

CUENCA HIDROGRÁFICA AGROPECUARIA Y EVOLUCIÓN DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA REGIÓN SUR PAMPEANA ARGENTINA

Patricia Vazquez¹; Ailin Somoza²
CONICET

RESUMEN

Los modelos productivos actuales incluyen doble cultivo anual, aumento de agroquímicos, fragmentación de la biodiversidad y alteración de ecosistemas. El objetivo del presente trabajo es analizar de forma temporal las transformaciones de los servicios ecosistémicos (SE) de las unidades agroecológicas (UAE) de la Cuenca del río Quequén Grande (CrQG). La metodología se basa en la estimación de indicadores de sustentabilidad: conservación de la calidad de suelos y agua (CCSA), conservación de la biodiversidad (CB) y conservación del ecosistema (CE). La metodología utilizada fue el cálculo de las ecuaciones de los indicadores por UAE (a partir de datos de trabajos antecedentes y observación actual directa a campo), y se calcularon coeficientes de correlación lineal (r) entre los indicadores. Los resultados muestran que el proceso de agriculturización afecta sobre todo a los servicios de regulación de la unidad de Sierras y Serranías, y que en todas las UAE los ecosistemas fueron adaptados en su mayor parte a la provisión de servicios de abastecimiento de importancia comercial. Los gráficos de dispersión permitieron verificar correspondencia en los valores. Se concluye que los SE se ven afectados de diferente manera al interior de la CrQG siendo fundamental una gestión que permita un futuro ordenamiento territorial.

Palabras clave: Cambios tecnológicos agrícolas; usos del suelo; zonificación agroecológica; indicadores de sustentabilidad; ordenamiento territorial.

AGRICULTURAL BASIN AND EVOLUTION OF ECOSYSTEM SERVICES IN SOUTHERN PAMPEAN REGION OF ARGENTINA

ABSTRACT

The Pampean Region has strong comparative advantages for agricultural production. Current production models include annual double cultivation with increased use of agrochemicals and strong alteration of ecosystems with biodiversity fragmentation. The aim of this work is to temporarily analyze the transformations of the ecosystem services (SE) of the agroecological units (UAE) of the Quequén Grande River Basin (CrQG). The methodology is based on the estimation of sustainability indicators: soil and water quality conservation (CCSA), biodiversity conservation (CB) and ecosystem conservation (CE).

For these, surface data obtained from classified images on the advancement of agricultural development by UAE of the Basin and field data obtained in interviews and background studies are necessary. The results show that the agricultural intensification process was manifested with different intensity in the different UAE of the Basin, the Sierras and Serranías unit was the most affected in both periods, with high values of environmental risk. The conclusions are that SE are affected differently in the CrQG and therefore it is intended to contribute to the territorial planning of SE in the basin.

Key words: Agricultural technological changes; land use; agro-ecological zonification; sustainability indicators; land use planning.

1 Lic. en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Master en Teledetección y SIG, Doctora en Ciencias Agrarias. CONICET. CESAL, FCH, UNICEN. E-mail: patriciavazquez@conicet.gov.ar

2 Lic. en Diagnóstico y Gestión Ambiental. CONICET. CESAL, FCH, UNICEN. E-mail: somoza.ailin@conicet.gov.ar

1. INTRODUCCIÓN

Enfatizando en la importancia de los recursos hídricos, se puede afirmar que las cuencas hidrográficas son unidades físicas que contribuyen a la planificación y gestión del desarrollo sostenible. MONTICO (2004) interpreta que las pautas para el ordenamiento territorial incorporan un proceso de gestión ambiental. De esta manera define al ordenamiento como el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en la toma de decisiones relativo a la conservación, defensa o protección y mejora del medio ambiente. Señala que la gestión en una Cuenca está orientada a determinar el cómo hacer, a vincular sistemáticamente los criterios naturales tecnológicos y socioeconómicos, para darle una dimensión espacio temporal a las decisiones que mejor contribuyan a definir las estrategias y políticas de la región.

A nivel global, la expansión agrícola se convirtió en uno de los principales factores generadores de transformaciones respecto al tipo de aprovechamiento efectuado sobre los diversos usos del suelo (TISCORNIA *et al.*, 2014). El análisis de las modificaciones territoriales ocasionadas por este proceso de agriculturización adquieren una elevada importancia, ya que pueden ocasionar impactos ambientales perjudiciales; destacándose la disminución de la capacidad de los ecosistemas para brindar servicios, la pérdida de hábitats y biodiversidad, efectos sobre el clima, transformaciones sociales (PARUELO *et al.*, 2006) y el empleo de dosis de plaguicidas más elevadas en períodos de tiempo más cortos (SARANDÓN Y FLORES, 2014).

En la Región Pampeana Argentina (RPArg), los sistemas familiares de producción mixta comenzaron a ser sustituidos por otros con enfoques productivistas, que representan una nueva agricultura tendiente al monocultivo y al elevado uso de insumos (CARRASCO *et al.*, 2012), generando notables implicancias negativas.

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 suelo 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 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 más importantes, diversos autores (ALTIERI y NICHOLLS, 2000; 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 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.*, 2012; 2014; 2016; 2017a; b; 2019a; b). 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. Los servicios pueden ser clasificados en diferentes categorías según MEA (2005) y GÓMEZ y R. DE GROOT (2007):

- Servicios de provisión o abastecimiento, bienes o recursos naturales tangibles como el agua, los alimentos, madera o fibras.
- Servicios culturales, relacionados con experiencias brindadas por los ecosistemas y que benefician directa o indirectamente a las sociedades y dependen de las percepciones colectivas de la sociedad acerca de los ecosistemas y de sus componentes. Pueden ser materiales tangibles o intangibles, por ejemplo sentido de pertenencia, beneficios espirituales, recreativos o educacionales.
- 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

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).

Una herramienta para el logro de sistemas más sustentables sería la utilización de los indicadores de sustentabilidad. Los mismos pueden ser definidos como variables que hacen claramente perceptible una tendencia que no es inmediatamente perceptible ni fácilmente detectable (SARANDÓN y FLORES, 2014). Entre las ventajas de la aplicación de indicadores se pueden mencionar que: a) indican aspectos importantes del funcionamiento del sistema; b) brinda información fundamental para la toma de decisiones, permitiendo identificar las causas de los problemas y c) nos ayuda a proponer medidas correctivas de manera de avanzar hacia la sustentabilidad de los agroecosistemas.

En función de lo expuesto, el presente trabajo propone analizar las transformaciones de los SE de las unidades agroecológicas (UAE) de la Cuenca del río Quequén Grande (CrQG) de forma temporal a partir del uso de indicadores de sustentabilidad: conservación de la calidad de suelos y agua (CCSA), conservación de la biodiversidad (CB) y conservación del ecosistema (CE).

Por último, la idea fundamental de este estudio es aportar al ordenamiento territorial de la cuenca teniendo en cuenta la gestión de los SE de regulación y soporte y la prioridad de contemplar su conservación.

