



VÁZQUEZ, PATRICIA

CONICET. Centro de Estudios Sociales de América Latina (CESAL),
Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la
Provincia de Buenos Aires.

Paraje Arroyo Seco s/n, CP 7000 Tandil, Argentina.

patriciavazquez@conicet.gov.ar

ZULAICA, LAURA

CONICET. Instituto del Hábitat y del Ambiente (IHAM), Facultad de
Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD), Universidad Nacional de Mar
del Plata (UNMDP).

Funes 3350, CP 7600 Mar del Plata, Argentina.

laurazulaica@conicet.gov.ar

SOMOZA, AILÍN

CONICET. CESAL, FCH, UNCPBA.

Paraje Arroyo Seco s/n, CP 7000 Tandil, Argentina.

somoza.ailin@conicet.gov.ar

Agriculturización, impactos ambientales y zonificación ecológica en el partido de Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires, Argentina). Período 2002 y 2017.

Transformações agrícolas, impactos ambientais e zoneamento ecológico. Departamento de Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina). Período 2002 e 2017.

Agricultural transformations, environmental impacts and ecological zoning. Department of Tres Arroyos (Buenos Aires, Argentina). Period 2002 and 2017.

Referência: Vazquez, Patricia; Zulaica, Laura; Somoza, Ailín (2019). Agriculturización, impactos ambientales y zonificación ecológica en el partido de Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires, Argentina). Período 2002 y 2017. Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT), n.º18 (Dezembro). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 209-232, [dx.doi.org/10.17127/got/2019.18.009](https://doi.org/10.17127/got/2019.18.009)

RESUMEN

El partido de Tres Arroyos manifiesta una tendencia al proceso de agriculturización. En este contexto, surge como objetivo analizar las transformaciones agroproductivas y estimar el impacto sobre la biodiversidad mediante el indicador Riesgo de Intervención del Hábitat (RIH) (período 2002-2017), a partir del uso de sensores remotos. Una zonificación preliminar del Partido permitió definir paisajes que establecen diferenciaciones en el proceso de agriculturización y sus impactos. Se realizaron dos clasificaciones supervisadas de imágenes satelitales. Posteriormente, se obtuvieron los estadísticos de cada cobertura del suelo y se aplicó la ecuación correspondiente al RIH. Se evidencia un incremento de la superficie agrícola en un 53,31% en desmedro de las áreas ganaderas (38,70%) y un aumento del RIH del 12% que se manifiesta en una simplificación estructural y funcional de los paisajes agrícolas. Se concluye que esta investigación contribuirá a la gestión ambiental del Partido para un futuro ordenamiento territorial.

Palabras-clave: Sensores Remotos; Indicadores de Sustentabilidad; Usos de la Tierra; Zonificación Ecológica; Gestión Ambiental.

RESUMO

O departamento de Tres Arroyos mostra uma tendência à expansão e intensificação agrícola. O objetivo é analisar as transformações agroprodutivas na área de estudo no período 2002 a 2017 a partir do uso do sensoriamento remoto e estimar seu impacto sobre a biodiversidade por meio de um indicador de sustentabilidade: Risco de Intervenção do Habitat (RIH). A partir do zoneamento preliminar do território foram definidas paisagens que estabelecem diferenciações no processo analisado e seus impactos. Duas classificações supervisionadas de imagens de satélite foram feitas usando o software ENVI 5.1. Foram obtidas as estatísticas de cada cobertura do solo e a equação correspondente ao RIH. Há evidências de um aumento das áreas agrícolas (53,31%) em detrimento das áreas de pecuária (38,70%) e um aumento do RIH de 12% que expressa uma simplificação estrutural e funcional das paisagens agrícolas. Conclui-se que o presente estudo representa uma contribuição para a gestão ambiental do território para um futuro planejamento territorial.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; Indicadores de Sustentabilidade; Usos da Terra; Zoneamento Ecológico; Gestão Ambiental.

ABSTRACT

Tres Arroyos department shows a clear tendency to the process of agriculturization. The aim of this work is to analyze the agroproductive transformations in Tres Arroyos during the period 2002-2017 from the use of remote sensing and estimate its impact on biodiversity through a sustainability indicator Risk of Intervention of the Habitat (RIH). It is intended to define landscapes that allow establishing distinctions in the process of agriculturization and its impacts within the territory studied through a preliminary zoning. Two supervised classifications (ENVI software 5.1) of satellite images were carried out. Then the data provided by the images for the Department in conjunction with the corresponding equation of RIH were applied. There is evidence of an increase in the agricultural area by 53.31% between both years to the detriment of the livestock areas (38.70%) and an increase in the RIH of 12%. During the period a structural and functional simplification of the ecological units and of the agricultural landscapes is manifested. It is concluded that this investigation will contribute to the environmental management of the study area for a future territorial planning.

Keywords: Remote Sensing; Sustainability Indicators; Land Uses; Ecological Zoning; Environmental Management.

Introducción

La producción agrícola en Argentina ha tenido un salto sin precedentes en su crecimiento durante las dos últimas décadas, hecho que ha convertido al país en uno de los países de mayor expansión de su agricultura, en términos no únicamente de producción, sino también de adaptación tecnológica intensiva. Una de las áreas que resultó mayormente transformada fue la Región Pampeana Argentina (RPArg), un territorio de aproximadamente 50 millones de hectáreas (Pengue, 2009).

Desde el año 2000 aproximadamente, la superficie agrícola del país sufrió un incremento de alrededor de un 50%, mientras que la producción de granos creció un 400%. La frontera agrícola ha sido desplazada hacia zonas de mayor fragilidad, tradicionalmente agrícolas o ganaderas (Cruzate y Casas, 2012). Particularmente, en la RPArg la superficie sembrada con los cuatro principales cultivos (soja, maíz, trigo, girasol) pasó de 14,2 millones de hectáreas en el trienio 1980/82 a 32,0 en 2013/15, es decir un 125% de aumento de tierra agrícola, mientras que la producción lo hizo de 26,7 millones de toneladas a 106,4 o sea un incremento de 298% (Ministerio de Agroindustria, 2016).

La situación mencionada ocurre en circunstancias macroeconómicas que promueven un permanente aumento de escala de producción, la intensificación en el uso de insumos y los nuevos conocimientos de gestión agropecuaria y de manejo del capital económico y financiero que priorizan, en función de los precios globales, muy pocos commodities, como la soja. De esta manera, desde el punto de vista económico y particularmente desde mediados de la primera década del presente siglo (2004), la tendencia en el cambio de los precios internacionales de las materias primas, genera una presión de demanda que motoriza un proceso intensificación productiva y de extensión hacia regiones extra pampeanas (Pengue, 2014).

El contexto anterior se expresa en el denominado proceso de “agriculturización”, definido como el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en reemplazo de usos ganaderos o mixtos y, desde la perspectiva de la RPArg, se lo vincula con cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria hacia regiones extrapampeanas y tendencia al monocultivo de soja o la combinación trigo-soja (Martínez Guersa y Ghera, 2005).

En la RPArg, la agriculturización determinó la preeminencia de sistemas agrícolas empresariales de elevado uso de insumos (Volante et al. 2012). Esta conversión de ecosistemas naturales a tierras agropecuarias produce importantes impactos ambientales, se caracteriza por una baja agrobiodiversidad y, por ende, una disminución de los servicios ecológicos que ésta brinda (Iermanó y Sarandón, 2016; Volante et al. 2012). También induce a la transformación de los paisajes, intervención del hábitat, pérdida de suelos y nutrientes, contaminación por plaguicidas, entre otros. Además, puede influir sobre el clima, ciclo del agua y sobre las emisiones de gases causantes del efecto invernadero (Tiscornia et al. 2014).

