costa *et al.* (2004), entre los años 1987-2001 la evolución de las exportaciones muestra una clara especialización en cereales.

Entre las ventajas de este puerto se destaca la proximidad al Océano Atlántico, donde logra profundidades de 46 pies (a solo 1500 m de la boca de entrada al puerto) y un calado de 40 pies en el canal de acceso. Debido a estas particularidades, se ha convertido en el tercer puerto de aguas profundas de la Argentina, después de puerto Madryn (en la Patagonia, con 48 pies) y Bahía Blanca (en el sur de la provincia de Buenos Aires, con 45 pies) (COSTA *et al.*, 2004). En relación a las características climáticas, Merlotto y Píccolo (2009) plantean que el área de estudio exhibe una temperatura media anual que oscila entre los 13,4 y 15,1°C, y los mayores registros de precipitación se suceden en verano y a comienzos del otoño, con valores que rondan los 300 mm. La estación más seca es el invierno, con valores entre 120 a 170 mm.

Consecuentemente, puede afirmarse que el clima no representa un factor condicionante de las actividades agroproductivas. Por ello, es posible explicar el reemplazo extensivo de la vegetación natural de pseudoestepa de gramíneas con dominancia de los géneros *Stipa*, *Piptochaetium*, *Aristida*, *Melica*, *Briza*, *Bromus*, *Eragrostis* y *Poa* (CABRERA, 1976), por agroecosistemas. Sin embargo, la capacidad de uso de las tierras, las restricciones para el desarrollo de actividades agroproductivas y los niveles de intervención de los ecosistemas prístinos se ven determinados en gran parte por las características geomorfológicas, edáficas e hidrológicas presentes en la zona.

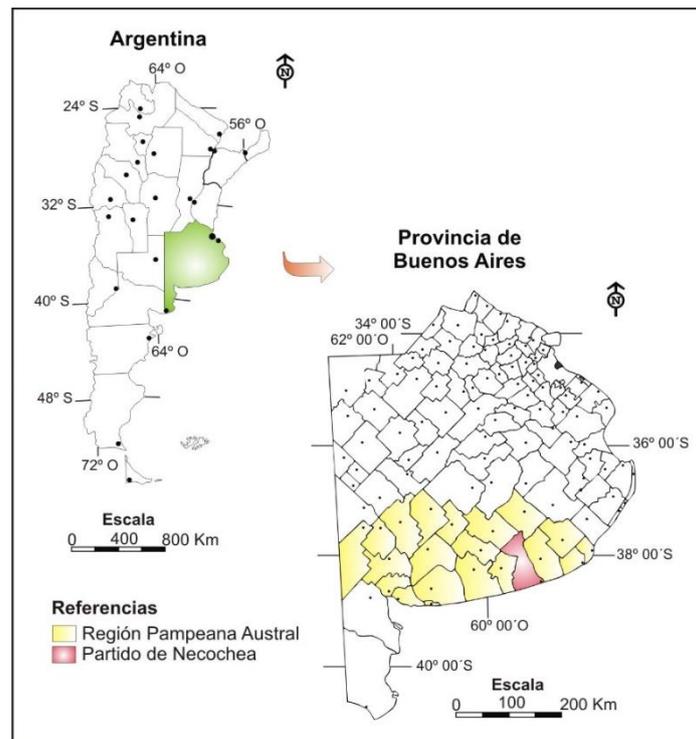


Figura 1. Localización del área de estudio
Fuente: Elaboración personal

MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder llevar a cabo el primer objetivo respecto al análisis sobre las transformaciones en los usos del suelo en el partido de Necochea, en el período 2003-2017, se utilizaron 4 IS, dos correspondientes al primer año (24/08 y 03/11) y dos al segundo (11/03 y 12/03). Para el año 2003, las imágenes proceden de la misión Landsat 5, sensor TM, con Path and Row 224/87 y 225/87 y se obtuvieron del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) perteneciente al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil². En cuanto a las de 2017, proceden de la misión Landsat 8, sensor OLI, con Path and Row 224/87 y 225/87, y fueron obtenidas del portal EarthExplorer³.

La selección de las fechas de adquisición de las imágenes se debió principalmente a que es a partir del año 2002 cuando es posible verificar con mayor claridad el proceso de agriculturización sucedido en la RPArg, incluido el Partido analizado en el presente trabajo. Este proceso fue impulsado por la siembra directa (SD), que permite realizar doble cultivo anual (cereal/oleaginosa) y conlleva a la introducción de paquetes tecnológicos en la región (VAZQUEZ, 2004).

Por otra parte, se seleccionó el año 2017 para poder obtener información más actualizada. La utilización de dos misiones distintas se debe a que, en el año 2011, el Landsat 5 quedó fuera

² (www.inpe.br).

³ (www.earthexplorer.usgs.gov).

de servicio. Además, la calidad de las imágenes de la misión Landsat 8 permite una correcta evaluación de las modificaciones sucedidas en cuanto a la transformación de los usos del suelo.

Inicialmente, las IS Landsat 5 y 8 se georreferenciaron utilizando como imagen base el recorte de un mosaico de imágenes (2135) del sensor ETM+, obtenido de la Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface⁴. El modo de operación de georreferenciación consistió en una técnica basada en la obtención de 20 puntos de control para cada imagen, lo cual se realizó eligiendo puntos mediante una interpolación matricial realizada por el Software ENVI 5.1. Por lo tanto, las IS fueron llevadas a la proyección UTM-Datum WGS-84-Zona 21 Sur.

A continuación, se realizó una calibración para convertir los Niveles Digitales en niveles de satélite a reflectividad TOA (Tope de la Atmósfera) (SCHROEDER *et al.*, 2006). Seguidamente, las cuatro imágenes fueron convertidas a valores de radiancia (CHANDER *et al.*, 2007) y la reflectancia TOA fue transformada a reflectancia en superficie, asumiendo una superficie uniforme Lambertiana y bajo condiciones libres de nubes (SOUDANI *et al.*, 2006). A partir de estas correcciones se realizaron dos mosaicos para cada fecha seleccionada, y se utilizó un vector correspondiente al partido de Necochea, para delimitar el área de estudio.

Posteriormente, se efectuaron clasificaciones supervisadas del Partido, a través de la información obtenida de las IS, mapas e informes técnicos, referencias profesionales y locales y en las salidas a campo, en donde se adquirieron puntos de GPS (Global Positioning System). Empleando lo anterior como base, se definieron y delimitaron sobre la imagen las áreas de entrenamiento asignando distintas clases de usos del suelo. Para este estudio, se consideraron áreas agrícolas cultivadas y cultivables (agrupadas como agrícolas), áreas de pastizales y pasturas (agrupadas como ganaderas), áreas urbanas, cuerpos de agua superficiales y zona de médanos y playa.

En tal sentido, las características espectrales de estas áreas son empleadas para “entrenar” un algoritmo de clasificación, el cual permite calcular los parámetros estadísticos de cada banda para cada sitio piloto, y luego evaluar cada nivel digital de la imagen, compararlo y asignarlo a una respectiva clase (POSADA *et al.*, 2012). En este trabajo, se aplicó el algoritmo denominado “Clasificador de Máxima Probabilidad”. Finalmente, a partir de los datos estadísticos obtenidos, se evaluaron las superficies correspondientes a cada clase de uso presente.

⁴ www.landcover.org

Prosiguiendo con los objetivos del trabajo, se calcularon las tasas de cambio anual entre 2003 y 2017 en relación a cada clase de uso. Para ello se utilizó la siguiente fórmula, propuesta por FAO (1996; 2005), para cualquier tipo de cobertura:

$$\delta = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^{1/n} - 1$$

Donde: δ : tasa de cambio anual de cada clase de uso de suelo; S_1 : superficie en la fecha 1 (año 2002); S_2 : superficie en la fecha 2 (año 2017); n : número de años entre las dos fechas.