1.1 ÁREA DE ESTUDIO

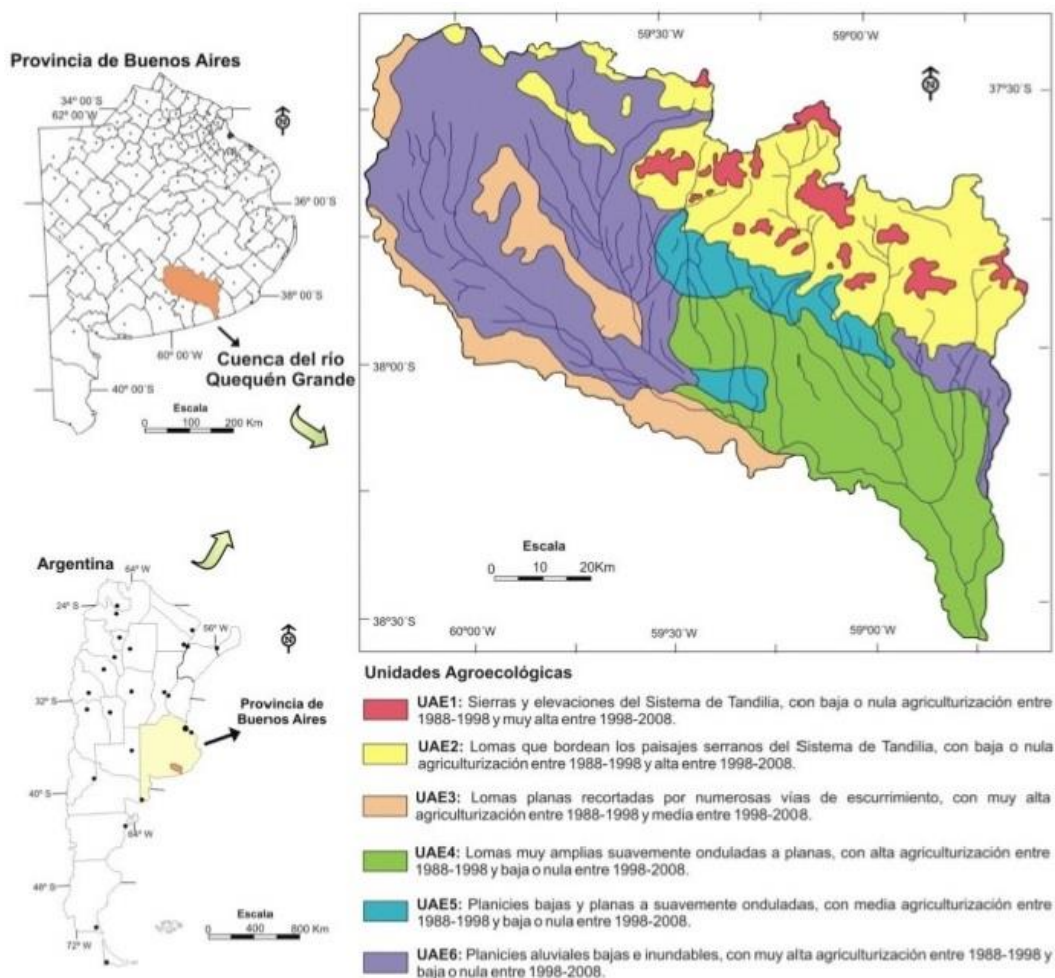
La CrQG, ocupa una superficie de 9.944 km² y se halla ubicada al sudeste de la provincia de Buenos Aires, en la porción sur de la RPArg. Biogeográficamente, y de acuerdo con la clasificación propuesta por CABRERA y WILLINK (1973), pertenece a la Provincia Pampeana (Dominio Chaqueño, Región Neotropical), más precisamente a la RPA, que se extiende por el sur de Buenos Aires, desde las Sierras Septentrionales (Olavarría, Tandil y Balcarce) hasta Bahía Blanca, incluyendo las Sierras Australes. El río que da nombre a la Cuenca, nace en el Sistema de Tandilia, el cual define una red hidrográfica de alcance regional, y desemboca en el puerto del núcleo urbano Necochea-Quequén. Asimismo, en la CrQG, una secuencia sedimentaria del Cuaternario - Terciario Superior constituye un acuífero libre, el pampeano, principal acuífero de la zona y único explotado para todo tipo de usos (MARTÍNEZ *et al.*, 2004).

VAZQUEZ *et al.* (2013), partiendo de los ambientes geomorfológicos definidos por MARTÍNEZ (2007), realizaron una zonificación agroecológica (ZAE) de la Cuenca, diferenciando seis UAE. Las UAE de la CrQG surgen de la integración de Unidades Ecológicas (UEc) y Unidades de Agriculturización (UAg) en dos períodos seleccionados. Tal como se indica en el mencionado trabajo antecedente, las UEc surgen de la integración de distintos aspectos ecológicos (geformas, alturas, pendientes, aspectos hidrológicos, drenaje superficial e interno y suelos).

Por su parte, las UAg parten de los valores correspondientes a los porcentajes de incremento de la superficie agrícola en los dos períodos seleccionados. Estas últimas obedecen a la configuración espacial obtenida a partir de la clasificación de los porcentajes de incremento del área agrícola por cortes naturales, que permitió establecer distintas categorías para cada período. Entre 1988 y 1998 los intervalos fueron: -12,9% a 0,1% (agriculturización baja o nula); ,1% a 13,5% (agriculturización media); 13,5% a 36,3% (agriculturización alta); y 36,3% a 49,9% (agriculturización muy alta). Entre 1998 y 2008, dichos valores fueron agrupados de la siguiente forma: 3,0% a 4,6% (agriculturización baja o nula); 4,6% a 12,6% (agriculturización media); 12,6% a 25,0% (agriculturización alta); y 25,0% a 38,0% (agriculturización muy alta). Las UAE se determinan mediante la función Geoprocessing de ArcView 3.2, se integraron las UEc con las UAg, dando como resultados un mapa de UAE.

Los mencionados estudios antecedentes evidencian las transformaciones agropecuarias del área de estudio hasta el año 2008. La CrQG ha sido estudiada para los períodos 1988-1998 y 1998-2008 (VAZQUEZ *et al.*, 2012; 2013; 2014), donde se observan durante este tiempo las principales evoluciones agropecuarias del área de estudio seleccionada. En la actualidad se continúan estudiando Partidos que componen dicha Cuenca y el área que delimita y comprende la CrQG en si, algunos de estos trabajos fueron publicados tales como: Necochea (VAZQUEZ *et al.* 2017a), Tandil (VAZQUEZ *et al.* 2019b), Lobería (VAZQUEZ *et al.*, 2017b), Juárez (SEQUEIRA *et al.*, 2019) y demuestran que la agriculturización continúa al interior de los mismos y por lo tanto de la Cuenca hasta la actualidad con la expansión agrícola y sobre todo en estos últimos años con la intensificación agrícola a partir de la siembra de precisión (SOMOZA *et al.*, 2019). La figura 1 exhibe la localización de la Cuenca en el contexto regional y las principales características ecológicas y productivas de las seis UAE se describen en la tabla 1.

FIGURA 1
Localización y Unidades Agroecológicas de la Cuenca del río Quequén Grande.



Fuente: VAZQUEZ *et al.* (2014).

TABLA 1
Principales características ecológicas y productivas de las UAE.

UAE1

Correspondiente a Sierras y elevaciones del Sistema de Tandilia, presenta condiciones físicas/naturales que la definen como vulnerable ante un importante avance de los cultivos, debido fundamentalmente a las fuertes pendientes (mayores al 50%) que la exponen a procesos de erosión hídrica. En esta unidad se encuentran las cabeceras de la Cuenca que, en general, se presentan entre los 300 y 400 m de altura exhibiendo cursos de régimen temporario en valles estrechos. Presenta baja a nula agriculturización entre 1988 y 1998, lo que se condice con su aptitud: la capacidad de uso predominante varía entre IV y VIII dependiendo de las pendientes, profundidad del suelo y presencia de rocas y el índice de productividad es inferior a 36. En contraposición, en el segundo período seleccionado (1998-2008) se observa un muy alto proceso de agriculturización, principalmente en las pendientes medias y bajas de la unidad.

UAE2

Relativa a las lomas que bordean los paisajes serranos del Sistema de Tandilia, muestra como en el caso anterior, baja o nula agriculturización en el primer período (1988-1998), mientras que en el segundo período seleccionado (1998-2008), la unidad presenta una disminución del proceso de agriculturización, aunque aún continúa siendo alto. Si bien agrupa tierras aptas para cultivos (capacidad de uso II y IV e

índice de productividad cercano a 50) ya que cuentan con favorable textura y estructura superficial, alta saturación con bases intercambiables, adecuada retención de humedad y fertilidad natural (*argiudoles típicos* y *hapludoles petrocálcicos*), es importante mencionar que existe cierta susceptibilidad a la erosión hídrica, en especial en las áreas en contacto con la UAE1 donde las pendientes son mayores.

UAE3

Está comprendida por las lomas planas (pendientes de 0,1%) recortadas por numerosas vías de escurrimiento. El drenaje superficial e interno es generalmente imperfecto y asocia cursos de agua permanentes con valles profundos y lagunas. Los suelos que caracterizan las áreas altas y bien drenadas son los argiudoles típicos, que presentan capacidad de uso II. En las áreas donde el drenaje adquiere limitaciones, pueden encontrarse argiudoles ácuicos y natracuoles típicos, con capacidades de uso III y VI, respectivamente. Los mayores condicionantes para el desarrollo de cultivos son el drenaje y la sodicidad característica de algunos suelos (*natracuoles típicos*). El proceso de agriculturización es muy diferente a las unidades anteriores ya que, en el primer período seleccionado (1988-1998), presenta alta intensidad y en el segundo (1998-2008) media.

UAE4

Definida por lomas muy amplias onduladas a planas (pendientes aproximadas de 0,2%), como en el caso anterior (UAE3) presenta un proceso de agriculturización muy alto en el primer período, mientras que en segundo, el proceso disminuye a bajo o nulo. Esta unidad, en la que se asienta el Puerto Necochea-Quequén, integra cursos de agua permanentes pertenecientes al cauce principal del río Quequén en sus tramos medio e inferior. De acuerdo con Píccolo y Perillo (1997), en general, el ancho del río Quequén es poco variable, de 150 a 200 m aproximadamente, llegando a unos 400 m en la zona portuaria; el caudal medio alcanza unos 11,3 m³/s (SALA, 1975). Los suelos de esta unidad son en general bien drenados (argiudoles típicos), presentando en ocasiones problemas de drenaje y sodicidad (*natracuoles típicos*). La capacidad de uso está condicionada por las pendientes (susceptibilidad a erosión) y la sodicidad, variando entre II y VI. Los índices de productividad en esta unidad son los más altos alcanzados para Cuenca (54-74).