Ante la situación regional descripta, los estudios sobre el cambio y cobertura del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de diversas problemáticas ambientales asociadas a una región determinada (Lambin y Meyfroidt 2010). Esta temática cobra cada vez más importancia en las investigaciones ambientales puesto que gran parte de los cambios ocurridos en los ecosistemas terrestres se vinculan con la conversión de la cobertura del suelo y la degradación e intensificación en el uso del terreno (Bocco y Urquijo, 2013). Particularmente en este estudio, el análisis de los cambios de uso del suelo constituye una herramienta útil para tomar dimensión del proceso de agriculturización y sus impactos asociados.

La planificación en el uso de la tierra resulta necesaria para la sustentabilidad ecológica, económica y social del territorio (Suárez Venero, 2014). En este sentido, la zonificación constituye una de las principales herramientas para disminuir los riesgos ambientales generados por transformaciones en los usos del suelo que no responden a las aptitudes agroecológicas de los paisajes. La zonificación es definida por la FAO como la división de un área en unidades más pequeñas con similares características y su resultado consiste en identificar usos de la tierra acordes a la capacidad productiva de los recursos naturales procurando la conservación del ecosistema (FAO, 1997).

En este contexto, los sensores remotos e indicadores de sustentabilidad constituyen instrumentos útiles para estimar tendencias en la sustentabilidad de los paisajes caracterizados por una fuerte diversidad ecológica (Vazquez et al. 2012; 2016; 2017).

En el estudio del proceso de agriculturización, los sensores remotos se han convertido en una herramienta ideal para caracterizar y mapear el uso/cobertura del suelo y la estructura

del paisaje (Baeza et al. 2014), debido a su utilidad para relevar áreas extensas con cierta regularidad y extensión temporal y espacial (Volante et al. 2012). Desde hace varios años, estas herramientas poseen un rol cada vez más importante en relación al estudio de la agricultura, con diversas aplicaciones en escalas globales, regionales y locales, entre las que se destacan aquellas relacionadas con la agricultura de precisión (Muñoz y Radic, 2014).

A su vez, los indicadores de sustentabilidad, permiten evaluar en qué medida las actividades productivas se acercan o alejan de los objetivos implícitos en el concepto de sustentabilidad (Iermanó et al. 2014), conformando una herramienta práctica para volcar aspectos de naturaleza compleja y multidimensional en valores claros, objetivos y generales. Los mismos deben ser elegidos y contruidos de acuerdo con el objetivo perseguido (Sarandón, 2002).

Partiendo de las consideraciones realizadas, el presente trabajo plantea como objetivo analizar las transformaciones agroproductivas en el partido de Tres Arroyos inserto en la RPArg, durante el período 2002-2017 a partir del uso de sensores remotos y estimar su impacto sobre la biodiversidad mediante un indicador de sustentabilidad: Riesgo de Intervención del Hábitat (RIH). Posteriormente, mediante la zonificación preliminar del Partido, se pretende definir paisajes que permitan establecer diferenciaciones en el proceso de agriculturización y sus impactos al interior del territorio estudiado. En este sentido, se considera que la diversidad ecológica del área de estudio puede conceptualizarse en términos de paisaje; los mismos son entendidos como un territorio de características heterogéneas, comprenden un mosaico de espacios naturales y antrópicos que definen patrones espacio-temporales como resultado de las complejas interacciones entre factores físicos, biológicos, sociales y económicos, y que suponen una relación entre la configuración espacial y los procesos ecológicos (Forman y Godron, 1986; Burel y Baudry, 2002).

En función de lo expresado, la presente investigación contribuye a diagnosticar el estado de situación ambiental del partido de Tres Arroyos a fin de orientar la toma de decisiones tendiendo a la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Área de Estudio

La RPArg, se subdivide en subregiones (Viggliozzi et al. 2002), y el partido de Tres Arroyos se localiza en la denominada Región Pampeana Austral, que integra 21 distritos de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). El Partido posee una superficie de 5963 km² y de acuerdo con los datos del último censo nacional (INDEC, 2010) poseía en ese año 57.497 habitantes. Las proyecciones realizadas a 2015 (Dirección Provincial de Estadística, 2016) indicaban un crecimiento de apenas el 0,08%. Limita hacia el este con el partido de San Cayetano, hacia el norte con los partidos de Adolfo González Chaves y Coronel Pringles, hacia el oeste con el partido de Coronel Dorrego y hacia el sur con el océano Atlántico.

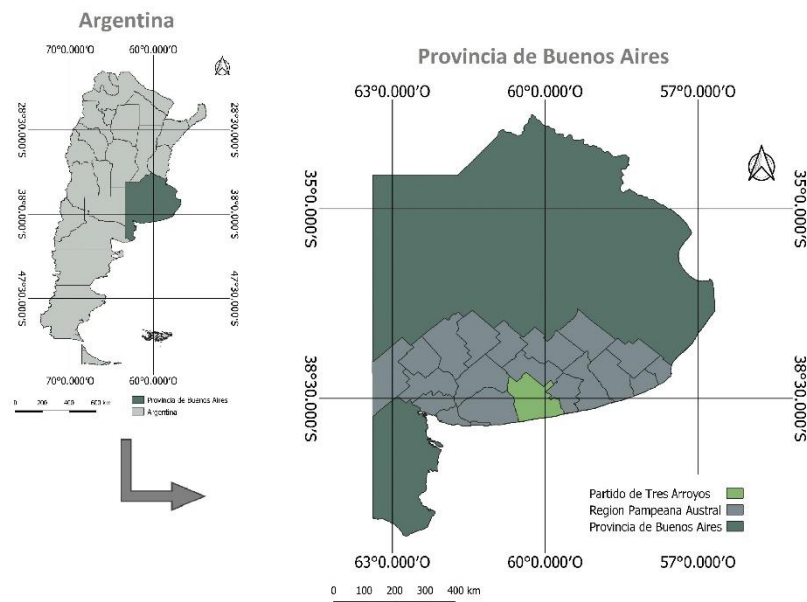


Fig. 1 – Localización del partido de Tres Arroyos.
Fuente: Elaboración personal.

El Partido presenta condiciones favorables agroecológicas que han permitido el desarrollo de agroecosistemas que fueron sustituyendo la pseudoestepa de gramíneas caracterizada por los géneros *Stipa*, *Poa*, *Piptochaetium* y *Arístida* (Cabrera, 1976).

El crecimiento económico y social del Partido junto a la complejización de sus actividades agropecuarias derivó en la sustitución extensiva de la vegetación originaria por agroecosistemas, con las consecuentes pérdidas de biodiversidad que caracterizan la región. No obstante, este reemplazo de pastizales nativos, las variaciones en las características geomorfológicas, edáficas e hidrológicas, son las que determinan en mayor o menor

medida, la capacidad de uso de las tierras, las limitaciones para el desarrollo agroproductivo y los niveles de intervención de los ecosistemas seminaturales.

Materiales y Métodos

Metodológicamente, el estudio de las transformaciones mencionadas demandó la comparación de la cobertura del suelo del Partido en un período de 15 años. Para ello se utilizaron dos imágenes satelitales: una captada por el sensor TM de la misión Landsat 5 con fecha de adquisición del 17/02/2002, y otra más actual captada por el sensor OLI de la misión Landsat 8 con fecha del 07/02/2017. Las imágenes, con Path/Row 225-86, fueron adquiridas del Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) de Brasil (www.inpe.br) y de la página <http://landsat.usgs.gov/> correspondiente a U.S. Department of the Interior, respectivamente. Para el procesamiento de las imágenes se utilizó el Software ENVI 5.1 (Reserch System Inc., Boulder, CO, USA).