Por otra parte, para definir de manera preliminar las unidades de paisaje en el área de estudio, se adoptó el concepto de paisaje de Burel y Baudry (2002), cuya aplicación permite delimitar, identificar y caracterizar unidades que presentan cierta homogeneidad interna en la escala de análisis adoptada (1:500.000). Los paisajes del partido de Necochea se definieron tomando como base cartográfica las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (actualmente Instituto Geográfico Nacional) y los límites de las unidades de suelos publicadas por SAGyP-INTA (1989) en escala 1:500.000. Se realizó una integración de diversos atributos bióticos y abióticos: geomorfológicos, edáficos, condiciones de drenaje y vegetación. Cada uno de ellos fue representado espacialmente en distintas capas de información utilizando gvSIG (versión 1.11) y se superpusieron mediante el módulo de geoprocésamiento de dicho software.

La caracterización de las unidades y límites fue revisada y ajustada en función de las series de suelos predominantes en cada una. Para esto, se recurrió a las cartas de suelos escala 1:50.000 del INTA (1970), disponibles en la página de geoINTA⁵.

Por último, con el motivo de identificar las posibles consecuencias de las transformaciones acaecidas en relación al uso del suelo sobre los SE, se recurrió a distintos trabajos antecedentes realizados sobre la temática en cuestión. Es necesario resaltar que para la presente investigación se hizo énfasis en los servicios de regulación, soporte y provisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Transformaciones en los usos del suelo

Una vez analizadas las clasificaciones supervisadas (Figura 4), es posible reconocer las transformaciones para el partido de Necochea en el período 2002-2017. En la Tabla 1 se presentan las superficies ocupadas por cada una de las clases de usos del suelo y las tasas de cambio anual.

⁵ <http://visor.geointa.inta.gob.ar>

Para el año 2002 las áreas dedicadas a agricultura alcanzaban un 58,14% de la superficie total del Partido, en cuanto que las destinadas a la ganadería representaban un 37,95%. En el año 2017 la situación se modificó. El principal cambio se refiere a un avance de la agricultura, pasando a ocupar un 80,14% de la superficie, en detrimento del área ganadera, la cual pasó a representar un 17,55%.

Lo expresado anteriormente demuestra que, en un período de 15 años, el área destinada a la agricultura sufrió un incremento del 37,82%, en contraposición a la consignada a la actividad ganadera, que evidencia un decrecimiento del 53,75%. El mencionado aumento de las áreas agrícolas se originó a expensas de áreas cultivadas con pasturas, sobre todo, de aquellas ocupadas por pastizales que representaban la mayor parte de las tierras ganaderas en 2002. Esta situación ha sido facilitada por la difusión de la SD, los precios internacionales de ciertos productos, el cambio de escala de la empresa agrícola y la disponibilidad de capital financiero (PARUELO *et al.*, 2005).

El aumento de la superficie agrícola se refleja en la tasa de cambio anual para este uso. Las áreas dedicadas a esta actividad demuestran una tasa de 0,021 en el período analizado; mientras que, para la ganadería, el valor obtenido es igual a -0,050, mostrando un decrecimiento de la actividad.

Considerando lo planteado por Vazquez *et al.* (2017b), el partido de Necochea se caracterizó por ser la zona triguera por excelencia dentro de la RPArg. Los datos indican que este cultivo ocupaba un 46% de la superficie sembrada en 2002. No obstante, a partir de ese momento comenzaron a evidenciarse una serie de transformaciones. Para la campaña 2001/02, se observa un claro predominio del cultivo de trigo, seguido por el girasol, y menores superficies dedicadas al maíz, soja y cebada cervecera. Sin embargo, para 2016/17 es evidente la predominancia del cultivo de soja y cebada, y una menor superficie dedicada a los restantes cultivos (Figura 2).

Las principales modificaciones se dan en relación al aumento de las superficies sembradas con soja y cebada, que se incrementaron en un 4204 y 2049%, respectivamente; y a los decrecimientos de las superficies dedicadas al trigo (-76%) y al girasol (-64%). Los importantes cambios evidenciados para la soja y la cebada se encuentran relacionados. Según Andrade y Satorre (2015), las restricciones aplicadas a la comercialización de trigo originaron un retroceso en la superficie consignada al doble cultivo trigo/soja. Por ello, con la finalidad de mantener este planteo productivo y seguir obteniendo mayores rendimientos, muchos productores propietarios de la RPArg adoptaron masivamente el cultivo de cebada como sustituto del trigo.

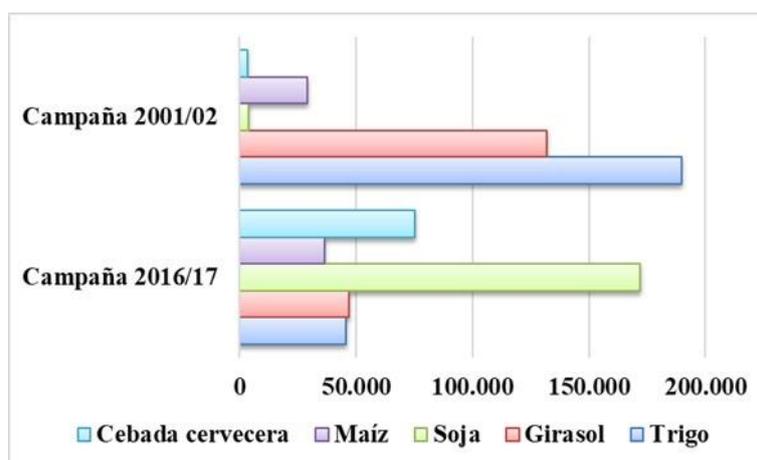


Figura 2. Principales cultivos en el área de estudio
Fuente: Elaboración personal

Al evaluar lo sucedido con los usos urbanos, se observa que para el año 2002 ocupaban un 0,85% del total del Partido, mientras que en el 2017 llegaron al 1,05%. De esta manera, queda establecido un incremento del 23,46%. Esta situación puede ser explicada por el crecimiento de la población de la ciudad. Según los datos censales, entre 2001 y 2010 el número de habitantes se incrementó en un 4,30%. En este caso, la tasa de cambio anual alcanza un valor de 0,014.

En cuanto a los cuerpos de agua superficiales, en 2002 ocupaban un 2,64% del total de la superficie del Partido, mientras que en 2017 representan únicamente un 0,87%. Se evidencia entonces una importante disminución (67,09%), que a su vez se traduce en una tasa de cambio anual del -0,071. Esto podría explicarse en la variación de las precipitaciones (Figura 3).

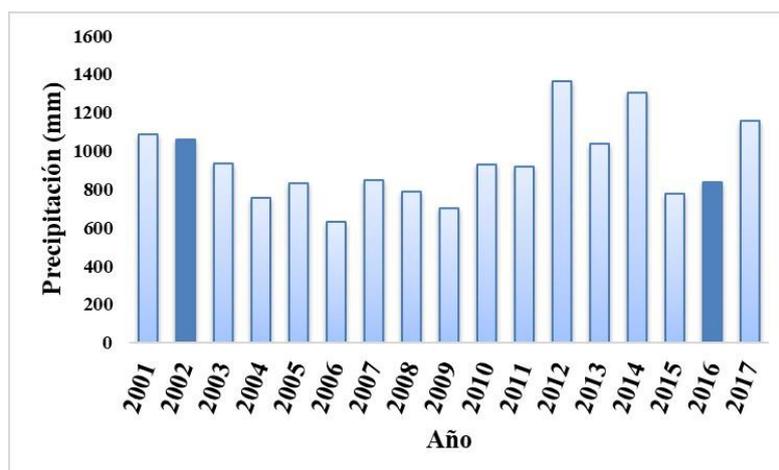


Figura 3. Variación de la precipitación 2002-2017
Fuente: Elaboración personal sobre datos de INTA

Al analizar las precipitaciones ocurridas entre 2002 y 2016, es factible observar ciertos cambios. Si bien para los años 2002 y 2003 los valores alcanzaron los 1059,2 y 933,4 mm,

respectivamente; entre 2004 y 2009 las precipitaciones no superaron el promedio histórico para el Partido (900 mm). En el período 2010 y 2014, aunque existen fluctuaciones, los valores lograron superar el promedio. No obstante, para 2015 y 2016 (se toma este año como última referencia debido a que las imágenes pertenecen a marzo de 2017) las lluvias se encuentran de nuevo bajo la media. De esta realidad se desprende que se encuentran zonas donde la agricultura avanza sobre áreas con anegabilidad en 2002, situación que puede traducirse en riesgos para los agricultores (VAZQUEZ, 2013).