UAE5

Representada por planicies bajas y planas a suavemente onduladas, muestra características diferentes del proceso de agriculturización respecto de casos mencionados anteriormente: el proceso es medio en el primer período y bajo o nulo en el segundo. Esto puede deberse a las características propias de la unidad que asocia cursos de agua temporarios y lagunas de escasas dimensiones, presentando un drenaje imperfecto y pobre. Los suelos presentan limitaciones severas (drenaje y sodicidad) que los hacen inadecuados para el laboreo. Las capacidades de uso predominantes son VI (*natracuoles típicos*) y VII (*natracualfes típicos*) con un índice de productividad de 32.

UAE6

Integrada por planicies aluviales bajas a inundables, presenta cursos de agua de tipo temporario en valles encauzados. De la misma manera que en el caso anterior, los suelos van de imperfectamente drenados a pobremente drenados, predominando el régimen ácuico de humedad con severas limitaciones para el cultivo (drenaje y sodicidad). La agriculturización se caracteriza como alta en el primer período, mientras que en el segundo es baja o nula, restringida a los sectores mejor drenados de la unidad en los que se presentan *argiacuoles típicos*.

Fuente: VAZQUEZ *et al.* (2013).

2. METODOLOGÍA

Con la finalidad de evaluar temporalmente la pérdida de SE de soporte y regulación en las diferentes UAE de la CrQG, se construyeron y aplicaron tres indicadores de sustentabilidad definidos en este trabajo: conservación de la calidad de suelos y agua (CCSA), conservación de la biodiversidad (CB) y conservación del ecosistema (CE) adaptados de VIGLIZZO (2003).

El indicador CCSA refiere a la conservación de los recursos relacionada específicamente con el uso de agroquímicos, mientras que el indicador CB refleja el estado de conservación del hábitat en un área determinada que depende de los procesos productivos impuestos sobre la biodiversidad y la CE es un indicador que surge de los dos anteriores. Los indicadores adoptan un valor comprendido entre 0 y 1, que expresan la peor y mejor condición de conservación, respectivamente. Para estimarlos, se tomaron como base estudios antecedentes de las autoras (VAZQUEZ *et al.*, 2013; 2014; VAZQUEZ y ZULAICA, 2013), además para el cálculo de los indicadores se tuvo en cuenta el conocimiento de información precisa del área de estudio referida

al proceso de agriculturización y a los plaguicidas empleados entre 1988-1998 y 1998-2008 para cada UAE de la Cuenca. Esto requirió del análisis de los cambios de uso del suelo en el período seleccionado a partir de sensores remotos y de la realización de entrevistas a informantes calificados, cooperativas agrícolas, empresas de insumos agrícolas, productores agropecuarios, CREA, entre otros.

Así, con lo expuesto en el párrafo anterior, a partir de la ecuación, se pudo estimar el SE de CCSA:

$$CCSA = 1 - \frac{\left(\frac{1000}{DL50} \left[\frac{Ksp + R}{2} + Koc + T \frac{1}{2} \right] \times C \times S \right)}{10000000000}$$

Donde: DL 50, es el promedio de la dosis letal de los principales plaguicidas utilizados, que determina la toxicidad de los compuestos; Ksp, es el promedio de la solubilidad en agua de los principales plaguicidas utilizados; R, expresa la permeabilidad del suelo en las capas superficiales; Koc, es el promedio de coeficientes de adsorción de los compuestos por la fase orgánica del suelo; T½, es el promedio de la vida media de los productos utilizados; C, expresa la cantidad de producto aplicada por unidad de superficie; y S, es la superficie total en la cual se aplica el producto (en este caso, corresponde a las áreas agrícolas de la Cuenca obtenidas a partir de la clasificación supervisada de imágenes satelitales). Dado que el indicador se calculó considerando un espacio regional, la ecuación se ajustó dividiendo luego el resultado final, para evitar números extensos.

Luego para la estimación del servicio de CB, se consideraron las principales actividades desarrolladas en la CrGQ. Mediante el uso de determinados coeficientes, el indicador compara la vegetación actual con la vegetación potencial del mismo, es decir la vegetación que se supone que habría si el hombre no hubiese intervenido en el proceso sucesional. Los coeficientes utilizados para lograr esta comparación se presentan en la tabla 2.

TABLA 2
Coeficientes utilizados para estimar el CB.

Cantidad de especies
Este es el coeficiente que se considera de mayor importancia relativa, y se asignan 10 puntos de impacto si existe un cambio significativo (tanto pérdida como ganancia de especies) en la cantidad de especies debido a la intervención humana y 0 puntos si no hay cambio.
Origen
Se asignan 7,5 puntos de impacto si una proporción significativa de las especies presentes en la vegetación actual son introducidas a un determinado ecosistema. Se parte del supuesto que la vegetación nativa, al haber coexistido con la fauna nativa, tiene mayor capacidad de servirle de hábitat que la vegetación exótica.
Periodicidad
Referida a la vegetación dominante. Si la vegetación potencial era perenne y es reemplazada por especies anuales (aún si fueran nativas), se asignan al potrero correspondiente 5 puntos de impacto. Lo mismo sucede si la vegetación potencial era mayoritariamente anual y pasa a ser perenne.
Organización en estratos verticales
Se asume que una mayor cantidad de estratos se corresponde con una mayor disponibilidad de sitios para su utilización como hábitats naturales. Por consiguiente, un cambio en este número determina un cambio en la capacidad de provisión de refugio y alimento de los ecosistemas. Se asignan 2,5 puntos de impacto cuando esto ocurre.
Organización en sub-estratos verticales
Tiene un nivel de importancia relativa menor e incluye los cambios en la cantidad de sub-estratos dentro de alguno (o algunos) de los estratos principales.

Fuente: VIGLIZZO (2003).

Para obtener el valor del indicador de CB en en la CrQG se suman los coeficientes obtenidos para cada actividad o usos del suelo determinados por las imágenes clasificadas y se divide dicha sumatoria por 26 (para obtener un valor de cero a uno). Posteriormente, los valores obtenidos para cada actividad se multiplican por un coeficiente de ponderación que expresa la superficie ocupada

por cada actividad en la Cuenca. De esta manera, el CB queda expresado como se muestra a continuación en la ecuación:

$$CB = 1 - \sum cpSupAc * \left(\frac{Ce + Or + Pe + Oev + Osv}{26} \right)$$

Donde: CB, es el indicador de Conservación de la Biodiversidad; cpSupAc, es el coeficiente de ponderación que indica la proporción de la superficie del Partido ocupada por uso del suelo, obtenida a partir de la clasificación supervisada de imágenes satelitales; Ce, es el coeficiente relativo a la cantidad de especies; Or, indica el coeficiente referido al origen; Pe, expresa el coeficiente de periodicidad; Oev, es el coeficiente de organización de estratos verticales; y Osv, corresponde al coeficiente de estratos subverticales.

Por último, el indicador de Conservación del Ecosistema (CE), se utiliza para evaluar el nivel de afectación de los ecosistemas a partir de los procesos productivos que degradan el ambiente. Dentro de tales procesos se destacan dos características por la importancia de CE: la intervención del hábitat (o impacto negativo que impone un proceso productivo sobre la biodiversidad) y los agroquímicos aplicados. Luego, a partir de una adaptación de Viglizzo (2003), se utiliza la siguiente ecuación para calcular el indicador de impacto sobre el ecosistema.

$$CE = 1 - P * ((1 - CCSA) + (1 - CB))$$

Donde: P: corresponde a la proporción del uso del suelo destinado a la agricultura, sobre el total de la Cuenca.

Con todo lo anterior, se calcularon los indicadores descriptos para los períodos 1988-1998 y 1998-2008, años con las mayores transformaciones en los usos del suelo en la CrQG obtenidos a partir de datos aportados por las clasificaciones supervisadas de las imágenes de satélite Landsat 5 correspondiente a los años seleccionados y corroboraciones en campo (VAZQUEZ *et al.*, 2012; 2013; 2014). Luego, una vez estimados los indicadores de sustentabilidad se obtienen las relaciones entre los mismos, es decir se analiza el grado de intensidad de la relación entre ellos. Con esa finalidad se calculó el coeficiente correlación lineal o r de Pearson. Posteriormente se elaboraron gráficos de dispersión que muestran las relaciones entre los indicadores.