Estos archivos de imágenes en constante expansión del programa Landsat poseen valiosos datos para el monitoreo ecológico, el cambio detección de usos y conservación de la biodiversidad (Vogelmann et al. 2016; Young et al. 2017).

La corrección atmosférica de los canales visibles e infrarrojo cercano se realiza convirtiendo ambas imágenes a valores de radiancia (Chander y Markham, 2003; Chander et al. 2007) y la reflectancia TOA fue convertida a reflectancia en superficie, asumiendo superficie Lambertiana en zonas de planicie con condiciones libres de nubes (Schroeder et al. 2006; Soudani et al. 2006).

Posteriormente, cada imagen Landsat 5 y 8 se georreferenció utilizando como imagen base la provista por el recorte de un mosaico de imágenes (2135) del sensor ETM+, obtenido de la Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface (www.landcover.org). El modo de operación de georreferenciación consistió en una técnica basada en la obtención de 40 puntos de control para cada una de las dos imágenes, lo cual se realizó eligiendo puntos a través de una interpolación matricial realizada por el Software ENVI 5.1, aplicando un resample de image-to-image (Richards, 1999). De esta manera, las imágenes de 2002 y 2017 quedaron corregidas geométricamente, y en este caso particular, la imagen Landsat 5

presentó un RMS de 0,0078; mientras que la imagen Landsat 8 mostró un RMS de 0,0062. Finalmente, ambas imágenes fueron proyectadas en UTM- Datum WGS-84 - Zona 21 Sur.

Sobre las imágenes procesadas de 2002 y 2017 se realizó una clasificación supervisada con el fin de distinguir diferentes coberturas del suelo seleccionadas en este estudio. Por lo tanto, primeramente, fue necesario obtener 30 puntos de GPS (Global Position System) del Partido, para luego proyectarlos en las imágenes y delimitar las áreas con las coberturas propuestas en esta investigación, debido a que el procedimiento de clasificación supervisada consiste, en la construcción de “Regiones de Interés” (ROIs) y, luego, en la construcción de temas o categorías de coberturas.

Dichas categorías se refieren a coberturas de áreas cultivables y a cultivar agrícolas (teniendo en cuenta el doble cultivo anual), coberturas con pasturas y pastizales naturales (destinadas a pastoreo), coberturas urbanas, coberturas con cuerpos de agua y coberturas de médanos y playas. Las coberturas con cultivos (cereales y oleaginosas en crecimiento y con cobertura total) fueron agrupadas a partir de la función Post Clasificación y conjugado ambas coberturas con la expresión *Combine Classes*. Luego, las áreas de cobertura a cultivar (rastros y cultivos a cosechar) también se agruparon a través de la función mencionada anteriormente. Por último, las coberturas a cultivar y cultivadas conforman el total de la cobertura agrícola. Lo mismo sucede con las coberturas referidas a pasturas (las cuales se observa permanecen de 3 a 5 años y hasta son re-sembradas en algunas oportunidades) se agruparon con las pasturas naturales, debido a que en ambos casos se utiliza para pastoreo vacuno.

Los ROIs construidos fueron obtenidos en el caso de la imagen Landsat 5 sobre la base de una composición de colores de tipo RGB 432, mientras que en el caso de la imagen Landsat 7, la composición RGB fue de 543, y se tomaron de los 30 puntos totales, 8 que pertenecen a coberturas de áreas de cultivos y 7 a áreas a cultivar; 5 a áreas de pastizales naturales y 5 a áreas con pasturas, 3 a áreas de cuerpos de agua y 2 a áreas de ciudad.

Luego, se han determinado los temas del mapa por medio de la clasificación supervisada, a partir de los ROIs obtenidos para ambas imágenes, según el algoritmo Clasificador de Máxima Verosimilitud (Richards, 1999). El mismo asume que las estadísticas para las clases en cada banda se distribuyen normalmente y calcula la probabilidad de que un píxel dado

pertenezca a una clase específica. Cada píxel se asigna a la clase que tiene la mayor probabilidad (es decir, la máxima verosimilitud). Si la probabilidad más alta es menor que un umbral, el píxel permanece sin clasificar. En este proceso de clasificación, se incurrió en un error pequeño, según la matriz de confusión. Es decir, sólo un promedio del 2,3% de los píxeles presenta errores en su clasificación. A partir del procedimiento anterior, se obtuvieron los estadísticos de las imágenes clasificadas y se estimó la superficie correspondiente a cada clase de cobertura.

Posteriormente, a fin de evaluar las consecuencias de las transformaciones agroproductivas sobre el hábitat, se utilizó el indicador de sustentabilidad obtenido, del Software Agro-Eco-Index (Viglizzo, 2003). Dicho indicador, denominado RIH, fue calculado para las principales actividades desarrolladas en el Partido y modificado para efectuar el análisis temporal a escala regional a partir de los valores de superficies obtenidos en las imágenes (Vazquez et al. 2012; Vazquez et al. 2017).

De acuerdo con el Manual correspondiente al programa, el cálculo de este indicador apunta a generar un índice relativo que valore el impacto negativo que impone un proceso productivo sobre la biodiversidad del lugar donde se realiza. Mediante el uso de determinados coeficientes, el indicador compara la vegetación actual con la vegetación potencial del mismo (la vegetación que se supone que habría si el hombre no hubiese intervenido en el proceso sucesional). La comparación se realiza a través de “Puntos de Impacto”, donde las mayores puntuaciones pueden ser entendidas como mayores efectos negativos sobre la flora nativa y la biodiversidad (Tabla 1).

Tabla 1 – Coeficientes del indicador RIH.

Coeficientes del indicador RIH	
Coeficiente	Descripción
Ce: Coeficiente relativo a la cantidad de especies	Es el coeficiente con 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.
Or: Coeficiente referido al 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.
Pe: Coeficiente de periodicidad	Referido 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.
Oev: Coeficiente de organización de 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.
Osv: Coeficiente de estratos subverticales	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: Elaboración personal en base a Viglizzo (2003).

A fin de obtener el valor del RIH sobre el hábitat en el Partido, en primera instancia, se suman los coeficientes obtenidos para cada actividad y se divide dicha sumatoria por 26 (para obtener un valor de cero a uno). Este procedimiento permite estimar el “riesgo parcial de intervención del hábitat” (RPIH). El RPIH queda expresado como se muestra en la ecuación 2 a continuación:

$$RPIH = \frac{Ce+Or+Pe+Oev+Osv}{26} \quad (1)$$

Donde: RPIH, es el indicador de riesgo parcial de intervención del hábitat; 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.

Posteriormente, los valores obtenidos para cada actividad (riesgo parcial de intervención del hábitat) se multiplican por un coeficiente de ponderación que expresa la superficie ocupada por cada actividad en el Partido. De esta manera, la sumatoria de los valores obtenidos expresa el riesgo de intervención del hábitat, el cual queda representado en la ecuación 2 de la siguiente forma:

$$RIH = \sum cpSupAc * RPIH \quad (2)$$

Donde: RIH, es el indicador de riesgo de intervención del hábitat; cpSupAc, es el coeficiente de ponderación que indica la proporción de la superficie del Partido ocupada por la actividad; y RPIH, es el indicador de riesgo de intervención del hábitat.