En relación a las playas y médanos, se trata del uso que demuestra una menor transformación. Esta área sufrió un incremento del 5,32%, ya que pasó de ocupar el 0,42% del total del Partido en 2002, al 0,40% en 2017. Asimismo, la variación en la tasa de cambio anual se encuentra figurada por un valor bajo, el cual ronda los -0,003. Lo mencionado, puede ser en parte explicado por los diversos procesos de erosión y acumulación a los cuales se encuentra expuesta esta zona (ISLA *et al.*, 2009).

Tabla 1. Variación de la superficie de los usos del suelo en el período 2002-2017.

Clases de uso del suelo	Año 2002		Año 2017		Tasas de cambio anual
	Superficie en km ²	Porcentaje (%)	Superficie en km ²	Porcentaje (%)	
Áreas ganaderas	1690,86	37,95	782,01	17,55	-0,050
Áreas agrícolas	2590,31	58,14	3570,13	80,14	0,021
Áreas urbanas	37,72	0,85	46,57	1,05	0,014
Cuerpos de agua superficiales	117,50	2,64	38,67	0,87	-0,071
Médanos y playas	18,61	0,42	17,62	0,40	-0,003
Total	4455	100	4455	100	-

Fuente: Elaboración personal

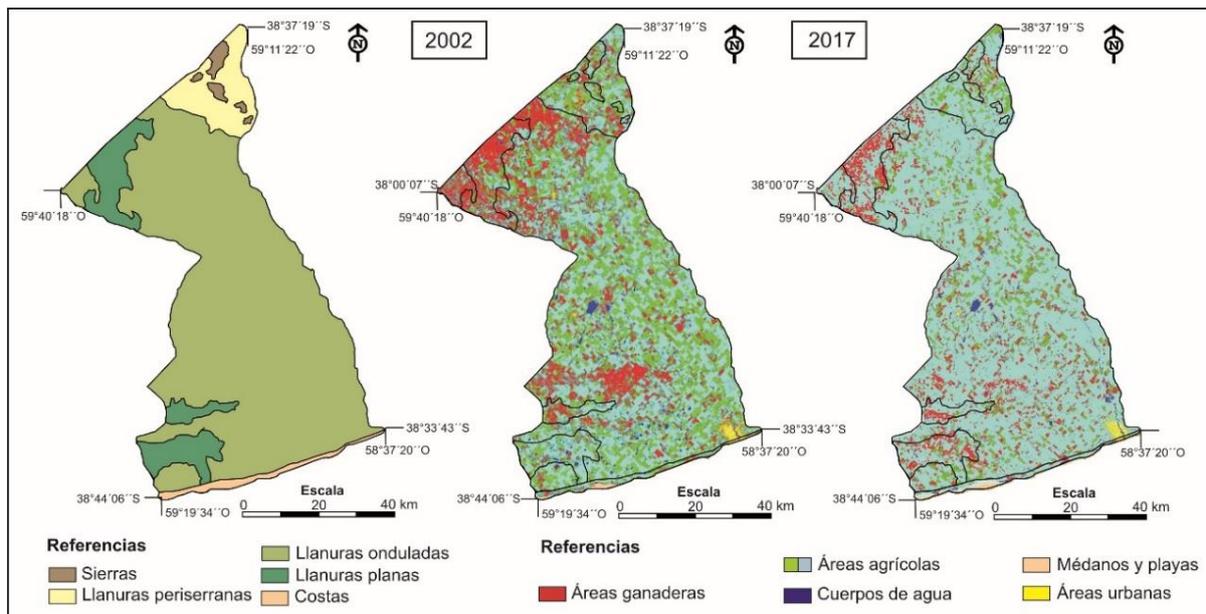


Figura 4. Usos del suelo y unidades de paisaje presentes en el partido de Necochea.
Fuente: Elaboración personal

Paisajes del partido de Necochea y expansión de la actividad agrícola

Dentro del partido de Necochea, es posible definir (en una primera aproximación) cinco paisajes con características particulares: paisaje de Sierras, paisaje de Llanuras periserranas, paisaje de Llanuras onduladas, paisaje de Llanuras planas y paisaje de Costas (Figura 4).

El paisaje de Sierras atraviesa el sector noreste del Partido, ocupando un 1,3% de la superficie total. Está integrado por cerros, laderas serranas y lomadas altas de las formaciones geológicas pertenecientes al sistema de Tandilia. Presenta afloramientos rocosos y suelos poco profundos que se clasifican a nivel de subgrupo como *Hapludoles típicos*. En las pendientes menores aparecen suelos clasificados a nivel de subgrupo como *Argiudoles típicos*, los cuales presentan muy buena aptitud agrícola. Las pendientes pueden superar el 10% y las alturas llegan a alcanzar unos 250 msnm. En este paisaje se conservan algunos relictos de comunidades herbáceas y arbustos en sectores con limitantes severas, como son la rocosidad y la profundidad efectiva de los suelos. Las actividades predominantes son ganadero-agrícolas.

Las Llanuras periserranas abarcan 7,2% de la superficie del Partido y poseen muy buenas condiciones de drenaje superficial e interno. El paisaje presenta relieves ondulados y ocasionalmente ligeramente ondulados, con suelos profundos que destacan la presencia de epipedones mólicos y horizontes subsuperficiales argílicos, que caracterizan a los suelos clasificados como *Argiudoles típicos*. Las alturas alcanzan entre 150 y 200 msnm y las pendientes predominantes no superan el 5%. En ocasiones, se presentan afloramientos

rocosos. En términos agroecológicos, este sistema no exhibe restricciones para la agricultura, por ello los flechillares típicos de la zona han sido extensivamente sustituidos.

El paisaje de Llanuras onduladas abarca el 79,9% de la superficie del Partido y está conformado por relieves ondulados y suavemente ondulados con pendientes comprendidas entre el 1% y 5%. Las altitudes varían entre los 50 y 100 msnm. Contiene suelos profundos, a veces interrumpidos por la presencia de tosca, y muy buenas condiciones de drenaje superficial e interno. Predominan los suelos clasificados a nivel de subgrupo como *Argiudoles típicos*, aunque pueden asociar *Argiacuoles típicos* y *Natracuoles típicos* en áreas con drenaje deficiente y en las proximidades de cursos de agua. Dada su aptitud agroecológica, estas áreas han sido fuertemente sustituidas por cultivos. Previo a su conversión en agroecosistemas, las Llanuras onduladas se caracterizaban por la presencia de pastizales en los que abundaban gramíneas de los géneros *Stipa* y *Piptochaetium*.

En altitudes menores (en general inferiores a 100 msnm hacia el noroeste e inferiores a 50 msnm hacia el sudoeste) y con pendientes que oscilan los 0,1% y 0,2%, se define el paisaje de Llanuras planas. Abarca un 9% del Partido y se caracteriza por la presencia de un drenaje superficial e interno imperfecto. Los suelos predominantes son *Natracuoles típicos* y *Argiudoles ácuicos*. No obstante, en las lomas aparecen *Argiudoles típicos* y próximos a vías de escurrimiento, *Natracualfes típicos*. Dadas las limitaciones asociadas con el drenaje deficiente, algunos sectores conservan pastizales nativos, ya que los suelos anegables dificultan el desarrollo de actividades productivas. En consecuencia, las actividades agrícolas exhiben limitaciones.