A partir del conjunto de resultados acerca de los indicadores de SE logrados al aplicar en todas las UAE de la CrQG, se analiza cuáles son más propensas a ser afectadas en mayor medida por el proceso de agriculturización, y donde se hace más relevante aplicar criterios referidos a la gestión ambiental y ordenamiento territorial con respecto a los CCSA, CB y CE, tanto por las actividades agropecuarias, como por las condiciones naturales de las mismas. Es importante destacar que el valor absoluto de los indicadores no tienen significado en sí mismo, sino que su utilidad reside en la capacidad de comparar, en este caso, la pérdida de SE en la Cuenca en distintos años.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 INDICADOR DE CONSERVACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS Y AGUAS (CCSA)

Como fue mencionado, este SE se asocia con el uso de agroquímicos. Para poder estimar la pérdida del servicio fue necesario realizar entrevistas a fin de conocer los principales agroquímicos utilizados en los establecimientos agrícolas en los años 1988, 1998 y 2008 (tabla 3), y la cantidad aplicada por unidad de superficie.

Los resultados revelan que algunos de los principios activos de los compuestos químicos aplicados en el primer período (1988-1998) corresponden a agroquímicos de primera generación. En relación con ello, se observa que en 1988, se utilizaban plaguicidas de altísima peligrosidad e impacto sobre el ambiente como es el caso del DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano), siendo que estaban los mismos estaban prohibidos desde 1969 por agroquímicos prohibidos por la LEY 18.073, aunque se continuaban utilizando reservas que habían quedado almacenadas. Por otra

parte, y con mayor predominancia respecto de los iniciales, se utilizaban agroquímicos de segunda generación.

Los agroquímicos utilizados en el segundo período (1998-2008), pasan a ser menos tóxicos, variando sólo entre los años seleccionados, la marca comercial y los valores de venta de los productos. Asimismo, cambia la cantidad aplicada por unidad de superficie en el año y la superficie en la que se emplean. Lo anterior, se condice con lo que plantea SARANDON *et al.* (2019), quienes expresan que en las últimas décadas, se ha profundizado un modelo basado en cultivos y animales de alto potencial de rendimiento, expresado mediante el uso intensivo de energía (fósil) y agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas). Como consecuencia, el uso de pesticidas en Argentina aumentó de 73 millones de Kg./l en 1995, a 317 millones de Kg./l en el año 2012 (CASAFE, 2015).

En la tabla 3 se muestran los principales plaguicidas empleados para cada año seleccionado, en las áreas de cultivo, con los parámetros a evaluar en el indicador de CCSA, y se observa que el indicador de CCSA para el año 1988 en el total de la Cuenca revela un valor de 0,975, mientras que en 1998 asciende a 0,945; presentando una disminución en la provisión del SE de 3,07% en el primer período. Para el segundo período dicha provisión disminuye un 52,60%, siendo el valor de 0,448 para el año 2008. Por lo tanto, de acuerdo con los valores obtenidos en el cálculo del indicador, la pérdida del SE de CCSA ligada al uso de agroquímicos fue de 54,05% entre 1988 y 1998.

Vale destacar el cambio producido en el tipo de principios activos utilizados: en el primer período los compuestos químicos aplicados corresponden a agroquímicos de primera generación (de altísima peligrosidad e impacto sobre el ambiente como es el caso del DDT (Dicloro Difencil Tricloroetano) mientras que en el segundo período los agroquímicos utilizados presentan valores inferiores de toxicidad (VAZQUEZ *et al.*, 2014). No obstante, se observa que la provisión de los mencionados servicios de regulación (pastizales naturales sin intervención ganadera, zonas con cuerpos de agua superficial y subterránea, entre otros) y de abastecimiento (cultivos y pasturas artificiales y naturales dedicadas a la ganadería) resulta afectada en mayor medida en el segundo período.

El principal motivo reside en el uso exponencial de herbicidas en el segundo período como consecuencia del incremento de la siembra directa (al no haber remoción de la tierra las malezas se eliminan sólo con herbicidas en dos oportunidades al año debido al doble cultivo -cereal/oleaginosa). 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 siembra directa (PENGUE, 2004). Actualmente, en el área de estudio y la región se evidencian aumentos en las dosis de plaguicidas empleadas (VAZQUEZ *et al.*, 2014; VAZQUEZ *et al.*, 2017a). Según un trabajo realizado por GONZALEZ *et al.* (2011) en la CrQG 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 períodos de carencia, sería factible encontrar residuos en los granos cosechados. En un estudio realizado por ROJAS *et al.* (2014), se tomaron 192 muestras de granos de maíz del Río Paraná y sur de la provincia de Buenos Aires, y observaron que contenían residuos de plaguicidas como cipermetrina mostrando niveles superiores al límite máximo permitido.

Es por todas las razones anteriormente mencionadas y demás cuestiones del saber que la Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires decide realizar un estudio para analizar el uso de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires (DPBA, 2015). Por lo tanto, se espera que este trabajo contribuya con datos que permitan aportar información de los perjuicios causados sobre los SE en la CrQG ubicada en la RPA.

TABLA 3
 Conservación de la calidad de suelos y aguas en la CrQG (1988-1998-2008).

Plaguicidas	DL 50	Ksp	R	Koc	T 1/2	C	S	CCSA
1988								
Herbicidas								
Picloran	0,048	3	4	5	5	0,025		
Paraquat	1,840	2	4	1	5	2		
Clorimurón	0,196	4	4	4	3	0,002		
2,4Dsal amina	0,882	3	4	5	2	0,8		
Atrasina	0,325	2	4	4	3	3		
Fungicidas								
Propiconazole	0,125	3	4	4	3	0,8		
Tebuconazole	0,063	2	4	2	2	1		
Insecticidas								
Cipermetrina	0,061	1	4	2	3	0,15		
Endosulfán	2,692	1	4	3	3	1,0		
Clorpirifos	2,152	1	4	3	3	0,4		
Metamidifós	50,000	5	4	5	1	0,7		
Aldrin	25,641	2	4	2	2	0,7		
DDT	8,850	4	4	5	1	0,3		
Totales							465110	0,975
1998								
Herbicidas								
Glifosato	0,086	5	4	1	3	2		
Paraquat	1,840	2	4	1	5	2		
Clorimurón	0,196	4	4	4	3	0,002		
2,4Dsal amina	0,882	3	4	5	2	0,8		
Atrasina	0,325	2	4	4	3	2,5		
Fungicidas								
Propiconazole	0,125	3	4	4	3	0,8		
Tebuconazole	0,063	2	4	2	2	1		
Insecticidas								
Cipermetrina	0,061	1	4	2	3	0,15		
Endosulfán	2,692	1	4	3	3	1,0		
Clorpirifos	2,152	1	4	3	3	0,5		
Metamidifós	50,000	5	4	5	1	0,7		
Totales							586500	0,945
2008								
Herbicidas								
Glifosato	0,086	5	4	1	3	3		
Paraquat	1,840	2	4	1	5	2		
Clorimurón	0,196	4	4	4	3	0,002		
2,4Dsal amina	0,882	3	4	5	2	0,8		
Atrasina	0,325	2	4	4	3	4		
Fungicidas								
Propiconazole	0,125	3	4	4	3	0,8		
Tebuconazole	0,063	2	4	2	2	1		
Insecticidas								
Cipermetrina	0,061	1	4	2	3	0,15		
Endosulfán	2,692	1	4	3	3	1,2		
Clorpirifos	2,152	1	4	3	3	0,6		
Metamidifós	50,000	5	4	5	1	0,8		
Totales							649220	0,448

Referencias: DL 50: dosis letal 50 (ton/g); Ksp: solubilidad (g/g); R: permeabilidad (4 corresponde al valor establecido para la Pampa Austral); Koc: coeficiente de adsorción del compuesto por la fase orgánica del suelo (g/g); T½: vida media de los productos utilizados (días); C: cantidad de producto aplicada anualmente por hectárea (l/ha); S: superficie de áreas agrícolas en la Cuenca (ha); y CCSA 1988-1998-2008: Conservación de Suelos y Agua en el año señalado. Fuente: Elaboración personal a partir de VAZQUEZ *et al.* 2014.

3.2 INDICADOR DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD (CB)

El proceso de agriculturización conlleva a una simplificación estructural y funcional de los ecosistemas. A fin de dimensionar el impacto de los cambios de uso sobre el hábitat original y la biodiversidad de la Cuenca, se utilizó el indicador CB. Dicho indicador fue calculado para los períodos 1988-1998 y 1998-2008, siguiendo el procedimiento detallado en la metodología. En la tabla 4 se especifican los coeficientes aplicados para cada año y los resultados obtenidos para ambos períodos.

Cuando se incorporan los datos relativos a la superficie de las actividades desarrolladas en la CrGQ se observa que disminuye su biodiversidad. Así, puede verificarse que entre 1988 y 1998 existe una disminución en el valor del indicador asociado con el servicio CB, el cual desciende de 0,343 a 0,300. El cambio de uso, se tradujo en una disminución del 12,53% en el servicio conservación de la biodiversidad evaluado según el indicador, entre los años considerados. Mientras que en el segundo período (1998-2008) disminuye de 0,300 a 0,269, que implica una disminución del 10,33% en la provisión del servicio. En total, en el área de estudio, la provisión del servicio de CB presenta una disminución total del 21,57%.

