

AGRICULTURIZACIÓN E IMPACTOS AMBIENTALES DESDE 1988 A LA ACTUALIDAD, EN LA CUENCA SUPERIOR DEL ARROYO LANGUEYÚ Y EN EL PARTIDO DE TANDIL (PROVINCIA DE BUENOS AIRES)

Autores: Patricia Vazquez y Laura Zulaica

Correos electrónicos: patriciavazquez2011@gmail.com ; laurazulaica@conicet.gov.ar

Instituciones: Patricia Vazquez CESAL (Centro de Estudios Sociales de América Latina), Nodo CONICET, Facultad de Ciencias Humanas y Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Laura Zulaica, CONICET - Centro de Investigaciones Ambientales, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Mar del Plata.

Resumen

En las últimas décadas, la agricultura de la región pampeana, ha experimentado una notable expansión a partir de un desarrollo tecnológico basado en cultivos transgénicos, siembra directa, incremento en el uso de fertilizantes y plaguicidas y, más recientemente, agricultura de precisión. Esto produjo una fuerte expansión de la superficie cultivada, que han sido liderados por el cultivo de soja, este proceso, denominado como “agriculturización”, ha sido definido como el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en reemplazo de usos ganaderos o mixtos.

Estudios previos demuestran la existencia de un alto proceso de agriculturización en el partido de Tandil, aunque otros estudios muestran que el proceso es más intenso aún en la Cuenca Superior del Arroyo Languyú (CuSAL). Es por esto que el objetivo del presente trabajo es, comparar las áreas ocupadas por distintos usos de la tierra y sus impactos ambientales en la CuSAL y en el partido de Tandil, en el cual se haya inserta, entre los años 1988 y 2010. Se aplicó una clasificación supervisada sobre imágenes captadas por el sensor TM con ajustes realizados a campo. Entre 1988 y 2010, los usos agrícolas aumentaron significativamente en la Cuenca (109,8%), mientras que los ganaderos disminuyeron un 90,8%. Sin embargo, en el Partido, las áreas agrícolas aumentaron 23,1%, y las ganaderas disminuyeron 22,8%. En consecuencia, los impactos ambientales (contaminación de suelos y aguas, pérdidas de biodiversidad, incremento de procesos erosivos), fueron más intensos en la Cuenca que en el Partido en su conjunto.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la percepción remota, constituye una herramienta fundamental para determinar cambios en los usos de la tierra y los impactos ambientales de la agriculturización. Lo anterior, puede colaborar en el desarrollo de

propuestas de gestión ambiental tendientes a la sustentabilidad agroecológica.

Palabras clave: sensores remotos; usos de la tierra; expansión e intensificación agrícola; gestión ambiental; sustentabilidad agroecológica.

Introducción

A partir de la desregulación económica y su impacto en el agro durante los 90', cuando los primeros intentos de estabilizar la economía por parte del gobierno argentino asumido en 1989 fracasan, se busca salir de la crisis aplicando un severo plan de ajuste estructural. La implementación en abril de 1991 del Plan de Convertibilidad marcó un punto de clivaje en la evolución economía/social (Posada, 1996a; 1996b). A través del decreto 2284/91 se profundizan las tendencias desregulatorias junto a la venta de empresas públicas y la concesión a largo plazo del ejercicio de múltiples servicios públicos; desde la empresa de aeronavegación hasta la prestación de los servicios de telefonía, pasando por la venta de la empresa siderúrgica nacional y las concesiones ferroviarias es el momento en que el capital privado reemplaza al Estado.