El indicador fue calculado para 2002 y 2017 a partir de los datos aportados por la clasificación supervisada de las imágenes de satélite de esos años.

Finalmente, partiendo de los resultados obtenidos, se analizó el avance de la agricultura y su impacto sobre la biodiversidad al interior del Partido con la finalidad de establecer diferenciaciones en el proceso. Para ello, se realizó una zonificación de carácter exploratorio que permitió definir paisajes. Se adoptó el concepto de paisaje (Burel y Baudry, 2002), cuya aplicación permite delimitar, identificar y caracterizar unidades que presentan cierta homogeneidad interna en la escala de análisis adoptada (1:50.000). Los paisajes del partido de Tres Arroyos se definieron tomando como base cartográfica las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (IGM) en la misma escala y las cartas de suelos del INTA de la década de 1970, disponibles en la página de geoINTA (<http://visor.geointa.inta.gob.ar>). Tratándose de una zonificación exploratoria, los límites de las unidades de paisaje fueron ajustados a partir de las unidades de suelos publicadas por SAGyP-INTA (1989) en escala 1:500.000. Se integraron los atributos bióticos y abióticos: geomorfológicos, edáficos, condiciones de drenaje y vegetación. Cada uno de estos atributos se representó espacialmente en distintas capas de información utilizando gvSIG (versión 1.11) y se integraron mediante el módulo de geoprocésamiento de este software.

Todo lo anterior contribuye a generar una base de datos que permiten observar el estado actual del Partido y predecir tendencias a futuro, con la finalidad de contribuir al logro de un futuro ordenamiento territorial.

Resultados

Transformaciones Agroproductivas

Las imágenes satelitales clasificadas permitieron realizar un análisis comparativo de los cambios en la cobertura del suelo en el partido de Tres Arroyos para los años seleccionados. Como fue indicado en la metodología, se identificaron diferentes clases de coberturas: 1) Coberturas de suelo cultivable y a cultivar que en su conjunto representan el uso agrícola; 2) Coberturas de suelo con pasturas y pastizales naturales, que integran el uso ganadero; 3) Cobertura correspondiente a cuerpos de agua; 4) Cobertura de suelo urbana que agrupa fundamentalmente usos residenciales y 5) Cobertura de suelo con médanos y playa, cuyo uso principal está ligado al turismo, esparcimiento y recreación.

En la Tabla 2, se muestran las superficies correspondientes a cada una de las clases.

Tabla 2 – Partido de Tres Arroyos: superficie ocupada por las distintas coberturas del suelo (2002 y 2017).

Clases	Pixeles	Sup. 2002 (km2)	Pixeles	Sup. 2017(km2)
Cobertura del suelo con médanos y playas	62105,00	50,44	70062	56,91
Cobertura del suelo con pastizales y pasturas	4132325,29	3356,48	2533034,13	2057,45
Cobertura de suelo con cultivos agrícolas	2857630,04	2321,11	4381135,08	3558,57
Cobertura del suelo con cuerpos de agua	258688,83	210,12	320898,39	260,65
Cobertura del suelo urbana	30586,64	24,84	36206,2	56,91

Fuente: Elaboración personal.

Estos resultados indican cambios en el uso de la tierra, ya que el porcentaje de crecimiento de las coberturas agrícolas entre 2002 y 2017 fue del 49,11%, mientras que las coberturas de pastizales y pasturas sufrieron una disminución del 35,56%.

Esta modificación se debe a la introducción de paquetes tecnológicos, pasando de un moderado consumo de insumos y rendimientos medios hacia un nuevo umbral de producción intensiva en capital, maquinarias y agroquímicos, elevando su productividad (Fernández, 2015). Además, según entrevistas realizadas en campo y trabajos antecedentes (Vazquez, 2004), a partir del 2002 aumenta el uso de transgénicos y se produce un cambio de siembra tradicional a siembra directa, con doble cultivo (cereal/oleaginosa), siendo esta práctica agrícola la que habría intensificado el proceso de agriculturización empleando plaguicidas, en conjunto con los fertilizantes y aditivos que se utilizan para maximizar los rendimientos de las cosechas, y aún más en la actualidad con la siembra de precisión (Somoza et al. 2017). Sin embargo, la siembra directa, con sus paquetes tecnológicos asociados, posee un evidente impacto ambiental. Estos productos generan contaminación de suelos, del aire, aguas superficiales y subterráneas, al mismo tiempo que causan la intoxicación de seres vivos, incluyendo al hombre (Badii y Landeros, 2015).

Cuando se analizan los principales cultivos sembrados en el partido de Tres Arroyos para cada año seleccionado (<http://www.sia.gov.ar/index.php>) a fin de comparar la sustitución de cultivos en el período, se verifica que en 2002 los principales eran el trigo y girasol, ocupando el primero la mayor superficie de las unidades relevadas. En 2017 la soja pasa a ser el cultivo principal y el trigo desciende al tercer lugar puesto que el segundo término es ocupado por la cebada. Según dichas estimaciones, que metodológicamente relevan “segmentos aleatorios” (<http://www.agroindustria.gob.ar/datosagroindustriales/>), en el período estudiado la superficie sembrada con soja se incrementó un 4.584%. Por el contrario, el girasol presenta una disminución del 68% de su área y el trigo redujo su superficie en un 52,8%. Por otro lado, se destaca el aumento de la superficie sembrada con los cultivos de maíz y cebada que crecen un 100% y 52,2% respectivamente (Figura 2). Si bien estos datos no son comparables con los resultados obtenidos a partir del estudio de las coberturas del suelo para la totalidad del Partido, dan cuenta del reemplazo de cultivos hacia un modelo “sojero”. En general, dicho remplazo es promovido por la incorporación de

la siembra directa, su paquete asociado del herbicida glifosato, el uso de transgénicos y la posibilidad de aplicar el doble cultivo (Pengue, 2009). A lo anterior se suman las retenciones aplicadas sobre el cultivo de trigo, cuyas exportaciones se vieron frenadas, así como también por el reemplazo de este último, en el doble cultivo (oleaginosa - cereal), reemplazando el trigo por la cebada cervecera.

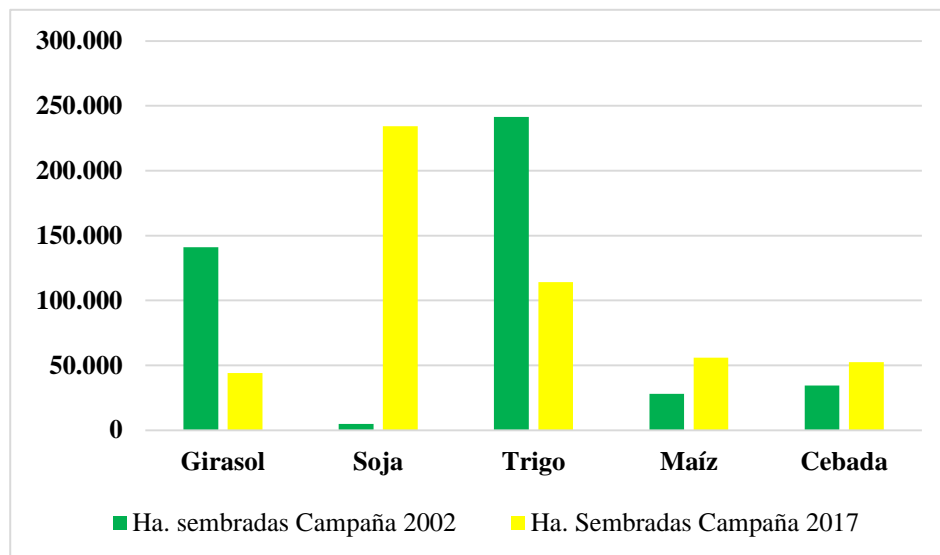


Fig. 2 – Variación de la superficie sembrada con principales cultivos (2002 y 2017).