Por último, el paisaje de Costas presenta geformas de acumulación (dunas) y playas, que abarcan cerca del 2,5% del Partido. El desarrollo de los suelos es muy débil y, cuando existe, es incipiente, característico del Orden Entisoles. Los suelos dominantes integran el subgrupo *Udipsamentes típicos*, cuya textura superficial y subsuperficial (areno-franca) favorecen un drenaje excesivo. Este paisaje no es apto para el desarrollo de actividades agropecuarias. Dadas las características físicas y químicas de los materiales que integran el paisaje de Costas, las principales limitantes son la erosión eólica actual y la baja capacidad de retención de humedad. Las comunidades de vegetación natural han sido modificadas, aunque se conservan sectores con especies costeras nativas.

A partir de la superposición de los paisajes definidos sobre las imágenes clasificadas de 2003 y 2017, se observa que en el primer año la agricultura de SD se desarrolla sobre el paisaje de Llanuras onduladas, área donde prácticamente no se presentan limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales. Considerando que estas llanuras ocupan casi el 80% de la superficie del Partido, es posible afirmar que las condiciones agroecológicas son óptimas para el proceso de

expansión e intensificación agrícola. Se destaca la presencia de pastizales y pasturas en sectores que presentan limitaciones, en general asociadas con drenaje imperfecto.

Se advierte, también en 2003, el avance de la agricultura desde el paisaje de Llanuras periserranas hacia el de sierras, fundamentalmente en las zonas pedemontanas, donde se localizan suelos clasificados a nivel de subgrupo como *Argiudoles típicos*. De la misma manera, aunque con otras limitantes edáficas asociadas al drenaje deficiente y en ocasiones a la sodicidad, se extiende la agricultura en el paisaje de Llanuras planas del Partido, donde se perciben en sectores localizados fundamentalmente en el noroeste y más aisladamente hacia el centro-sudoeste.

En el año 2017 se observa un fuerte avance de las áreas agrícolas sobre el paisaje de Llanuras planas y también en áreas pertenecientes a las Llanuras onduladas, en las que en 2003 perduraban actividades ganaderas. Esto podría asociarse a la disminución de las áreas anegables que se redujeron a más de la mitad (62,4%). Respecto del paisaje de Sierras, en 2017 continúa el avance de la agricultura sobre suelos de menores pendientes y con mayor materia orgánica acumulada.

Ante lo expuesto, es posible evidenciar que es en los paisajes de Llanuras onduladas y Llanuras periserranas donde se verifica el mayor avance de la agricultura asociado a la implementación del doble cultivo (cereal/oleaginosa). Finalmente, es importante resaltar que la superposición de las unidades de paisaje con las imágenes clasificadas para ambos años, permiten evidenciar que el proceso de agriculturización se desarrolla de manera diferenciada en cada unidad.

Incidencia de las transformaciones en los paisajes e implicancias sobre los SE

Como se mencionó con anterioridad, dentro de las consecuencias de los cambios de usos del suelo se destacan la pérdida de bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas para el bienestar humano, el calentamiento global, la alteración de ciclos biológicos y biogeoquímicos, la introducción de especies exóticas, la pérdida de especies nativas y del hábitat en general y la degradación de los ecosistemas (ROSETE VERGÉS *et al.*, 2008; AUER y MACEIRA, 2017).

En este contexto, teniendo en cuenta el avance de la agricultura en detrimento de otros usos, especialmente la ganadería, es posible evidenciar el impacto que esto tuvo sobre los SE. Para esto, es necesario considerar las diferentes prácticas de manejo que se realizan en el área estudiada y la región, y así identificar cuáles son los SE que se verían más afectados (Figura 5).

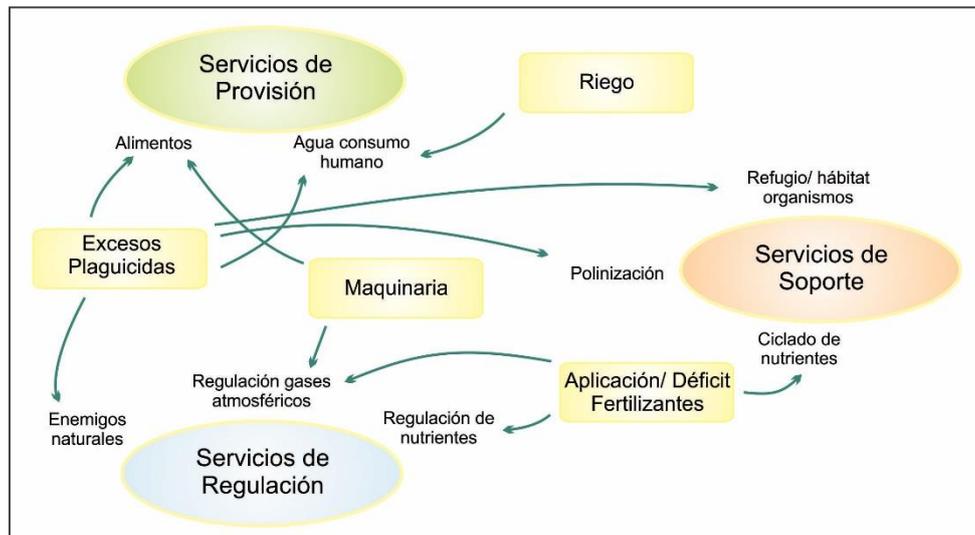


Figura 5. Principales prácticas de manejo de la producción en el partido de Necochea y sus implicancias sobre los SE.

Fuente: Elaboración personal sobre la base de De Groot (2002)

Exceso en el uso de plaguicidas

El modelo actual de agricultura, con la influencia de la revolución verde, se basa fundamentalmente en la implementación de semillas transgénicas, un intenso uso de plaguicidas y SD (PENGUE, 2004). Actualmente, en el área de estudio y la región se evidencian aumentos en las dosis de plaguicidas empleadas (VAZQUEZ *et al.*, 2014; SEQUEIRA *et al.*, 2015; VAZQUEZ *et al.*, 2017b).

En este sentido, la aplicación de dicho insumo para mantener el cultivo saludable y sin competencia no solo afecta a la especie objetivo, sino que también afecta a enemigos naturales que podrían ayudar a disminuir la utilización de plaguicidas al ser reguladores biológicos. De esta manera, se estaría comprometiendo un servicio de regulación del ecosistema. Además, inciden en aquellas especies polinizadoras, como las abejas, pudiendo afectar otro servicio relevante, pero en este caso de soporte. La importancia es evidente cuando se conoce que aproximadamente el 65% de las especies de plantas requieren de polinización por animales, y el 75% de las especies cultivadas que poseen importancia global debido a la producción de alimentos, demanda polinización por animales, principalmente insectos (KLEIN *et al.* 2007).

Por otra parte, la aplicación desmedida y sin planificación de herbicidas, afecta el hábitat donde residen los enemigos naturales, pudiendo eliminar así un servicio de soporte. En paisajes complejos, los enemigos naturales y polinizadores se mueven entre hábitats naturales

y semi-naturales que les proveen refugio y recursos que pueden escasear en campos cultivados. Esta simplificación tiende a generar explosiones de plagas (aumentando el uso de insumos) y a reducir las poblaciones de individuos benéficos (COLL, 2009).