La combinación de los efectos derivados de la aplicación de la ley de convertibilidad y de aquellos originados en las políticas desreguladoras y privatizadoras; trastocó profundamente la organización territorial del país en general y de la provincia de Buenos Aires en particular. Se producen en este período la desaparición de los organismos específicos que intervenían en el funcionamiento de los mercados rurales: la Junta Nacional de Granos, la de Carnes, la Dirección Nacional del Azúcar, la Comisión de Concertación de Política Lechera, la Corporación Argentina de Productores de Carnes, el Mercado Nacional de Haciendas de Liniers entre otros; al tiempo que se eliminaron los cupos de siembra, cosecha, elaboración y comercialización de caña de azúcar, yerba mate y vid. Se eliminaron los impuestos a las exportaciones, se redujeron aquellos que gravaban las importaciones de insumos y productos agropecuarios, se redujo el transporte de cargas por ferrocarril lo cual implicó el uso de camiones y de rutas con peaje (Posada, 1996a; 1996b; Teubal, 1993; Nogar, 2001).

Las estrategias políticas implementadas profundizan las transformaciones en los espacios rurales; las cuales se materializan en la incorporación de ciencia/tecnología, en el aumento en los rendimientos, el incremento de los ingresos por eliminación de las retenciones, el posicionamiento del capital financiero por sobre el capital productivo a partir

de nuevos actores como los pools de siembra y los *feedlot*, entre otras resultantes. Lo enumerado junto otras acciones, da inicio al proceso de concentración rural que avanza hasta nuestros días.

Si bien el crecimiento de la soja, tanto en superficie sembrada como en rendimiento, ha sido permanente desde su introducción en la región pampeana, el cultivo de esta oleaginosa cobró un nuevo salto en Argentina a partir de 1996, con el lanzamiento al mercado de variedades de soja transgénica (en particular de la soja RR resistente al herbicida glifosato) y su asociación con la siembra directa. Este proceso ha posicionado a la soja como el cultivo más sembrado de la Argentina y ha generado que la asociación trigo-soja adquiera cada vez un papel más dominante en la rotación de los establecimientos agropecuarios (Ghersa y Ghersa, 1991; Paruelo *et al.*, 2005).

De esta manera, se instalaron definitivamente nuevas reglas de juego, profundos cambios en la organización territorial de los espacios rurales pampeanos. En efecto, se materializa un modelo productivo altamente tecnificado, capitalizado y articulado con los sectores bancarios, empresariales e industriales, que continúan con el proceso expansivo, incorporando las tierras de pequeños y medianos productores.

Uno de los actores que más ha sobresalido en el desenvolvimiento de este proceso de ahondamiento de la brecha rural / agrícola ha sido el capital financiero. Su incursión renovada en el agro pampeano, esta vez bajo la fisonomía de pools de siembra y *feedlot*, originó un fuerte crecimiento agroganadero, tanto horizontal (mayor superficie cultivada) como vertical (mayor especialización agrícola, más animales por superficie, menor tiempo de engorde, mayor dotación de insumos y de bienes de capital) sustentado en la consecución de economías de escala (Martínez de Ibarreta *et al.*, 1994).

Por un lado, los pools de siembra, viabilizan la profundización de la agriculturización¹, son nuevos actores, tal como lo expresa Posadas *et al.* (1996) “los fondos de inversión, gerenciados por firmas creadas *ad hoc* y constituidos por inversores extra-agrarios, que llegan a controlar más de 40000 hectáreas en una sola campaña. Desarrollan una estrategia diversificadora del riesgo climático y económico, diseñando un mix de siembra (según las zonas) y empleando en todas ellas a contratistas, sin realizar así inversiones en activos, sino sólo erogaciones en insumos sobre los que operan con las ventajas de una economía de escala”.

¹ El proceso de expansión denominado “agriculturización”, se define como el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en lugar de usos ganaderos o mixtos (Manuel-Navarrete *et al.*, 2005).

Este nuevo escenario representado por grandes unidades productivas y agentes extra-agrarios es característico de esta fase de expansión agrícola. Están constituidos por empresas con distinta razón social y con diferentes actividades económicas que actúan articuladamente, son los nuevos actores económicos que han surgido en las últimas décadas vinculados al capital financiero nacional y transnacional enmarcado en el modelo de los agronegocios con el objetivo asegurarse retornos superiores a los brindados en la actividad especulativa. Según el AACREA (Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola), se estima que la superficie controlada por los pool de siembra ha aumentado de 400.000 ha en 1997, a 2 millones en el 2002.