Sin duda, los cambios en el uso del suelo se traducen en la pérdidas de SE importantes referidos al hábitat y la reserva genética (SILVA ARROYAVE y CORREA RESTREPO, 2009), los valores estimados del indicador CB reflejan esta situación a medida que avanza la agriculturización en la Cuenca donde se generan alteraciones en la biodiversidad global, es decir, desde la diversidad genética dentro de poblaciones hasta la diversidad de ecosistemas en un paisaje, ya sea alterando la composición, riqueza y equitatividad, como las interacciones entre organismos, y dispersión de la biota más allá de los límites geográficos naturales.

TABLA 4
CrQG: Conservación de la biodiversidad entre 1988-1998 y 1998-2008.

	Actividades	cpSupAc	Ce	Or	Pe	Oev	Osv	CB
1988	Agrícolas	0,468	10	7,5	5	0	0	0,343
	Ganadería	0,521	5	7,5	0	0	0	
	Urbanas	0,002	10	7,5	5	2,5	1	
1998	Agrícolas	0,59	10	7,5	5	0	0	0,300
	Ganadería	0,384	5	7,5	0	0	0	
	Urbanas	0,004	10	7,5	5	2,5	1	
2008	Agrícolas	0,65	10	7,5	5	0	0	0,269
	Ganadería	0,332	5	7,5	0	0	0	
	Urbanas	0,008	10	7,5	5	2,5	1	

Referencias: cpSupAc: coeficiente de ponderación que indica la proporción de la superficie de la cuenca ocupada por la actividad; Ce: coeficiente relativo a la cantidad de especies; Or: coeficiente referido al origen; Pe: coeficiente de periodicidad; Oev: coeficiente de organización de estratos verticales; y Osv: coeficiente de estratos subverticales; CPB: indicador de riesgo parcial de intervención del hábitat; y CB: indicador de riesgo de intervención del hábitat. Fuente: Elaboración personal a partir de VAZQUEZ *et al.*, 2014.

3.3 INDICADOR DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA (CE)

Siguiendo el procedimiento propuesto en la metodología, el indicador de CE, se representa a continuación (tabla 5), donde se observa que dicho indicador permite establecer que la CrQG revela un descenso de 18,50% y 70,63% para el primer y segundo período seleccionado respectivamente, siendo el descenso total entre 1988 y 2008 de 76,06%.

Lo anterior coincide con lo expresado por varios autores (BERTONATTI y CORCUERA, 2001; MARTÍNEZ – GHERSA y GHERSA, 2005) quienes acusan que agroecosistemas pampeanos han sido difusa e intensamente transformados como consecuencia de los procesos agropecuarios. Sus ecosistemas nativos manifiestan un nivel de degradación alto. Por ello, el bioma del pastizal pampeano, y la región ecológica que conforma, acusan la mayor degradación del país.

Dentro de las consecuencias de los cambios de usos del suelo se destacan la pérdida de bienes y SE 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 (AUER y MACEIRA, 2017). En este contexto, teniendo en cuenta el avance del doble cultivo anual (cereal/oleaginosas) y la homogeneización de los paisajes, en detrimento de otros usos, especialmente la ganadería desplazada a criaderos de *feetlot*, es posible evidenciar el fuerte impacto producido sobre los SE. Es por esto, que 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.

TABLA 5

Cálculo de Conservación del Ecosistema en la CrQG.

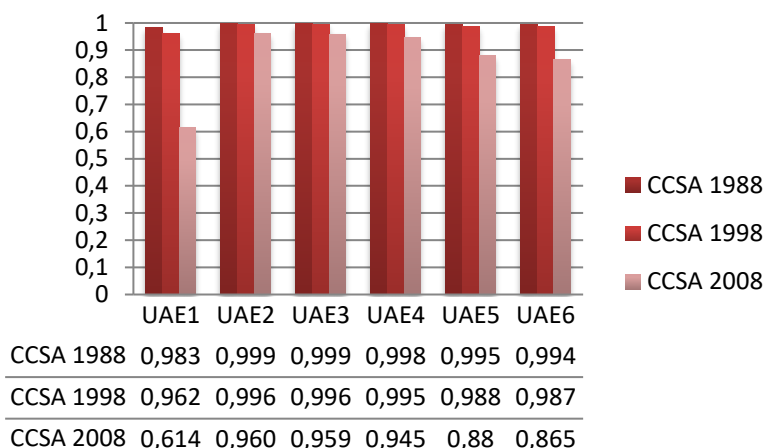
Años	Actividad	P	1-CCSA	1-CB	CE
1988	Agrícola	0,468	0,025	0,657	0,681
1998	Agrícola	0,590	0,055	0,700	0,555
2008	Agrícola	0,653	0,552	0,731	0,163

Referencias: P: corresponde a la proporción del uso del suelo destinado a la agricultura sobre el total de la Cuenca. Fuente: Elaboración propia a partir de VAZQUEZ *et al.*, 2014.

3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS AFECTADOS EN LAS UNIDADES AGROECOLÓGICAS DE LA CRQG.

Al hacer referencia específica del indicador de CCSA se observa que en el primer período presenta valores similares para las seis UAE que componen la Cuenca con valores superiores al 0,98 en el primer período. No obstante, los resultados evidencian para el segundo período una variación radical en la provisión del SE en la UAE1 correspondiente a “Sierras y elevaciones del Sistema de Tandilia” presentando una disminución del 36,17%. Por su parte, las “Planicies aluviales bajas e inundables” (UAE6) y las “Planicies bajas y planas a suavemente onduladas” (UAE5) presentan una marcada disminución, aunque menor, en la provisión del servicio de 12,36% y 10,93% (GRÁFICO 1).

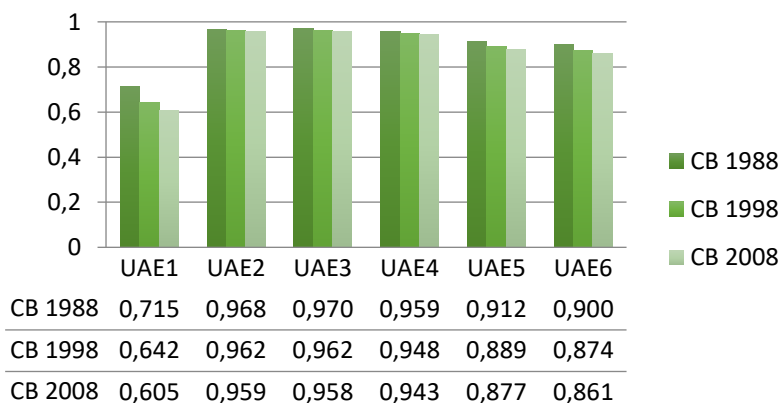
GRÁFICO 1
 Indicador de sustentabilidad, CCSA: valores obtenidos para las distintas unidades agroecológicas (UAE) en los años seleccionados (1988, 1998 y 2008).



Fuente: Elaboración personal.

Con respecto a las transformaciones en el uso de la tierra y la afectación del proceso sobre los SE referidos al CB (GRÁFICO 2) se observa, tanto en el primer período como en el segundo, que el área en mayor medida afectada se encuentran en la UAE1. Dicha Unidad presenta una caída total del 15,38% en la provisión del servicio desde 1988 hasta 2008. La baja más importante del SE en UAE1 sucede en el primer período de análisis (10,21%). El resto de las UAE si bien exhiben una disminución en la provision del servicio en todos los casos, dichos valores son menores al 3% en ambos períodos.

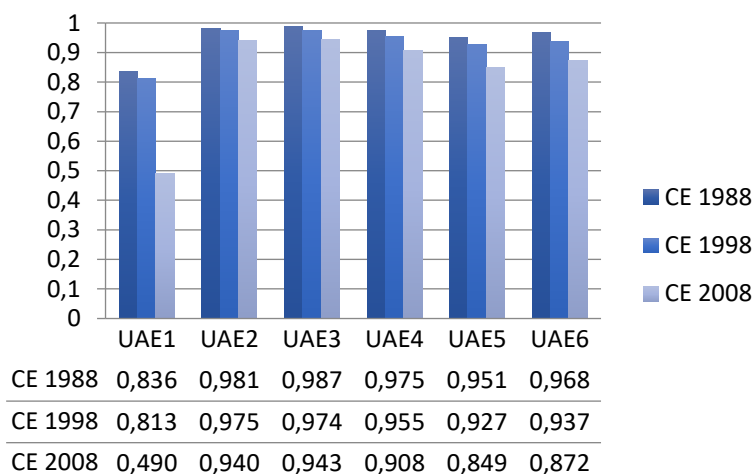
GRÁFICO 2
 Indicador de sustentabilidad, CB: valores obtenidos para las distintas unidades agroecológicas (UAE) en los años seleccionados (1988, 1998 y 2008).