Además, si los plaguicidas empleados llegan a los cuerpos de agua superficiales, el servicio de soporte mencionado resultaría perjudicado dejando a los organismos acuáticos sin un hábitat adecuado para su desarrollo. Por otro lado, aquellos que sobreviven, verían afectada su capacidad de subsistencia debido a la muerte de especies que le sirven como provisión de alimentos. En este sentido, según un trabajo realizado por Gonzalez *et al.* (2011) en la Cuenca del Río Quequén Grande (donde se ubica el partido de Necochea), se han hallado restos de Endosulfán en el agua superficial de áreas donde se practica el doble cultivo trigo-soja. Esto puede representar riesgos ecológicos, como así también para la salud.

Para el caso del agua subterránea, si es alcanzada por plaguicidas, podría desencadenarse un impacto negativo sobre el servicio de provisión de agua apta para consumo humano. En el agua subterránea de Colonia La Suiza, partido de Lobería (RPA), se detectaron valores de glifosato superiores a los permitidos por la Comunidad Económica Europea (APARICIO y COSTA, 2017).

Finalmente, esta práctica influiría en la propia provisión de alimentos. Debido a la alta persistencia de algunos plaguicidas, al no respetar los periodos de carencia, sería factible encontrar residuos⁶ en los granos cosechados. En un estudio realizado por Rojas *et al.* (2014), se tomaron muestras de granos de maíz durante 2012 y 2013 de cintas de embarque y terminales portuarias del Río Paraná y sur de la provincia de Buenos Aires. Del total de las 192 muestras, 94 contenían residuos de plaguicidas, y considerando la legislación de Argentina⁷, 4 de ellas que presentaban cipermetrina mostraron niveles superiores al límite máximo permitido.

Déficit en el empleo de fertilizantes

Si bien los suelos de la región donde se localiza el área de estudio se han distinguidos por poseer una alta fertilidad natural, el empleo de fertilizantes se incrementó en los últimos años. A pesar de ello, se evidencia una elevada extracción de nutrientes no repuestos en igual magnitud, provocando un progresivo deterioro de la fertilidad de los suelos y poniendo en peligro la sustentabilidad de los sistemas productivos (CRUZATE y CASAS, 2012).

⁶ Cualquier sustancia específica presente en o sobre los alimentos, productos agrícolas y otros tipos de productos o alimentos para animales, así como en el medio ambiente, en particular en el suelo, el aire y el agua, como consecuencia del uso de un plaguicida. El término incluye cualquier derivado de un plaguicida, como productos de conversión, metabolitos y productos de reacción, y las impurezas consideradas de importancia toxicológica (OMS y FAO, 2014).

⁷ Resolución 507/2008 (SAGPyA, 2008).

Uno de los servicios sobre los que podría impactar esta situación, es el de regulación de nutrientes. Al extraer gran cantidad y no realizar una correcta reposición, no es posible mantener sus niveles dentro de los límites aceptables, afectando negativamente a la fertilidad. Consecuentemente, también se vería limitada la capacidad del ecosistema de brindar un servicio de soporte de ciclado de nutrientes, que debe existir para que la producción se mantenga en el tiempo y se obtengan los rendimientos esperados. Esto queda demostrado en el estudio realizado por Cruzate y Casas (2012), quienes establecen que, en los suelos de las principales regiones agrícolas de Argentina (para la campaña 2010/2011), se extrajeron 3,93 millones de tn de N, P, K, S y Ca y se repusieron solo 1,36 millones de tn, incrementando los procesos de degradación de suelos.

Por último, debido a la práctica de fertilización, es factible observar la existencia de un posible impacto en la atmósfera, afectando el servicio de regulación de gases. El avance de la agricultura sobre pastizales limita los SE que estos brindan, entre ellos el mantenimiento de la composición de gases en la atmósfera. Los suelos agrícolas emiten aproximadamente 65-70% del N₂O total producido en los ecosistemas terrestres, y se debe principalmente al agregado de fertilizantes nitrogenados (WRAGE *et al.*, 2004). En la provincia de Córdoba, localizada en la RPArg, Alvarez *et al.* (2012) realizaron un ensayo a campo en un suelo *Haplustol típico* manejado con dos secuencias de cultivo y dos sistemas de labranza. Los autores observaron que, durante el período de barbecho, las emisiones fueron bajas y se relacionaron principalmente con el espacio poroso lleno de agua; mientras que durante el período de cultivo las emisiones de N₂O fueron mayores, y se relacionaron mayormente con el contenido de nitratos del suelo.

De manera general, las emisiones de fuentes agrícolas alcanzan el 58% de las emanaciones globales de gases de efecto invernadero (no CO₂) hacia el año 1990, y se espera que siga siendo el mayor contribuyente en el año 2030 (US-EPA, 2012).

Utilización de riego

La provisión de cantidad suficiente de agua limpia es un servicio ecológico esencial para los agroecosistemas, y en este sentido la agricultura utiliza un 70% del total mundial (FAO 2003). Por ello, el riego se convierte en una de las actividades que genera más preocupación respecto a la disponibilidad e impactos sobre la demanda de agua potable (BRUINSMA, 2003).

En el sudeste de la provincia de Bs. As. el riego de los cultivos extensivos (cereales y oleaginosas) tiene carácter de complementario de las precipitaciones, aplicándose una lámina de 70 a 200 mm. año⁻¹. Las características de relieve, tipo de cultivos y clima hacen que se haya adoptado casi exclusivamente el sistema de riego por aspersión (SUERO *et al.*, 2001).

De tal manera, considerando la prioridad otorgada al agua en la actividad puede entenderse que, con la producción y posterior comercialización de granos, se exportan grandes cantidades de agua. Por esto, países con escasos recursos hídricos importan agua en forma de materias primas, y países ricos en este recurso exportan agua virtual⁸ (LLAMAS MADURGA, 2005).

Argentina es considerada exportadora neta de agua virtual, mientras que la mayoría de los países compradores (por ejemplo, de soja), son importadores de este recurso. Más del 70 % de la soja del país sale de la RPArg y por cada 9 kg de soja producida se necesitan 10 m³ de agua (PENGUE, 2006). De esta forma, en el área de estudio, para la producción de soja de la campaña 2002/2003 se utilizaron y potencialmente se exportaron 34.666666 m³ de agua, y para la campaña 2016/2017 este valor ascendió a 259.168888 m³.

En base a lo expuesto resulta evidente que, con el avance de la agricultura en el área de estudio y la región, se ejercería una gran presión sobre el servicio de provisión de agua para consumo humano, en beneficio de la provisión de alimentos.

Empleo de maquinaria

La quema de combustibles fósiles es responsable de más del 75% de las emisiones de CO₂ causadas por la actividad humana (TABOADA y COSENTINO, 2014). El CO₂ junto con el CH₄ y el N₂O son los principales gases de efecto invernadero generados por la agricultura y ganadería, y hacia el año 2014, el 26% de las emisiones de Argentina provinieron de dichos sectores (ANDRADE, 2017). No obstante, debido a la amplia difusión de la SD, un sistema que además de evitar las pérdidas de materia orgánica y de suelo, disminuye los consumos de energía fósil (PINCÉN *et al.*, 2010), nuestro País presenta bajos valores de emisiones de CO₂ por el uso directo de combustibles fósiles (ANDRADE, 2017). A pesar de ello, debido a la mayor cantidad de tierras destinadas a la agricultura y su consecuente utilización de maquinaria, es relevante efectuar un control de los posibles impactos sobre el servicio de regulación de gases atmosféricos.

Por otra parte, si bien estas labranzas conservacionistas contribuyen a reducir la degradación del suelo, en algunas situaciones pueden también conducir a un exceso de compactación (FABRIZZI *et al.*, 2005, citado en FERRERAS *et al.*, 2007).