De la Fuente y Suárez (2008) afirman que a medida que se volvió limitante la disponibilidad de suelos aptos para la actividad agrícola, se recurrió al aumento de la producción por unidad de superficie a través de la continua incorporación de innovaciones tecnológicas conducentes a la intensificación productiva. Esa intensificación podría definirse como el aumento en la utilización productiva de una porción de tierra, que involucra habitualmente el uso de insumos, la reducción aparente de componentes no planificados de la biodiversidad (insectos, malezas), la especialización del proceso productivo en pocos componentes planificados (especies y genotipos) y la toma de decisiones dependiendo de la economía de mercado (Vandermeer *et al.*, 1998 en De la Fuente y Suárez, 2008).

Se genera un crecimiento en la producción agrícola pampeana sobre la base de los cambios tecnológicos, el destino de tierras ganaderas para uso agrícola y la incorporación de un nuevo actor rural de servicios, como el contratista rural. Desde de los años sesenta hasta el presente, la agriculturización se produce a expensas de la superficie dedicada a ganadería extensiva y lleva hoy a ocupar más del 50% de la pampa húmeda (Rabinovich y Torres, 2004).

La causa de esta tasa de expansión de la agricultura y de la magnitud total del área cultivada está relacionada con múltiples factores, que incluyen aspectos del clima, tal es el caso de las precipitaciones, y del manejo o adopción de nuevas tecnologías (Ghersa y Ghersa, 1991; Satorre, 2005). De esta forma, los agroecosistemas pampeanos se estructuraron a partir de los disturbios antrópicos que se han sucedido por lo menos, durante los últimos cien años (Ghersa y León, 1999).

Partiendo de lo anterior, el presente trabajo propone como objetivo principal analizar el proceso de agriculturización y sus impactos en un área representativa de la región

pampeana: el partido de Tandil (provincia de Buenos Aires). Para profundizar en el análisis de las diferencias del proceso en el interior del Partido, se busca comparar las áreas ocupadas por distintos usos de la tierra y sus impactos ambientales en el Partido en su conjunto y en la Cuenca Superior del Arroyo Languetú, inserta en el mismo, entre los años 1988 y 2010.

Vazquez *et al.* (2012a) expresan que la disponibilidad de mapas temporales a partir de sensores remotos, permite realizar un diagnóstico temporal que conforma una base central para la formulación de un plan de ordenamiento territorial. Asimismo, permite identificar las tendencias en los usos de las tierras, fundamentales para generar propuestas de gestión de los recursos naturales del área (cuencas, partidos, regiones, entre otros).

Área de estudio

El partido de Tandil, inserto en la región pampeana se localiza en el sector sudeste de la provincia de Buenos Aires, donde ocupa una superficie de 493.500 ha. Según el último censo de población realizado en 2010, el Partido posee una población estable de 123.343 habitantes, lo cual indica un crecimiento relativo del 14,1% respecto de 2001. La mayor parte de la población, habita en la ciudad de Tandil, cabecera del Partido.

Desde el punto de vista climático, Tandil presenta un clima húmedo-subhúmedo mesotermal con poca o ninguna deficiencia de agua. De acuerdo con Ruiz de Galarreta y Banda Noriega (2010), dentro del Partido nacen diferentes cuencas de arroyos que drenan sus aguas hacia el noreste en dirección a la cuenca deprimida del Salado, excepto la cuenca de arroyo Quequén Chico que lo hace en sentido sur. Una de las cuencas que drenan hacia el noreste es la Cuenca del Arroyo Languetú, denominada Cuenca Superior del Arroyo Languetú (CuSAL) cuando se hace referencia a la misma dentro del Partido de Tandil.