Fuente: Elaboración personal.

Respecto de las coberturas de pastizales y pasturas, Reboratti (2010) sostiene que si bien dichas áreas que han sido dedicadas a la ganadería y afectadas por el proceso de agriculturización, las cabezas de ganado no han disminuido probablemente por el uso de feedlots, que permiten agrupar mayor número de cabezas de ganado en un área menor, dejando las áreas disponibles para uso agrícola.

Respecto a las clases restantes, se observa que todas se ven incrementadas, tanto los médanos y playas (15,56%), como los cuerpos de agua (20,13%) y cobertura urbana (15,73%).

La disminución en la cobertura del suelo que integra pastizales y pasturas, genera pérdidas de biodiversidad y una mayor demanda de insumos externos al ser reemplazados por la agricultura basada en monocultivos. Se debe tener en cuenta también la diferencia que presentan los pastizales naturales respecto de las pasturas artificiales, que son directamente

implantadas. Estas últimas son el resultado de una conversión del sistema natural a antrópico, sin embargo no alcanzan a tener el impacto de los monocultivos de cereales u oleaginosas sembrados de forma rotativa generalmente, dos veces en el mismo potrero en un mismo año. Las pasturas artificiales se implantan y permanecen 3 a 5 años o más, en algunos casos, y son utilizadas para el pastoreo ganadero. Si bien se observa una disminución de la biodiversidad del predio frente al sistema natural o seminatural en la región, nunca presenta la intensidad y/o impacto ambiental de un monocultivo destinado a obtención de granos.

Al respecto, Pengue (2009) señala que la alta extracción de nutrientes, las reducidas prácticas de manejo y su concentración en pocos cultivos sin ganadería sumado a la muy escasa reposición, han dado como resultado en la degradación de los suelos, sobre todo aquellos con mayor frecuencia de soja en la rotación, es decir, aquellos suelos que han seguido un modelo de agricultura continua durante muchos años. A su vez, Iermanó et al. (2014) sostienen que los sistemas simplificados, de baja diversidad, requieren que las funciones ecosistémicas sean suplidas mediante el empleo de insumos. Entre ellos, los fertilizantes reemplazan el ciclo de nutrientes, y los fitosanitarios el control natural plagas. Además, la baja diversidad dada por el interés sobre pocos cultivos, se ve agravada por el hecho de que en general, se utilizan sólo unas pocas variedades, las más "exitosas" de estos cultivos (Vazquez et al. 2016). En consecuencia, los impactos sobre la biodiversidad se intensifican en la conversión de sistemas sin disturbar (naturales o seminaturales) o poco disturbados (pasturas) a sistemas con mayor actividad antrópica, como son los agrícolas anuales, donde predomina una alta frecuencia de soja de primera en la rotación (Andriulo et al. 1999; Solomon et al. 2002; Yang et al. 2012).

A continuación, se presenta la Figura 3, a fin de visualizar con mayor profundidad los cambios que permiten determinar las pérdidas y ganancias de las distintas coberturas del suelo y analizar posibles causas de las transformaciones.

Si bien aumentaron las coberturas de suelo referidas a áreas de cultivos, tal como se observa en la Figura 3, las coberturas de pastizales y las pasturas naturales disminuyen fundamentalmente a partir del avance de la agricultura. En este caso, en un mínimo porcentaje, también se ve influenciado por zonas anegables del sistema físico-natural, sobre todo debido a las mayores precipitaciones en 2017 (1200mm), respecto del valor medio

para esta localidad (760mm) (SMN, 2017; IHLLA, 2017). Esta reducción de cuerpos de agua superficiales en el período analizado, también influye no solo en los pastizales anegados, sino también en el avance de áreas agrícolas sobre suelos potencialmente inundables, lo cual genera riesgos económicos a los productores (Vazquez, 2013; Vazquez et al. 2016).

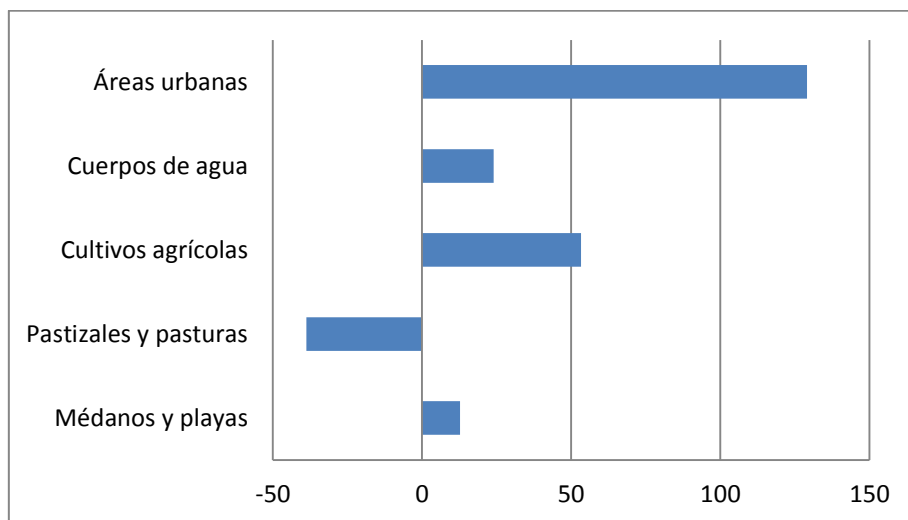


Fig. 3 – Cambios en las coberturas del suelo en el período 2002-2017 (% de crecimiento).

Fuente: Elaboración personal.

Ahora bien, respecto de las coberturas de usos destinadas a médanos y playas, se ven incrementados en un 12,82%, debido principalmente a las mayores intervenciones antrópicas que disminuyen la cubierta vegetal, vinculadas entre otras cuestiones, al crecimiento demográfico y urbano de las localidades del frente costero: Reta, Balneario Orense y Claromecó. Estas localidades han tenido un crecimiento demográfico incluso más significativo que Tres Arroyos en el último período intercensal (2001-2010), fundamentalmente Reta (5,38%) y Balneario Orense (4,52%). En Claromecó, el crecimiento fue menos relevante (0,67%).

La ciudad de Tres Arroyos, cabecera del Partido, también manifiesta un crecimiento por densificación pero fundamentalmente expansivo de la trama urbana en el período analizado, tal como sucede en gran parte de las ciudades de la región. En este caso, el crecimiento de la superficie construida alcanzó un 129,1% entre 2002 y 2017.

Impactos sobre la biodiversidad

La Tabla 3 muestra los valores alcanzados por el indicador RIH en el Partido, tanto para 2002 como para 2017. Luego se observa que en un período de quince años se evidencia un aumento del 12% del RIH total del Partido que se traduce en un 0,8% de incremento anual. El RIH de las áreas agrícolas es, en ambos años, el de mayor aporte al RIH total.

Tabla 3 – Riesgo de Intervención del Hábitat en el Partido de Tres Arroyos (2002 y 2017).