En los sistemas tradicionales de producción basados en el laboreo, los problemas de compactación son disimulados, durante breves períodos, debido a que con esta acción se favorece la infiltración de agua, la aireación y el desarrollo de raíces. Por esta razón, cuando el suelo se deja sin trabajar, como en la SD, la consolidación natural incrementa la densidad

⁸ Es el agua contenida en un producto, no en el sentido real sino en el sentido virtual. Se refiere al agua usada para elaborar un producto determinado (HOEKSTRA, 2003).

del suelo, intensificado con la acción de agentes compactantes como la maquinaria, los animales y las lluvias (MARTINO, 2001).

Dentro de la RPArg, estudios efectuados para el sur de Santa Fe plantean que los problemas de compactación son usualmente hallados en lotes de monocultivos bajo el esquema de SD; mientras que lotes en rotación con gramíneas, presentan en general menos incidencia de este problema (GERSTER y BACIGALUPPO, 2004). En este contexto, es evidente que la implementación de maquinarias puede generar encostramiento y sellamiento del suelo, y como consecuencia afectar la capacidad productiva de los mismos, es decir, el servicio ecosistémico de provisión de alimentos.

Finalmente, considerando las posibles implicancias sobre los SE que pueden generarse con el actual modelo de producción agrícola, es factible observar que los servicios de provisión y regulación son mayormente afectados, aunque los de soporte también evidencian consecuencias. Además, el servicio de regulación de gases atmosféricos y los de provisión de alimentos y agua para consumo humano, serían los más impactados por las prácticas de manejo. Lo mencionado coincide con lo esbozado por Rótolo y Francis (2008), quienes afirman que las tierras agrícolas son generalmente manejadas para maximizar los servicios de provisión, y para cumplir con este objetivo demandan muchos servicios de regulación y soporte.

Como se planteó anteriormente, el proceso de agriculturización que caracteriza a la región desde las últimas décadas, se lleva a cabo a expensas de tierras destinadas fundamentalmente a la actividad ganadera. La expulsión de la ganadería de las zonas con mayor aptitud agrícola disminuyó la superficie destinada a esta actividad en el país (REARTE, 2010) y aumentó la presión de pastoreo sobre la vegetación natural de áreas con limitantes para la siembra de cultivos.

En este sentido, no todos los biomas y ecosistemas resultan igualmente perjudicados por la intervención agrícola. A escala global, los pastizales, en particular los templados, son uno de los biomas más transformados por la acción del Hombre (ELLIS y RAMANKUTTY, 2008). De esta manera, es relevante considerar cuáles son los principales servicios proporcionados por los pastizales. Uno de ellos es el de provisión de alimentos para la sociedad, en tanto se utilicen para la actividad ganadera. Por otra parte, contribuyen a la regulación de gases en la atmósfera, al control de la erosión de los suelos y a la conservación del material genético de especies vegetales y animales (FISHER *et al.*, 2009; CODESIDO y BILENCA, 2011).

Sumado a lo anterior, favorecen la fijación de carbono a través de la captación de CO₂ de la atmósfera (YARANGA CANO y CUSTODIO VILLANUEVA, 2013), el servicio de soporte de reciclado de nutrientes (WRAGE *et al.*, 2011), la resistencia a la invasión de especies

exóticas (PERELMAN *et al.*, 2007), provisión de hábitat o lugares de refugio como servicio de soporte, entre otros.

Por último, es posible observar que el actual modelo de agricultura ejerce presión disminuyendo la provisión de SE que los pastizales podrían fortalecer. Considerando que el avance de la actividad agrícola predomina en las unidades de Llanuras onduladas y Llanuras periserranas, es allí donde sería factible evidenciar mayores implicancias sobre los SE. Además, es importante tener en cuenta que, en las áreas con pendientes más pronunciadas, se impactará además en el servicio de retención del suelo, provocando procesos de erosión.

CONCLUSIONES

El partido de Necochea exhibe importantes transformaciones en los usos del suelo, en parte representadas por un avance de la agricultura en detrimento de la ganadería, con tasas de cambio de +0,019 y -0,048, respectivamente. Esta situación fue acompañada por variaciones de las áreas destinadas a los principales cultivos, destacándose el incremento de las superficies sembradas con soja y cebada, y las disminuciones de aquellas dedicadas a trigo y girasol.

Respecto al uso urbano, se observa un incremento del 17,90% (tasa de cambio +0,011); y en cuanto a los cuerpos de agua, se evidencia una importante disminución del 62,33% (-0,067). Por último, el área ocupada por playas y médanos es aquella que demuestra un menor nivel de modificación, con un incremento del 2,56%.

Por otra parte, en el área de estudio es posible identificar diversos paisajes: Sierras, Llanuras periserranas, Llanuras onduladas, Llanuras planas y Costas. En relación al avance de la agricultura, se manifiesta con mayor intensidad en la Llanura ondulada y Llanura periserrana.

Al considerar los posibles impactos sobre los SE, se observa que los de provisión y regulación resultarían más afectados, aunque los de soporte también se verían impactados. Entre aquellos servicios que podrían resultar mayormente alterados, se destacan el de regulación de gases atmosféricos y los de provisión de alimentos y agua para consumo humano, por ser los que mayor cantidad de acciones impactantes reciben por parte de las prácticas productivas. En tal contexto, se reconoce que ante el proceso de agriculturización, surge el desafío de continuar con el aprovechamiento del servicio de provisión de alimentos, y al mismo tiempo contribuir a mantener los servicios de regulación y soporte.

Finalmente, se plantea la necesidad de proseguir con esta línea de investigación incorporando un análisis de los SE culturales, y así lograr un aporte más completo acerca de las transformaciones agroproductivas y su impacto sobre los servicios proporcionados por los

ecosistemas, con la finalidad de plantear lineamientos a futuro de gestión y conservación ambiental del territorio.

REFERENCIAS

- ALTIERI, Miguel y NICHOLLS, Clara. Agricultura tradicional y conservación de la biodiversidad. In: ALTIERI, Miguel y NICHOLLS, Clara. *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México D.F.: PNUMA, 2000, p. 181-192.
- ALVAREZ, Carolina; COSTANTINI, Alejandro; ALVAREZ, Carina; ALVES, Bruno; JANTALIA, Claudia; MARTELOTTO, Eduardo y URQUIAGA, Segundo. Soil nitrous oxide emissions under different management practices in the semiarid region of the Argentinian Pampas. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 94, n. 82-3, p. 209-220, 2012. <https://doi.org/10.1007/s10705-012-9534-9>
- ANDRADE, Fernando. *Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*. Buenos Aires: INTA y Ministerio de Agroindustria, 2017, 124 p.
- ANDRADE, José y SATORRE, Emilio. Single and double crop systems in the Argentine Pampas: Environmental determinants of annual grain yield. *Field Crops Research*, v. 177, p. 137-147, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.03.008>
- APARICIO, Virginia y COSTA, José. Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente. In: APARICIO, Virginia; GONZALO MAYORAL, Eliana y COSTA, José. *Plaguicidas en el ambiente*. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2017, p 50-63.
- ARRIAGA CABRERA, Laura. Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, v. 1, n. 1, p. 6-16, 2009.
- AUER, Alejandra y MACEIRA, Néstor. ¿Quién domina los procesos territoriales? Importancia de los diferentes capitales para un desarrollo sustentable: Caso de estudio: Partido de Balcarce, Argentina. *Pampa (Santa Fe)*, n. 15, p. 47-81, 2017. <https://doi.org/10.14409/pampa.v15i15.6602>
- BRUISNMA, Jelle. *World agriculture: Towards 2015-2030. An FAO Perspective*. London: Earthscan Publications Ltd., 2003, 444 p.
- BUREL, Françoise y BAUDRY, Jacques. *Ecología del Paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Madrid: Mundi-Prensa, 2002, 353 p.
- CABRERA, Ángel. *Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería (TOMO II)*. Buenos Aires: ACME, 1976, 85 p.
- CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian y BARSÍ, Julia. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *Revista IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 4, n. 3, p. 490-494, 2007. doi: 10.1109/LGRS.2007.898285
- CODESIDO, Mariano y BILENCA, David. Los pastizales y el servicio de soporte de la biodiversidad: Respuesta de la riqueza de aves terrestres a los usos de la tierra en la provincia de Buenos Aires. In: JOBBÁGY, Esteban; PARUELO, José y LATERRA, Pedro. *Valoración de servicios ecosistémicos: Conceptos, Herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2011, p. 511-526.
- COLL, Moshe. Conservation biological control and the management of biological control services: are they the same? *Phytoparasitica*, v. 37, p. 205–208, 2009. doi:10.1007/s12600-009-0028-5
- COSTA, Ana María; SILVIA BRIEVA, Susana e IRIARTE, Liliana. Proceso de privatización, organización y competencia interportuaria en Argentina: el caso del Puerto Quequén. *Investigaciones geográficas (México)*, n. 54, p. 93-113, 2004.