La CuSAL, que alcanza una superficie aproximada de 100.000 ha, posee una gran relevancia social en el Partido dado que allí se ubica la ciudad cabecera y gran parte de los efluentes generados por la ciudad escurren en las aguas del arroyo que lleva su nombre con distintos niveles de tratamiento.

El arroyo Languetú, posee sus nacientes en las sierras de Tandil producto del aporte de pequeñas cuencas intraserranas de arroyos de régimen torrencial, ubicadas inmediatamente al Sur de la ciudad (Ruiz de Galarreta *et al.*, 2007). Las principales

nacientes del Arroyo Langueyú (subcuencas de los Arroyos Blanco y Del Fuerte) se encuentran entre los 300 y 400 m de altitud en el compartimento de las Serranías. La Figura 1 muestra la localización del partido de Tandil y de la CuSAL en el contexto regional.

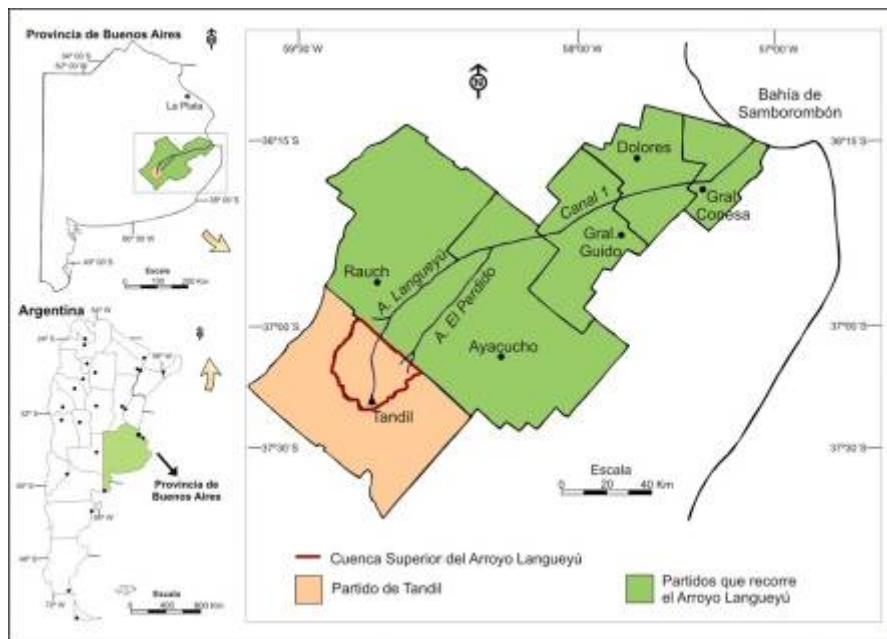
Existen estudios integrados del partido de Tandil, que tienen su origen en un trabajo realizado por Sánchez *et al.* (1999) quienes definieron tres compartimentos ecológicos: Serranías, Llanura periserrana y Llanura distal. El compartimento de las *Serranías* asocia diferentes elementos del sistema orográfico de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires (Tandilia). Al paisaje serrano le suceden las *Llanuras periserranas* donde se integran lomadas relativamente bajas y sectores inferiores de faldeos, que poseen buena aptitud para el desarrollo agrícola.

El compartimento de la *Planicie distal* o *deprimida* sucede altimétricamente a la *Llanura periserrana*. Está conformado por paisajes de relieve plano, a veces muy achatados y otras veces ligera y uniformemente inclinados. Sobre todo en las planicies más deprimidas suelen ocurrir concavidades internas que presentan cuerpos de agua más o menos permanentes.

Dichos compartimentos, que también pueden diferenciarse dentro de la CuSAL, fueron caracterizados en esta área en estudios posteriores más detallados (Sánchez y Zulaica, 2002; Zulaica, 2005). Los compartimentos ecológicos en el Partido y en la Cuenca, se presentan en la Figura 2.