Campaña	Usos del suelo	cpSupAc	Ce	Or	Pe	Oev	Osv	RPIH	RIH
2002	Agrícola	0,39	10	7,5	5	0	0	0,865	0,337
	Ganadero	0,56	5	7,5	0	0	0	0,481	0,269
	Urbano	0,0041	10	7,5	5	2,5	1	1	0,0041
	Total								0,610
2017	Agrícola	0,59	10	7,5	5	0	0	0,865	0,510
	Ganadero	0,34	5	7,5	0	0	0	0,481	0,163
	Urbano	0,0095	10	7,5	5	2,5	1	1	0,0095
	Total								0,682

Fuente: Elaboración personal.

La variación del RIH de las áreas agrícolas, ganaderas y urbanas refleja claramente los cambios en la superficie ocupada por cada actividad en el período seleccionado. Se corrobora una relación directamente proporcional entre la superficie ocupada por cada actividad y su incidencia negativa en la biodiversidad. Las áreas agrícolas avanzan un 49% y su RIH indica un aumento del 51% del impacto de la actividad en la biodiversidad. Las áreas ganaderas retroceden un 35% en su superficie y un 40% en su RIH. Con respecto al uso urbano presenta el mayor incremento del RIH entre 2002 y 2017 (132% aproximadamente).

En este trabajo no se estima el riesgo parcial de intervención del hábitat asociado con las áreas ocupadas por agua ni con las correspondientes a médanos y playas. Dado que no se

realizaron para este trabajo estudios específicos en estas áreas se asume que en las clases de cobertura de los suelos mencionados el riesgo es mínimo ya que las intervenciones están fuertemente condicionadas por la aptitud agroecológica de estos sectores.

Lo expuesto se condice con lo manifestados por los autores Paruelo et al. (2006) quienes explican que, dentro de las transformaciones existentes, cobra vital relevancia la conversión de ecosistemas naturales a tierras agropecuarias, ya que se trata de una acción que posee peligrosas consecuencias tales como la pérdida de hábitat y biodiversidad, la reducción de la capacidad de provisión de servicios ecosistémicos y la transformación del paisaje.

Luego, la homogeneización del paisaje conlleva a la pérdida de gran cantidad de especies silvestres que pueden vivir en mosaicos agrícolas o mixtos (Tscharntke et al. 2005). Una menor diversidad agrícola también es indicadora de un deterioro ambiental, dónde tanto la diversidad de cultivos como la diversidad de especies y procesos ecológicos asociados a paisajes heterogéneos se ven afectados negativamente (Altieri et al. 1999).

Unidades ecológicas

A fin de analizar el proceso de agriculturización en el partido de Tres Arroyos contemplando su diversidad ecológica, se realizó una zonificación preliminar que permitió definir cuatro unidades con características particulares: unidad ecológica de Llanuras onduladas (UE1), unidad de Llanuras onduladas y suavemente onduladas (UE2), unidad de Llanuras planas y suavemente onduladas (UE3), y unidad ecológica de Costas (UE4) (Figura 4).

La UE1, se localiza hacia el noroeste del Partido, abarcando un 10% de la superficie total. Está conformada por paisajes de relieves ondulados con pendientes comprendidas en general entre el 3% y 5%. Predominan los suelos clasificados a nivel de subgrupo como *Argiudoles típicos* (Series Laprida y Necochea), cuya susceptibilidad a la erosión conforma un factor limitante.

La UE2, abarca un 70% de la superficie del Partido y está conformada por paisajes de relieves ondulados y suavemente ondulados con pendientes comprendidas en general entre el 1% y 3%. Predominan los suelos clasificados a nivel de subgrupo como *Argiudoles típicos* (Series Laprida y Necochea) y *Argiudoles petrocálcicos* (Serie Tres Arroyos), aunque pueden asociar *Hapludoles típicos* (Serie Ochandio) en pendientes más pronunciadas y *Hapludoles*

tapto nátricos (Serie La Pandorga) y *Natracuoles típicos* (Serie Mechongué) en áreas con drenaje deficiente y en las proximidades de cursos de agua.

Ambas unidades, contienen suelos profundos, aunque a veces interrumpidos por la presencia de tosca y poseen buenas condiciones de drenaje superficial e interno. Producto de su aptitud agroecológica, estas áreas han sido sustituidas por cultivos, siendo las actividades agrícolas las predominantes. Previo a su conversión extensiva en agroecosistemas, estas unidades ecológicas se caracterizaban por la presencia de pastizales en los que abundaban gramíneas de los géneros *Stipa* y *Piptochaetium*.

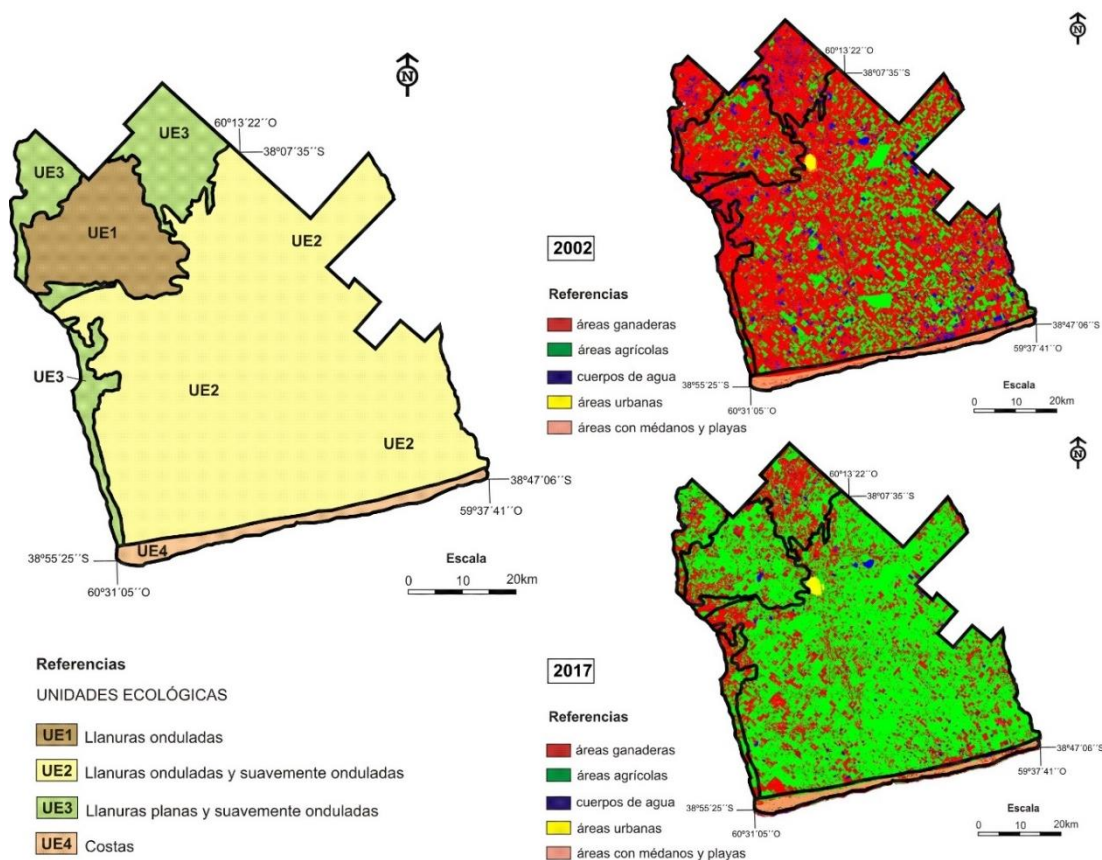


Fig. 4 – Unidades Ecológicas del Partido de Tres Arroyos e imágenes clasificadas.

Fuente: Elaboración personal.