Fuente: Elaboración personal.

Por último, el indicador CE (GRÁFICO 3) muestra un comportamiento similar en ambos períodos en el caso de las UAE2, UAE3 y UAE4, exhibiendo valores mayores a 0,90. La UAE1 presenta la mayor merma en la provisión de SE asociados a la CE en el período 1998-2008 de 39,72%, con una caída total del 41,38% en ambos períodos. Se observa también en las UAE5 y UAE6 una disminución total de 10,72% y 9,91% respectivamente.

GRÁFICO 3
Indicador de sustentabilidad, CE: valores obtenidos para las distintas unidades agroecológicas (UAE) en los años seleccionados (1988, 1998 y 2008).



Fuente: Elaboración personal.

Los valores absolutos obtenidos permiten afirmar que los riesgos están mayormente focalizados en la UAE1 correspondiente a Sierras y elevaciones del Sistema de Tandilia. Si bien evidencia una baja a nula agriculturización entre 1988 y 1998; entre 1998 y 2008 presenta un muy alto proceso de agriculturización, principalmente en las pendientes medias y bajas de la unidad a pesar de sus limitaciones (la capacidad de uso entre IV y VIII, escasa profundidad del suelo y presencia de rocas e índice de productividad inferior a 36) (VAZQUEZ *et al.*, 2013). Presenta condiciones físicas/naturales que la definen como vulnerable ante el importante avance de los cultivos debido fundamentalmente a las fuertes pendientes (mayores al 50%), que la exponen a procesos de erosión hídrica, y a la presencia de cabeceras de Cuenca.

A esta Unidad le siguen en orden de afectación de la provisión de SE la UAE5, representada por planicies bajas y planas a suavemente onduladas, y la UAE6, integrada por planicies aluviales bajas a inundables. Las aptitudes ecológicas y agrarias, como las limitaciones que presentan los suelos para el cultivo, en ambos casos no representan impedimentos para el avance de la actividad agrícola puesto que los insumos tecnológicos intensivamente empleados en los paisajes son capaces de transformar la identidad ecosistémica en pos de objetivos eminentemente económicos. En estos casos resulta afectada, particularmente, la provisión de servicio de regulación debido a la contaminación difusa de aguas subterráneas y superficiales y suelos por agroquímicos puesto que en estas zonas el nivel freático del agua subterránea se mantiene cercano a la superficie la mayor parte del año y el suelo se satura rápidamente.

A partir de los resultados obtenidos del cálculo de los indicadores para los tres años seleccionados (GRÁFICO 1, 2, 3), es posible afirmar que la provisión de SE asociados a CCSA, CB y CE presenta una disminución en todas las unidades de la Cuenca en estudio.

A continuación (tabla 6 – figura 2) se presentan los gráficos de correlación de los indicadores de sustentabilidad utilizados a fin de realizar un análisis integrado de los resultados obtenidos que surge de aplicar métodos cuantitativos (BUZAI y BAXENDALE, 2006) que permitan establecer relaciones entre los mismos. En este sentido, el coeficiente de correlación lineal o r de Pearson, es un estadístico que describe el grado de asociación entre los conjuntos de valores emparejados y permite, por lo tanto, obtener un indicador del grado de intensidad de la relación entre dos variables, en este caso indicadores de sustentabilidad. La correlación es perfecta y positiva si una variante aumenta en la misma proporción que la otra (+1). Contrariamente, la correlación es perfecta y negativa si una variante disminuye en la misma proporción que aumenta la otra (-1).

Los resultados obtenidos para los indicadores en cada año seleccionado revelan que existe una alta correlación positiva (muy cercana a uno) entre los indicadores CCSA, CB y CE para los tres años (tabla 6). En términos generales esto significa que los problemas ambientales evaluados por

cada indicador guardan una estrecha relación entre sí y por lo tanto sus soluciones debieran abordarse de modo integrado en una propuesta de OT de la CrQG.

A fin de mostrar con más claridad la relación de los indicadores en cada UAE, se elaboraron gráficos de dispersión (figura 2), que permiten verificar la existencia de una efectiva correspondencia de sus valores. Se muestran además, las rectas de regresión y sus respectivas ecuaciones, observándose que las mismas presentan pendientes semejantes.

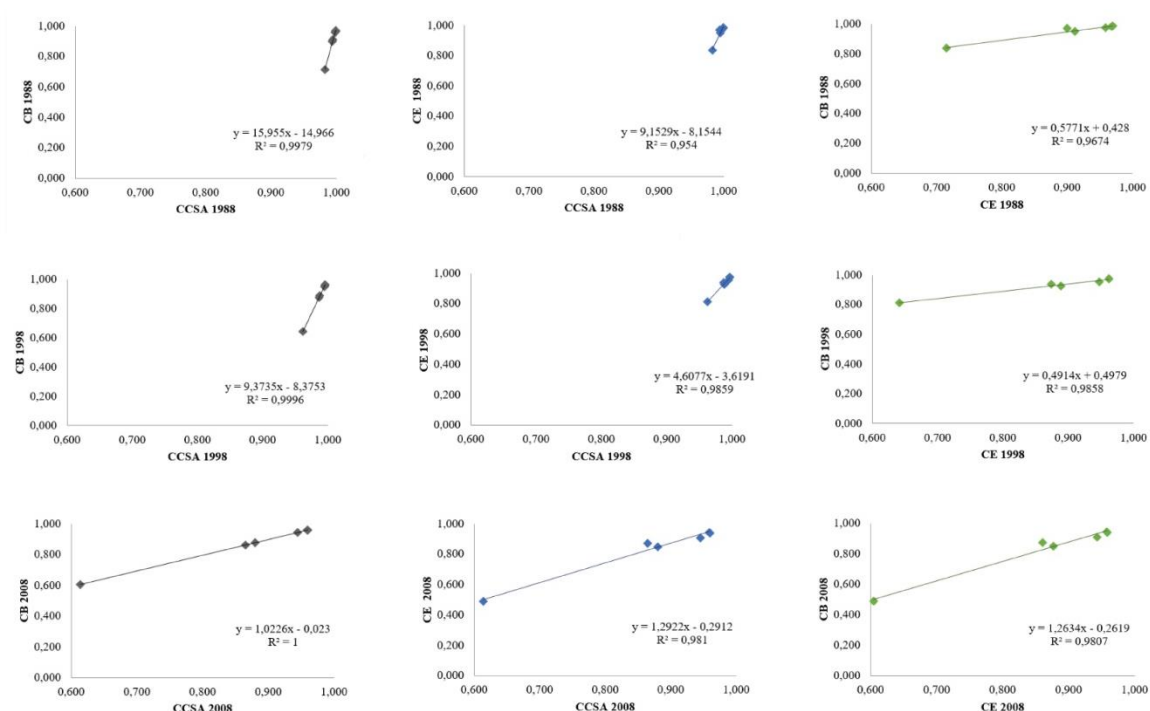
TABLA 6
Coeficientes de correlación lineal (r) entre los indicadores de sustentabilidad.

	r 1988	r 1998	r 2008
CCSA - CB	0,9990	0,9767	0,9836
CCSA - CE	0,9998	0,9929	0,9929
CB - CE	1,0000	0,9905	0,9903

Fuente: Elaboración personal.

FIGURA 2

Indicadores de sustentabilidad (CCSA, CB, CE): gráficos de dispersión por pares de indicadores para los años seleccionados (1988, 1998 y 2008) en las distintas unidades agroecológicas.



Fuente: Elaboracion personal.

Finalmente se identifican los principales SE cuya provisión resultaría impactada considerando no sólo las características ecológicas y productivas de cada UAE sino también las implicancias de las transformaciones en los usos de suelo evidenciadas en ellas (tabla 7).

TABLA 7
Caracterización de las UAE de la CrQG.