CRUZATE, Gustavo y CASAS, Roberto. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, v. 6, p. 7-14, 2012.

DAILY, Gretchen. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington, DC.: Island Press, 1997, 392 p.

DE GROOT, Rudolf; WILSON, Matthew y BOUMANS, Roelof. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, n. 41, p. 393-408, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)

DE LA FUENTE, Elba y SUÁREZ, Susana. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Revista Ecología austral*, v. 18, n. 3, p. 239-252, 2008.

ELLIS, Erle y RAMANKUTTY, Navin. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the environment*, n. 6, p. 439-447, 2008. <https://doi.org/10.1890/070062>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Forest Resources Assessment 1990 - Survey of tropical forest cover and study of change processes*. Roma: FAO, 1996, 155 p.

FAO. *World agriculture: towards 2015/2030. Interim Report*. Roma: FAO, 2003, 432 p.

FAO. *Global Forest Resources Assessment 2005 - Progress towards sustainable forest management*. Roma: FAO, 2005, 320 p.

FERRERAS, Laura; MAGRA, Gustavo; BESSON, Pablo; KOVALEVSKI, Esteban y GARCÍA, Fernando. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana Norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia del suelo*, v. 25, n. 2, p. 159-172, 2007.

FERRERAS, Laura; TORESANI, Silvia; FAGGIOLI, Valeria y GALARZA, Carlos. Sensibilidad de indicadores biológicos edáficos en un Argiudol de la Región Pampeana Argentina. *Spanish Journal of Soil Science*, v. 5, n. 3, p. 220-235, 2015. <https://doi.org/10.3232/SJSS.2015.V5.N3.04>

FISHER, Brendan; TURNER, Kerry y MORLING, Paul. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*, v. 68, n. 3, p. 643-653, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>

GERSTER, Guillermo y BACIGALUPPO, Silvina. Consecuencias de la densificación por tránsito en Argiudoles del Sur de Santa Fe. In: ACTAS DEL XIX CONGRESO ARGENTINO DE LA CIENCIA DEL SUELO. Paraná: Facultad de Ciencias Agropecuarias-Universidad Nacional de Entre Ríos, 2004, 303 p.

GONZALEZ, Mariana; MIGLIORANZA, Karina; SHIMABUKURO, Valeria; QUIROZ LONDOÑO, Orlando; MARTINEZ, Daniel; AIZPUN, Julia y MORENO, Victor. Surface and groundwater pollution by organochlorine compounds in a typical soybean system from the south Pampa, Argentina. *Environmental Earth Sciences*, v. 65, n. 2, p. 481-491, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1328-x>

HOEKSTRA, Arjen. *Virtual Water. An Introduction: Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual water Trade*, Value of Water Research Report Series No. 12. Holanda: UNESCO-IHE, 2003, 242 p.

IERMANÓ, María José y SARANDÓN, Santiago. Rol de la agrobiodiversidad en sistemas familiares mixtos de agricultura y ganadería pastoril en la Región Pampeana, Argentina. Su importancia para la sustentabilidad de los agroecosistemas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 11, n. 2, p. 94-103, 2016.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas*. Buenos Aires: INDEC, 2010.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). *Cartas de Suelos de la República Argentina (1:50.000)*. Buenos Aires: INTA, 1970.

ISLA, Federico; BÉRTOLA, Germán; MERLOTTO, Alejandra; FERRANTE, Ángel y CORTIZO, Luis. Requerimientos y disponibilidad de arenas para la defensa de las playas de

- Necochea y Lobería. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, v. 65, n. 3, p. 446-456, 2009.
- JACOBO, Elizabeth; RODRÍGUEZ, Adriana; GONZÁLEZ, Julio y GOLLUSCIO, Rodolfo. Efectos de la intensificación ganadera sobre la eficiencia en el uso de la energía fósil y la conservación del pastizal en la cuenca baja del río Salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Agriscientia*, v. 33, n. 1, p. 1-14, 2016.
- KLEIN, Alexandra; VAISSIERE, Bernard; CANE, James; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; CUNNINGHAM, Saul; KREMEN, Claire y TSCHARNTKE, Teja. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B*, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 2007. doi: 10.1098/rspb.2006.3721
- LLAMAS MADURGA, Ramón. Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, v. 99, n. 2, p. 369-389, 2005.
- MARTINO, Daniel. Manejo de restricciones físicas del suelo en sistemas de siembra directa. In: DÍAZ ROSELLO, Roberto. *Siembra directa en el cono sur*. Uruguay: INIA, 2001, p. 225-257.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, D.C.: Island Press, 2003, 266 p.
- MERLOTTO, Alejandra y PICCOLO, María Cintia. Tendencia climática de Necochea-Quequén (1956-2006), Argentina. *Investigaciones Geográficas (España)*, v. 50, p. 143-167, 2009. <http://dx.doi.org/10.14198/INGEO2009.50.08>
- OMS y FAO (Organización Mundial de la Salud- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). *Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas*. Roma: OMS y FAO, 2014, 56 p.
- PARUELO, José; GUERSCHMAN, Juan y VERÓN, Santiago. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. *Ciencia hoy*, v. 15, n. 87, p. 14-23, 2005.
- PARUELO, José; GUERSCHMAN, Juan; PIÑEIRO, Gervasio; JOBBAGY, Esteban; VERÓN, Santiago; BALDI, Germán y BAEZA, Santiago. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, v. 10, n. 2, p. 47-61, 2006.
- PENGUE, Walter. Producción agroexportadora e (in) seguridad alimentaria: El caso de la soja en Argentina. *Revibec: Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, v. 1, p. 46-55, 2004.
- PENGUE, Walter. Agua virtual, agronegocio sojero y cuestiones económico ambientales futuras. *Fronteras*, v. 5, n. 5, p. 14-25, 2006.
- PERELMAN, Susana; CHANETON, Enrique; BATISTA, William; BURKART, Silvia y LEON, Rolando. Habitat stress, species pool size and biotic resistance influence exotic plant richness in the Flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology*, v. 95, n. 4, p. 662-673, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01255.x>
- PINCÉN, Daniel; VIGLIZZO, Ernesto; CARREÑO, Lorena y FRANK, Federico. La relación soja-ecología-ambiente. Entre el mito y la realidad. In: VIGLIZZO, Ernesto y JOBBÁGY, Esteban. *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*. Buenos Aires: INTA, 2010, p. 53-51.
- POSADA, Elena; DAZA, Héctor y DELGADO, Norma. *Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2012, 154 p.
- POWER, Alison. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical transactions of the royal society B*, v. 365, n. 1554, p. 2959-2971, 2010. doi: 10.1098/rstb.2010.0143
- QUIJAS, Sandra; SCHMID, Bernhard y BALVANERA, Patricia. Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis. *Basic and Applied Ecology*, v. 11, n. 7, p. 582-593, 2010.