La UE3 ocupa un 15% del Partido y el promedio de las pendientes es inferior al 1%. Se caracteriza por la presencia de un drenaje superficial e interno imperfecto y asocia vías de escurrimiento. Los suelos predominantes son *Argiudoles ácuicos* (Serie Lobería). No obstante, en las lomas aparecen *Argiudoles típicos* (Series Laprida y Necochea) y en áreas con drenaje deficiente *Natracuoles típicos* (Serie Mechongué). Como consecuencia de las

limitaciones asociadas con el drenaje deficiente, algunos sectores de este paisaje conservan pastizales nativos ya que los suelos anegables impiden o dificultan el desarrollo de actividades productivas. En consecuencia, las actividades predominantes en este paisaje son las ganaderas.

Finalmente, la UE4 se extiende en un 5% del Partido y presenta en general geoformas de acumulación (dunas) y también playas. El desarrollo de los suelos es muy débil y cuando existe es incipiente, característico del Orden Entisoles. Los suelos dominantes integran el subgrupo *Cuarcipsamentes típicos* (Serie Paraje Arenas Verdes), cuya textura superficial y subsuperficial (areno-franca) favorecen un drenaje excesivo. En menor medida se presentan *Hapludoles énticos* (Serie Estancia Santa Ana) y *Hapludol fluvéntico* (Serie Paraje Los Ángeles). Este paisaje no es apto para el desarrollo de actividades agropecuarias. Dadas, las características físicas y químicas de los materiales que integran la unidad 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.

Luego, la superposición de las unidades ecológicas sobre las imágenes clasificadas (Figura 4) permite observar que en 2002 la agricultura de siembra directa, se comenzaba a expandir sobre la UE2, área donde prácticamente no se presentan limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales. Considerando que esta unidad ocupa una superficie que alcanza el 70% del Partido, es posible aseverar que el mismo presenta condiciones óptimas para la expansión agropecuaria.

Ese mismo año, se advierte un indicio del avance de la agricultura sobre la UE1 que también muestra condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad. En este caso, las pendientes algo superiores a la unidad anterior constituyen una limitante vinculada con la conservación del recurso suelo en el largo plazo.

Sin embargo, en 2017 se verifica además un aumento notable de las áreas agrícolas en la UE3, que manifiesta limitaciones asociadas a excesos hídricos. Este avance se produce fundamentalmente hacia el noroeste y sudoeste y se relaciona con la presencia de lomas o lomadas con mejores condiciones de drenaje superficial e interno. Aunque las áreas con cuerpos de agua se incrementaron levemente en el período, la agricultura avanzó sobre esta

unidad hacia el noreste y en el centro-oeste aunque conservando una matriz dominante conformada por pastizales y pasturas.

En este contexto, es importante destacar que las actividades agropecuarias, movidas principalmente por los mercados externos, conforman uno de los principales factores de impacto ambiental debido, por un lado, a su avance sobre nuevas áreas y por otro a la mayor artificialización de áreas rurales existentes.

Conclusiones

En el período analizado (2002-2017) el partido de Tres Arroyos ha experimentado un proceso de expansión agrícola, potenciado a partir del lanzamiento de la soja transgénica. Este proceso de agriculturización ha sido acompañado por un incremento de la agricultura en el Partido del 49%, lo que conlleva a un aumento del RIH del 12%, lo que contribuye a la homogenización de los paisajes agropecuarios, con pérdida de diversidad genética, impactos sobre agua y suelo por el uso intensivo de agroquímicos, aumento de procesos erosivos, aumento de malezas resistentes, pérdida de nutrientes, uso de combustibles fósiles que contribuyen al cambio climático, pérdida de eficiencia energética, entre otros.

El estudio realizado muestra que, en 2002, las unidades ecológicas de Llanuras onduladas y suavemente onduladas (UE2), y la de Llanuras onduladas (UE1), que representan el 80% del Partido, constituyen el área donde se inició y consolidó la expansión agrícola, por lo tanto, es en estas unidades donde el RIH se presenta con mayor intensidad, debido a que esto se relaciona con el mayor avance de la agricultura asociado con la implementación del doble cultivo (cereal/oleaginosa). Un segundo flujo expansivo, evidenciado en la imagen de 2017, ocurrió en unidad de Llanuras planas y suavemente onduladas (UE3). Las limitaciones de la unidad ecológica de Costas (UE4) impiden la introducción de cultivos.

Los resultados obtenidos en el área de estudio demuestran que la actividad económica agrícola es uno de los principales propulsores de las transformaciones en el uso del suelo. Se evidencia la ausencia de una planificación integral y ambiental en el uso del suelo. En este sentido, la zonificación en unidades territoriales homogéneas basada en diversos atributos

resulta un pilar fundamental para el mantenimiento de la capacidad productiva de los recursos y la conservación de ecosistemas.

A partir del estudio realizado, se destaca la necesidad de realizar investigaciones más profundas donde los cambios en la cobertura y usos del suelo en las unidades diferenciadas permita realizar una lectura de los distintos escenarios del proceso de agriculturización, debido a que se evidencia que la expansión agropecuaria se manifiesta de manera distinta al interior del Partido. El trabajo aquí presentado aporta bases para la gestión ambiental del territorio en un futuro próximo.

Referencias

- ALTIERI, Miguel; HECHT, Susanna; LIEBMAN, Matt; MAGDOFF, Fred; NORGAARD, R; & SIKOR, Thomas. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Nordan-Comunidad, 1999
- ANDRIULO, Adrian; MARY, Bruno; GUÉRIF, Jérôme. Modelling soil carbon dynamics with various cropping sequences of the Rolling Pampas. *Agronomie*, 19 (5), pp. 365-377, 1999. Extraído de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885937/document>.
- BADII, Mohammad; LANDEROS, Jerónimo. Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT, Cultura Científica y Tecnológica*, (19), pp. 21-34, 2015 Extraído de: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/454>
- BAEZA, Santiago; BALDASSINI, Pablo; BAGNATO, Camilo; PINTO, Priscila; PARUELO, José. Caracterización del uso/cobertura del suelo en Uruguay a partir de series temporales de imágenes MODIS. *Agrociencia Uruguay* 18 (2), pp. 95-105, 2014. Extraído de: https://www.academia.edu/25195352/Caracterizaci%C3%B3n_del_uso_cobertura_del_suelo_en_Uruguay_a_partir_de_series_temporales_de_im%C3%A1genes_MODIS
- BUREL, Françoise; BAUDRY, Jacques. Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones. Madrid/Barcelona: Ediciones Mundi Prensa Libros SA, 2002.
- CABRERA, Angel. Regiones Fitogeográficas Argentinas. In CABRERA, Angel. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Buenos Aires: Editorial ACME, 1976, Tomo II, Fasc I.
- CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), pp. 2674-2677, 2003.
- CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian; BARSÍ, Julia. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 4(3), pp. 490-494, 2007.
- CRUZATE, Gustavo; CASAS, Roberto. Extracción y balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 6, pp. 7-14, 2012.
- DIRECCIÓN PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA. (2016): <http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/>.
- FERNÁNDEZ, Diego. Evolución de la estructura socioeconómica de la región pampeana argentina. El proceso de concentración de la producción en el período 1988-2008. *Cuadernos de Economía*, 34 (64), pp. 143-171, 2015. DOI: 10.15446/cuad.econ.v34n64.45943.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. “Zonificación agroecológica. Guía general”. Boletín de suelos, nº73. Servicio de recursos, manejo y conservación de suelos, Dirección de fomento de tierras y aguas. Roma, Italia, 1997

FORMAN, Richard; GODRON, Michel. *Landscape ecology*. New York: John Wiley & Sons, 1986.