<p>Al localizarse en esta unidad las cabeceras de cuencas los principales servicios afectados son aquellos relacionados a la regulación y saneamiento hídrico y control de la erosión. Sin embargo, presenta valores de afectación menores al resto de las UAE's.</p> <p>El indicador CCSA disminuye notoriamente en la UAE1 en el segundo período presentando el menor valor en la provisión del servicio (0,614).</p> <p>A su vez, se observa que es el área en la cual los SE referidos al indicador CB resultan afectados en mayor medida tanto en el primer período como en el segundo.</p> <p>La situación se reproduce en relación al indicador de CE que presenta los menores valores en dicha Unidad para ambos períodos.</p> <p>Se consolida como una UAE fundamental para el fortalecimiento de la provisión de SE por poseer gran potencial como relicto para la conservación.</p>			
UAE1	<p>Servicios de provisión</p> <p>Recursos genéticos autóctonos entre los que se encuentran gran variedad de recursos medicinales y ornamentales</p> <p>Agua dulce</p> <p>Leña</p>	<p>Servicios de regulación</p> <p>Control de la erosión hídrica</p> <p>Purificación y provisión del agua</p> <p>Provisión de hábitat</p> <p>Mantenimiento de la biodiversidad</p> <p>Polinización</p>	<p>Servicios culturales</p> <p>Ecoturismo, disfrute paisajístico y recreación.</p> <p>Valor estético</p> <p>Valor de existencia de la biodiversidad autóctona</p> <p>Identidad del sitio</p> <p>Naturaleza como lugar para la educación ambiental</p> <p>Herencia cultural</p> <p>Usos con fines científicos</p>
<p>UAE de vital importancia para mantener y fortalecer la provisión tanto de los SE asociados directamente a la Unidad como los relacionados a la UAE1, UAE5 y UAE6. Funciona como un corredor natural entre sectores del paisaje con relictos de pastizales naturales (UAE1) donde urge impedir el avance del proceso de agriculturización que ha sido muy alto en el último período analizado y sectores de pasturas implantadas y/o pastizales mejorados con importantes limitaciones para el cultivo que permiten aún el desarrollo de la ganadería extensiva. Su ubicación como paisaje de transición y conexión entre las mencionadas UAE's y su aptitud agrícola generan una oportunidad para fomentar sistemas de producción mixtos.</p> <p>En las áreas que bordean la UAE1 los SE afectados están relacionados a dicha Unidad. En la superficie restante de la UAE los servicios cuya provisión resulta impactada se encuentran principalmente asociados a su aptitud agrícola.</p> <p>Presenta los menores porcentajes de disminución en la provisión de SE asociados al indicador CCSA, CB y CE (3,904, 0,940 y 4,179, respectivamente).</p>			
UAE2	<p>Servicios de provisión</p> <p>Agua dulce</p> <p>Alimentos derivados de la actividad agrícola producidos tanto extensiva como intensivamente</p> <p>Alimentos derivados de la actividad ganadera producidos extensivamente.</p>	<p>Servicios de regulación</p> <p>SE afectados por ser un área de transición entre paisajes contrastantes:</p> <p>Amortiguación de perturbaciones</p> <p>Mantenimiento de la biodiversidad relacionada a la provisión de hábitat tanto para la flora y fauna silvestre como para especies de explotación comercial</p> <p>Detoxificación y control de la contaminación</p> <p>Polinización de especies silvestres y cultivos</p> <p>Control biológico</p> <p>SE afectados relacionados a UAE1:</p> <p>Control de la erosión y protección del suelo</p> <p>Regulación hídrica</p> <p>Purificación y provisión del agua</p> <p>Se relacionados a UAE5 Y UAE6:</p>	<p>Servicios culturales</p> <p>Conocimiento ecológico tradicional local</p>

		Mantenimiento de la productividad natural	Reciclaje de nutrientes
<p>Las UAE's 3 y 4 evidencian un comportamiento similar en cuanto al proceso de agriculturización que posee un gran avance en el primer período analizado y disminuye para el segundo período. No obstante, la merma en la dinámica del proceso descrito se asocia a una transformación radical temprana del paisaje. A su vez la topografía, limitaciones y su asociación a cuerpos de agua de importancia comercial y numerosas vías de escurrimiento posibilitan un análisis conjunto de los principales SE afectados.</p> <p>Los valores absolutos obtenidos para los indicadores CCSA, CB y CE se mantienen estables en el período de estudio y exhiben, luego de la UAE2, los menores valores de merma en la provisión de servicios..</p>			
		Servicios de provisión	Servicios de regulación
UAE3 y UAE4	Agua dulce	Mantenimiento de la productividad natural de los suelos	Conocimiento ecológico local
	Conservación de recursos genéticos tanto nativos como comerciales	Control de la erosión y protección del suelo	Valor de existencia de la biodiversidad
		Servicios de regulación	Servicios culturales
UAE3 y UAE4	Alimentos provenientes de sistemas mixtos y relacionados a la economía social	Regulación climática - regional y local	Identidad del sitio
		Reciclaje de nutrientes	Herencia cultural
		Servicios de regulación	Servicios culturales
		Regulación atmosférica (captura de carbono)	
		Recarga de acuíferos	
		Polinización de especies silvestres y cultivos	
		Mantenimiento de la biodiversidad asociada principalmente a la provisión de hábitat para especies de explotación comercial	
		Control biológico	
		Control de especies exóticas invasoras	
		Procesado de residuos	
		Provisión de hábitat flora y fauna silvestres y comerciales	
<p>Las similitudes en las condiciones naturales características de UAE5 y UAE6, las limitaciones que presentan para el desarrollo de cultivos intensivos y la dinámica del proceso de agriculturización en ambas permiten describir conjuntamente la provisión de SE. Cabe mencionar, sin embargo, que dicha provisión en la UAE6 resulta afectada debido a los cambios en el uso del suelo percibidos en el primer período analizado.</p> <p>En este caso se lista y describe la provisión de SE que se mantiene relativamente estable por presentar áreas con escasos signos de intervención.</p> <p>El indicador de CCSA exhibe, en el segundo período, una disminución del 11,558% en las planicies aluviales bajas e inundables (UAE6) y del 12,978% en las planicies bajas y planas a suavemente onduladas (UAE5).</p>			
		Servicios de provisión	Servicios de regulación
UAE5 y UAE6	Agua dulce	Mantenimiento de la productividad natural de los suelos	Conocimiento ecológico local
	Alimentos derivados de la actividad agrícola integrada en sistemas mixtos con rotación (particularmente en UAE5 en planicies suavemente onduladas insertas en una matriz de planicies bajas)	Control de la erosión	Valor de existencia
		Servicios de regulación	Servicios culturales
UAE5 y UAE6	Alimentos derivados de la actividad ganadera extensiva	Regulación de nutrientes	Ecoturismo
	Conservación de recursos genéticos autóctonos y comerciales	Regulación hídrica	Actividades recreativas asociadas al avistaje de ave
		Servicios de regulación	Servicios culturales
		Purificación y provisión del agua	Identidad del sitio
		Captura de carbono por parte de pastizales y pasturas	Herencia cultural
		Amortiguación de perturbaciones	
		Mantenimiento de la biodiversidad relacionada a la provisión de hábitat tanto para la flora y fauna silvestre como para especies de explotación comercial	
		Detoxificación y control de la contaminación	

Polinización de especies silvestres y cultivos
Control biológico y resistencia a la invasión de especies exóticas

Fuente: Elaboración personal.

4. CONCLUSIONES

Se observa que las áreas más afectadas respecto de los SE de regulación son las UAE 1, 5 y 6. Dichos sectores presentan las transformaciones en los usos del suelo más radicales y los ecosistemas han sido adaptados en su mayor parte a la provisión de servicios de abastecimiento de importancia comercial. Sus limitaciones ecológicas y agrarias no representan impedimento alguno para el avance de la actividad agrícola puesto que los insumos tecnológicos intensivamente empleados son capaces de transformar la identidad ecosistémica en pos de objetivos eminentemente económicos. La homogeneidad de los paisajes característica de dichas unidades y del contexto agrícola regional actual genera impactos negativos sinérgicos en la provisión SE. La UAE1 se presenta como una unidad estratégica para la conservación por la importancia y vulnerabilidad que representan los sectores de mayor altitud y pendientes más pronunciadas para la prevención de procesos de erosión como por ser ecosistemas fundamentales para la regulación hidrológica y el saneamiento hídrico.

Por otro lado la UAE5 y UAE6 resultan paisajes claves para una provisión balanceada de servicios de abastecimiento, obtenidos a partir de sistemas que acoplan la actividad ganadera y agrícola, y de regulación. En estudios posteriores se tendrá en cuenta la actualización y profundización de los datos obtenidos en la CrQG y los Partidos que la componen.

Resulta inaplazable, fundamentalmente en la UAE2, UAE3 y UAE4 elaborar estrategias de planificación del uso de los recursos naturales, promoviendo la preservación de los espacios nativos y fomentando incluso la protección de áreas que aún conservan su diversidad natural. Esto conforma un objetivo prioritario, dado que estas unidades han sido las más afectadas por las consecuencias generadas por las transformaciones agroproductivas en la CrQG.

5. BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, M. y NICHOLLS, C. (2000): Agricultura tradicional y conservación de la biodiversidad. En: ALTIERI, M. y NICHOLLS, C., "Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable". México D.F., PNUMA, p. 181-192.

APARICIO, V. y COSTA, J. (2017): "Los plaguicidas agregados al suelo y su destino en el ambiente". En APARICIO, V.; MAYORAL GONZALO, E. y COSTA, J. Plaguicidas en el ambiente. Buenos Aires: Ediciones INTA, p 50-63.

ARRIAGA CABRERA, L. (2009): "Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar". Investigación ambiental Ciencia y política pública, vol. 1, n° 1, p. 6-16.