REARTE, Daniel. *Situación actual y perspectivas de la producción de carne vacuna*. Buenos Aires: Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, INTA, 2010, 26 p.

ROJAS, Dante; MESSINA, Valeria; SANCHO, Ana; PESQUERA, Natalia; CRISTOS, Diego; GALICIO, Mariana y RICCA, Aleandra. Cuantificación de plaguicidas residuales en granos de maíz (*Zea mays* L.) aplicando técnicas de evaluación residual. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, v. 5, n. 1, p. 001-017, 2014.

ROSETE VERGÉS, Fernando; PEREZ DAMIÁN, José Luis y BOCCO, Gerardo. Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California, México. *Investigaciones geográficas (México)*, v. 67, p. 39-58, 2008.

RÓTOLO, Gloria y FRANCIS, Charles. *Los servicios ecosistémicos en el "corazón" agrícola de Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2008, 27 p.

RUIZ, Verónica; SAVÉ, Robert y HERRERA, Alejandrina. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflor Moropotente Nicaragua, 1993-2011. *Ecosistemas*, v. 22, n. 3, p. 117-126, 2013. doi: 10.7818/ECOS.2013.22-3.16

SAGyP-INTA (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca). *Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires*. Proyecto PNUD Argentina 85/019, 1989.

SAGPyA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos). Resolución 507/2008. *Tolerancias o límites máximos de residuos de plaguicidas en productos y subproductos agropecuarios*, 2008.

SCHROEDER, Todd; COHEN, Warren; SONG, Conghe; CANTY, Morton y YANG, Zhiqiang. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Remote Sensing of Environment*, v. 103, n. 1, p. 16-26, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.008>

SEQUEIRA, Nahuel; VAZQUEZ, Patricia y ZULAICA, Laura. Consecuencias ambientales de la expansión agrícola en el Partido de Benito Juárez (Buenos Aires, Argentina), en el período 2003-2011. *Revista Geoaraguaia*, v. 5, n. 2, p. 26-49, 2015.

SEQUEIRA, Nahuel; VAZQUEZ, Patricia y ZULAICA, Laura. Impactos sobre el ecosistema derivados de la agriculturización en el partido de Benito Juárez, Buenos Aires, período 2003-2011. *AMBIENS. Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad*, v. 2, n. 3, p. 30-51, 2016.

SOUDANI, Kamel; FRANCOIS, Christophe; LE MAIRE, Gueric; LE DANTEC, Valérie y DUFRÊNE, Eric. Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in temperate coniferous, and deciduous forest stands. *Remote Sensing of Environment*, v. 102, n. 1-2, p. 161-175, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.02.004>

SUERO, Elvira; SANTA CRUZ, Jorge; SILVA BUSSO, Adrián; DELLA MAGGIORA, Aída; IRIGOYEN, Andrea; COSTA, José y GARDIOL, Jesús. Caracterización de los recursos naturales en sistemas bajo riego del sudeste bonaerense. Bases para propuestas de aplicación sustentable del riego. *Revista de investigaciones agropecuarias*, v. 30, n. 1, p. 71-90, 2001.

TABOADA, Miguel y COSENTINO, Diego. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Participación de la agricultura a nivel global y del país. In: PASCALE, Carla; ZUBILLAGA, María y TABOADA, Miguel. *Suelos, producción agropecuaria y cambio climático: avances en la Argentina*. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2014, p. 110-127.

TESTA, Joaquín. *Políticas turísticas, escalas y lugar en el Municipio de Necochea, Buenos Aires, Argentina, desde 2005 hasta la actualidad*. Tesis de maestría, UBA, Argentina, 2017.

US-EPA (United States Environmental Protection Agency). *Global Anthropogenic non-CO2 greenhouse gas emissions: 1990–2030*. Washington, DC: US-EPA, 2012.

VAZQUEZ, Patricia. *Comparación temporal de dos modalidades de producción en una estancia del sudeste pampeano (Tandil, Argentina)*. Tesis de licenciatura, UNICEN, Argentina, 2004.

VAZQUEZ, Patricia; SACIDO, Mónica y ZULAICA, Laura. Transformaciones agroproductivas e indicadores de sustentabilidad en la Cuenca del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina) durante los periodos 1988-1998 y 1998-2008. *Cuadernos Geográficos*, v. 50, p. 88-119, 2012a.

VAZQUEZ, Patricia; SACIDO, Mónica y ZULAICA, Laura. Técnicas de análisis para el ordenamiento territorial de cuencas agropecuarias: Aplicaciones en la Pampa Austral, Argentina. *Scripta Nova*, v. 1, n. 392, p. 1-19, 2012b.

VAZQUEZ, Patricia. Comparación de índices de estrés hídrico, a partir de información captada por el sensor MODIS, en la Región Pampeana Argentina. *Cuadernos Geográficos*, v. 52, n. 1, p. 46-68, 2013.

VAZQUEZ, Patricia; ZULAICA, Laura y SACIDO, Mónica. Indicadores de sustentabilidad en las unidades agroecológicas de la Cuenca del Río Quequén Grande (Argentina). *Campo-Territorio: Revista de Geografía Agraria*, v. 9, n. 19, p. 118-148, 2014.

VAZQUEZ, Patricia; ZULAICA, Laura y REQUESENS, Eduardo. Análisis ambiental de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Azul (Buenos Aires, Argentina). *Agriscientia*, v. 33, n. 1, p. 15-26, 2016.

VAZQUEZ, Patricia; ZULAICA, Laura y SEQUEIRA, Nahuel. Tasas de cambio de uso del suelo y agriculturización en el partido de Lobería, Argentina. *Ciencias agronómicas (UNR-Rosario)*, v. 17, n. 29, p. 28-36, 2017a.

VAZQUEZ, Patricia; ZULAICA, Laura y BENAVIDEZ, Belén. Agriculturización e impactos ambientales en el partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 39, p. 202-218, 2017b.

VIGLIZZO, Ernesto; PORDOMINGO, Aníbal; CASTRO, Mónica y LÉRTORA, Fabián. La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla? *Ciencia Hoy*, v. 12, n. 68, p. 38-51, 2002.

VIGLIZZO, Ernesto; FRANK, Federico; CARREÑO, Lorena; JOBBÁGY, Esteban; PEREYRA, Hernán; CLATT, Jonathan; PINCÉN, Daniel y RICARD, Florencia. Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina. *Global Change Biology*, v. 17, n. 2, p. 959-973, 2011.

VOLANTE, José; MOSCIARO, María Jesús; MORALES POCLAVA, María Cecilia; VALE, Laura; CASTRILLO, Silvana; SAWCHIK, Jorge; TISCORNIA, Guadalupe; FUENTE, Marcel; MALDONADO, Isaac; VEGA, Alvaro; TRUJILLO, Richard; CORTÉZ, Luis y PARUELO, José. Expansión agrícola en Argentina, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Chile entre 2000-2010: Caracterización espacial mediante series temporales de índices de vegetación. *Revista de investigaciones agropecuarias*, v. 41, n. 2, p. 179-191, 2015.

WRAGE, Nicole; VELTHOF, Gerard; LAANBROEK, Hendrikus y OENEMA, Oene. Nitrous oxide production in grassland soils: assessing the contribution of the nitrification. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 36, n. 2, p. 229-236, 2004.

WRAGE, Nicole; STRODTHOFF, Jürgen; CUCHILLO, Hilario; ISSELSTEIN, Johannes y KAYSER, Manfred. Phytodiversity of temperate permanent grasslands: ecosystem services for agriculture and livestock management for diversity conservation. *Biodiversity and Conservation*, v. 20, n. 14, p. 3317-3339, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0145-6>

YARANGA CANO, Raúl Marino y CUSTODIO VILLANUEVA, María. Almacenamiento de carbono en pastos naturales altoandinos. *Scientia Agropecuaria*, v. 4, n. 4, p. 313-319, 2013.