IERMANÓ, M.J; GARGOLOFF, N.A.; BONICATTO, M.M. In SARANDÓN, Santiago; FLORES, Claudia. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de Agroecosistemas sustentables*. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Capítulo 5, pp. 131-158, 2014. Extraído de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/37280>.

IERMANÓ, Maria; 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 Agroecología*, 11(2), pp. 94-103, 2016 Extraído de: <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/16159>.

IHLA, Instituto Hidrológico de Llanuras. (2017): Boletín Hidrológico web 2017. Extraído de: http://www.ihla.org.ar/sites/default/files/boletines/boletinweb_201711.pdf

INDEC. (2010): Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. <https://www.indec.gov.ar/>

MARTÍNEZ-GHERSA, Maria; GHERSA, Claudio. Consecuencias de los recientes cambios agrícolas. *Revista Ciencia Hoy*, 15(87), pp. 37-45, 2005.

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA. Presidencia de la Nación. Subsecretaría de Agricultura, 2016. Extraído de: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_agricultura.

MUÑOZ, Rene; RADIC, Sergio. Uso de percepción remota y SIG en la selección de sitios de muestreo de suelos para la Región de Magallanes. *Agro sur*, 43(2), pp. 65-76, 2015. DOI:10.4206/agrosur.2015.v43n2-08.

PARUELO, José; GUERSHMAN, Juan; PIÑEIRO, Gervasio; JOBBAGY, Esteban; VERON, Santiago; BALDI, Germán; BAEZA, Santiago. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. *Agrociencia*, 10(2), pp. 47-61, 2006. Extraído de: <http://www.fagro.edu.uy/agrociencia/index.php/directorio/article/view/256>

PENGUE, Walter. *Cambios y escenarios en la agricultura argentina del Siglo XXI*. Buenos Aires: GEPAMA, 2014. Extraído de: <http://www.idaes.edu.ar>.

PENGUE, Walter. Cuestiones económico-ambientales de las transformaciones agrícolas en las Pampas. *Revista Problemas del desarrollo*, 40(157), pp. 137-161, 2009. Extraído de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362009000200006&lng=e s&tlng=es.

REBORATTI, Carlos. A sea of soybean: Consequences of the new agriculture in Argentina. *Revista De Geografía Norte Grande*, (45), pp. 63-76, 2010. doi.org/10.4067/S0718-34022010000100005.

RICHARDS, John. *Remote Sensing Digital Image Analysis*. Berlin et al: Springer-Verlag, p. 240, 1999

SAGyP - INTA. Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000. Buenos Aires SAG y P - INTA Proyecto PNUD ARG/85/019. 527. 1989

SARANDÓN, Santiago. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. In: SARANDÓN, Santiago (ed). *Agroecología: El Camino hacia una agricultura sustentable*. La Plata: Ediciones Científicas Americanas (E.C.A), 2002, pp. 393-414.

SCHROEDER, Todd; COHEN, Warren; SONG, Conghe; CANTY, Morton; YANG, Zhiyiqiang. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon. *Journal Remote Sensing of Environment*, 103(1), pp. 16-26, 2006. doi.org/10.1016/j.rse.2006.03.008.

SMN. SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Caracterización: Estadísticas de largo plazo. 2017 Extraído de: <https://www.smn.gob.ar/caracterizaci%C3%B3n-estad%C3%ADsticas-de-largo-plazo>.

SOLOMON, Dawit; LEHMANN, Johannes; MAMO, Tekalign; FRITZSCHE, Florian; ZECH, Wolfgang. Phosphorus forms and dynamics as influenced by land use changes in the sub-humid Ethiopian highlands. *Geoderma*, 105, pp. 21-48, 2002. doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00090-8.

SOMOZA, Ailin; VAZQUEZ, Patricia; ZULAICA, Laura. Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas para la gestión ambiental rural. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*. (En Prensa), 2017

SOUDANI, Kamel; FRANÇOIS, Christophe; LE MAIRE, Gueric; LE DANTEC, Valérie; 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*, 102(1-2), pp. 161-175, 2006 doi.org/10.1016/j.rse.2006.02.004

SUÁREZ VENERO, Gicli. *Apuntes sobre la Zonificación Agroecológica de los cultivos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2014, pp. 36-44.

TISCORNIA, Guadalupe; ACHKAR, Marcel; BRAZEIRO, Alejandro. Efectos de la intensificación agrícola sobre la estructura y diversidad del paisaje en la región sojera de Uruguay. *Ecología Austral*, 24(2), pp. 212-219, 2014 Extraído de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1667-782X2014000200010&lng=es&nrm=iso.

TSCHARNTKE, Teja; KLEIN, Alexandra; KRUESS, Andreas; STEFFAN-DEWENTER, Ingolf; THIES, Carsten. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Lett*, 8(8), pp. 857-874, 2005. doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.

VAZQUEZ, Patricia. Comparación de índices de estrés hídrico, a partir de información captada por el sensor MODIS, en la Región Pampeana Argentina. *Revista Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 52(1), pp. 1-23, 2013. Extraído de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17128112003>.

VAZQUEZ, Patricia. *Comparación temporal de la sustentabilidad de dos modalidades de producción agrícolas (Tandil, Argentina)*. Tesis de Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil, Argentina, 2004

VAZQUEZ, Patricia; SACIDO, Monica; ZULAICA, L.aura. 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. *Revista Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, 50, pp. 88-119, 2012 Extraído de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17125407005>.

VAZQUEZ, Patricia; ZULAIZA, Laura;. BENAVIDEZ, Belen. Agriculturización e impactos ambientales en el partido de Necochea, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Raega - O Espaço Geográfico em Análise*, 39, pp. 202-218, 2017. doi.org/10.5380/raega.v39i0.44789.

VAZQUEZ, Patricia; ZULAIZA, Laura;. REQUESENS, E. Análisis ambiental de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Azul (Centro Bonaerense). *Revista Agriscientia*, 33(1), pp. 1-12, 2016. Extraído de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2016000100002&lng=e s&nrm=isso.

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

VIGLIZZO, Ernesto; PORDOMINGO, A; CASTRO M.; LERTORA, Francesco. La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla? *Ciencia Hoy*, 12(68), pp. 38-51, 2002.

VOGELMANN, James; GALLANT Alisa; HUA, Shi; ZHU, Zhe. Perspectives on monitoring gradual change across the continuity of Landsat sensors using time-series data. *Remote Sensing of Environment*, 185, pp. 258-270, 2016. doi.org/10.1016/j.rse.2016.02.060.

VOLANTE, José; ALCARAZ-SEGURA, Domingo; MOSCIARO, Jesus; VIGLIZZO, Ernesto; PARUELO, José. Ecosystem functional changes associated with land clearing in NW Argentina. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 154, pp. 12- 22, 2012. doi.org/10.1016/j.agee.2011.08.012.

YANG, Wenjing; CHENG, Hong; HAO, Fanghua; OUYANG, Wei; LIU, Shaoqing; LIN, Chunye. The influence of land-use change on the forms of phosphorus in soil profiles from the Sanjiang Plain of China. *Geoderma*, 189-190: 207- 214, 2012. doi.org/10.1016/j.geoderma.2012.06.025.

YOUNG, Nicholas; ANDERSON, Ryan; CHIGNELL, Stephen; VORSTER, Anthony; LAWRENCE, Rick; EVANGELISTA, Paul. A survival guide to Landsat preprocessing. *Ecology*, 98(4), pp. 920–932, 2017. Extraído de: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10>