AUER, A. y MACEIRA, N. (2017): "¿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. doi: <https://doi.org/10.14409/pampa.v15i15.6602>

BERTONATTI, C. y J. CORCUERA (eds.). (2001): Situación Ambiental Argentina 2000. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, 440 pp.

BUREL, F. y BAUDRY, J. (2002): Ecología del Paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones. Madrid: Mundi-Prensa, 353 p.

BUZAI, G. y BAXENDALE, C. (2006): Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica, Buenos Aires: Lugar Editorial.

CABRERA, A. L., y WILLINK, A. (1973): Biogeografía de América latina. Washington DC: Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 117 p.

CARRASCO, A. E., SÁNCHEZ, N. E., y TAMAGNO, L. E. (2012): "Modelo agrícola e impacto socioambiental en la Argentina: monocultivo y agronegocios". Series: Serie Monográfica Sociedad y Ambiente: Reflexiones para una nueva Latinoamérica; Monografía N° 1.

CASAFE (Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes). (2015): Mercado Argentino de Productos Fitosanitarios, 2012. Elaboración: Kleffmann & Partner SRL – KLEFFMANN GROUP, p. 9.

DPBA (Defensoría del Pueblo de la Provincia de Buenos Aires). (2015): Relevamiento de la utilización de Agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires – Mapa de Situación e incidencias sobre la salud. Informe técnico, 533 p.

DAILY, G. C. (1997): *Nature's services* (vol. 3). Island Press, Washington, DC.

DE GROOT, R., WILSON, M. y BOUMANS, R. (2007): "A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services". *Ecological Economics*, n° 41, p. 393-408. doi: [https://doi.org/10.1016/S09218009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S09218009(02)00089-7)

GONZALEZ, M., MIGLIORANZA, K. S., SHIMABUKURO, V. M., LONDONO, O. M. Q., MARTINEZ, D. E., AIZPÚN, J. E., y MORENO, V. J. (2012): "Surface and groundwater pollution by organochlorine compounds in a typical soybean system from the south Pampa, Argentina". *Environmental Earth Sciences*, vol.65, n° 2, p. 481-491.

IERMANÓ, M. J. y SARANDÓN, S. (2016): "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*, vol. 11, n° 2, p. 94-103.

JACOBO, E., RODRÍGUEZ, A., GONZÁLEZ, J. y GOLLUSCIO, R. (2016): "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*, vol. 33, n°1, p. 1-14.

MARTÍNEZ-GHERSA, M. A., y GHERSA, C. M. (2005): "Consecuencias de los recientes cambios agrícolas". *Ciencia hoy*, vol.15, n° 87, p. 37-45.

MARTÍNEZ, G. (2007): "Mapeo geomorfológico con imágenes Landsat 7 y Radarsat 1 en la cuenca del río Quequén Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina". En XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Mar del Plata.

MARTÍNEZ, D., MASSONE, H., MARTÍNEZ, G., FERRANTE, A., TERUGGI, L. y FARENGA, M. (2004): "Hidroquímica y flujo subterráneo en la Cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires, Argentina". En: XXXIII Congreso Internacional de Hidrogeología, AIH-ALHSUD, Zacatecas, p. 18-23.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005): *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, D.C.: Island Press, p. 266.

MONTICO, S. (2004): "El manejo del agua en el sector rural de la Región Pampeana Argentina". *Revista THEOMAI, Estudios sobre Sociedad, Naturaleza y Desarrollo*, número especial, p. 1-10.

PARUELO, J., GUERSCHMAN, J., PIÑEIRO, G., JOBBAGY, E., VERÓN, S., BALDI, G. y BAEZA, S. (2006): "Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: marcos conceptuales para su análisis". *Agrociencia*, vol. 10, n°2, p. 47-61.

PENGUE, W. (2004): "Producción agroexportadora e (in) seguridad alimentaria: El caso de la soja en Argentina". *Revibec: Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, vol. 1, p. 4655.

QUIJAS, S., SCHMID, B., y BALVANERA, P. (2010): "Plant diversity enhances provision of ecosystem services: a new synthesis". *Basic and Applied Ecology*, vol. 11, n° 7, p. 582-593.

RUIZ, V., SAVÉ, R. y HERRERA, A. (2013): "Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993-2011". *Ecosistemas*, vol. 22, n° 3, p. 117-126. doi: 10.7818/ECOS.2013.22-3.16

ROJAS, D., MESSINA, V., SANCHO, A., PESQUERA, N., CRISTOS, D., GALICIO, M. y RICCA, A. (2014): "Cuantificación de plaguicidas residuales en granos de maíz (*Zea mays* L.) aplicando técnicas de evaluación residual". *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, vol. 5, n° 1, p. 001-017.

SARANDÓN, S. J. y FLORES, C. C. (2014): *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. p. 131-158.

SARANDÓN S., FLORES, C., ABBONA, E., IERMANÓ, M.J., BLANDI, M.L., OYHAMBURU, M. (2019): "Uso de agroquímicos en la Provincia de Buenos Aires, Argentina: las consecuencias de un modelo agropecuario". En Memorias del V Congreso latinoamericano de agroecología. Archivo Digital: descarga y online ISBN 978-950-34-1265-7, Facultad de Ciencias Forestales, La Plata, Argentina.

SEQUEIRA, N., VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2019): "Definición y caracterización de unidades ecológicas en el partido de Benito Juárez (Argentina): aportes para planificar el uso sustentable de los recursos". Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR, n° 33, p. 31 - 36.

SOMOZA, A., VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2019): "Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas para la gestión ambiental rural". Revista de Investigaciones Agropecuarias RIA, vol. 44, n° 3, p. 398-423.

TISCORNIA, G., ACHKAR, M., y BRAZEIRO, A. (2014): "Efectos de la intensificación agrícola sobre la estructura y diversidad del paisaje en la región sojera de Uruguay". Ecología Austral, vol. 24, n°2, p. 212-219.

VAZQUEZ, P., SACIDO, M. y ZULAICA, L. (2012): "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, vol. 50, p. 88-119.

VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2013): "Intensificación agrícola y pérdida de servicios ambientales en el Partido de Azul (Provincia de Buenos Aires) entre 2002 y 2011". Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, vol. 25, n° 3, p. 543-556.

VAZQUEZ, P., SACIDO, M. y ZULAICA, L. (2013): "Zonificación Agroecológica de la Cuenca del río Quequén Grande provincia de Buenos Aires, argentina". Revista Electrónica Georaguaia, Universidad de Federal de Mato Grosso, vol. 3, n° 2, p. 26-45.

VAZQUEZ, P., ZULAICA, L. y SACIDO, M. (2014): "Indicadores de sustentabilidad en las unidades agroecológicas de la Cuenca del Río Quequén Grande (Argentina)". CampoTerritorio: Revista de Geografía Agraria, vol. 9, n° 19, p. 118-148.

VAZQUEZ, P., ZULAICA, L. y REQUESENS, E. (2016): "Análisis ambiental de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Azul (Buenos Aires, Argentina)". Agriscientia, vol. 33, n° 1, p. 15-26.

VAZQUEZ, P., ZULAICA, L. y BENAVIDEZ, B. (2017a): "Agriculturización e impactos ambientales en el partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina". Raega-O Espaço Geográfico em Análise, vol. 39, p. 202-218.

VAZQUEZ, P., ZULAICA, L. y SEQUEIRA, N. (2017b): "Tasas de cambio de uso del suelo y agriculturización en el partido de Lobería, Argentina". Ciencias agronómicas (UNRRosario), vol. 17, n° 29, p. 28-36.

VAZQUEZ, P., ZULAICA, L. y SOMOZA A. (2019a): "Agriculturización, impactos ambientales y zonificación ecológica en el partido de Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires, Argentina). Período 2002-2017". GOT - Geografia e Ordenamento do Território, vol. 18, p. 209 - 232.

VAZQUEZ, P., ZULAICA, L. y SOMOZA, A. (2019b): "Tasas de cambio de uso del suelo y agriculturización en el partido de Tandil, Argentina". Geoambiente on-line, n° 34, p. 66 – 86.

VIGLIZZO, E. (2003): Manual AGRO-ECO-INDEX. Buenos Aires: Programa Nacional de Gestión Ambiental Agropecuaria-Proyecto de Eco-Certificación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

VIGLIZZO, E., FRANK, F., CARREÑO, L., JOBBÁGY, E., PEREYRA, H., CLATT, J., PINCÉN, D. y RICARD, F. (2011): "Ecological and environmental footprint of 50 years of agricultural expansion in Argentina". Global Change Biology, vol. 17, n° 2, p. 959-973.

VOLANTE, J., MOSCIARO, M. J., MORALES POCLAVA, M. C., VALE, L., CASTRILLO, S., SAWCHIK, J., TISCORNIA, G., FUENTE, M., MALDONADO, I., VEGA, A., TRUJILLO, R., CORTÉZ, L. y PARUELO, J. (2015): "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, vol. 41, n° 2, p. 179-191.