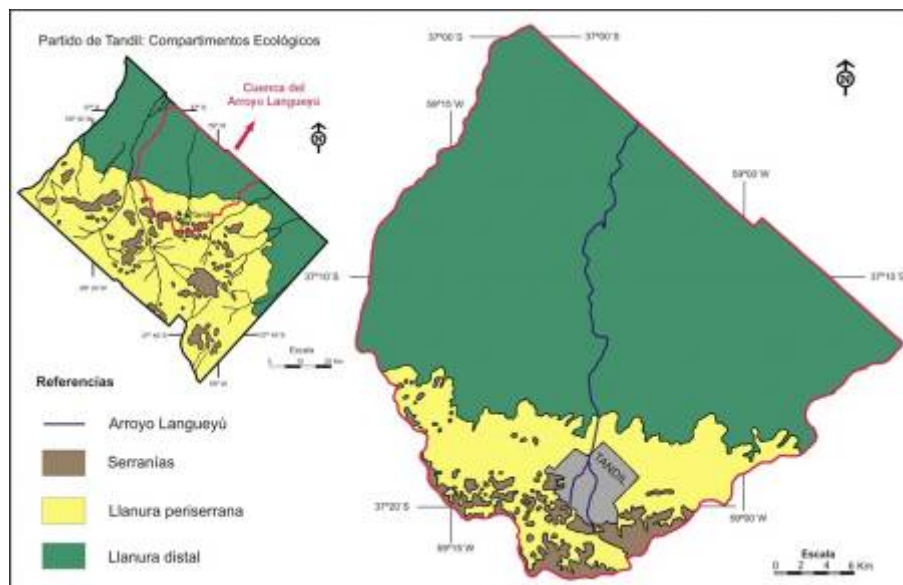
Las potencialidades y limitaciones ecológicas que caracterizan los distintos compartimentos inciden en los usos de la tierra y por lo tanto en el proceso de agriculturización que se pretende analizar en este trabajo. En este sentido, se cuenta con los antecedentes de Vazquez y Zulaica (2012); Vazquez *et al.* (2012a, b).

Figura 1. Localización del Partido de Tandil y la CuSAL.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Zulaica (2005).

Figura 2. Compartimentos ecológicos del partido de Tandil y de la CuSAL.



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Sánchez *et al.* (1999) y Zulaica (2005).

Metodología

A continuación se presentan los pasos metodológicos para la aplicación de sensores remotos al estudio de los cambios de uso de la tierra en Partido de Tandil y la CuSAL, continuando con la secuencia metodológica empleada en estudios antecedentes realizados

en la provincia de Buenos Aires (Vazquez y Zulaica, 2011; Vazquez y Zulaica, 2012; Vazquez *et al.*, 2012a; 2012b).

Se utilizaron dos imágenes obtenidas a partir de estudios previos captadas por el sensor TM de la misión Landsat 5 con Path/Row 225-86, y fechas de adquisición fueron 06/09/1988 y 23/02/2010, adquiridas de la página correspondiente al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) perteneciente al Ministerio de Ciencia e Tecnología de Brasil (www.inpe.br).

En el estudio de los cambios de los usos de la tierra en el Partido de Tandil y en la CuSAL, se utilizó el Software ENVI 4.5 (Research System Inc., Boulder, CO, USA) para el procesamiento de las imágenes. La calibración radiométrica efectuada implicó un proceso en el cual se convirtieron los ND (nivel digital) a nivel de satélite a reflectividad TOA (tope de la atmósfera). Las imágenes Landsat 5 fueron convertidas primero a valores de radiancia (Chander y Markham, 2003; Chander *et al.*, 2007; Science Data). La reflectancia TOA fue convertida a reflectancia en superficie, asumiendo una superficie uniforme Lambertiana y bajo condiciones libres de nubes (Schroeder *et al.*, 2006; Soudani *et al.*, 2006).

En principio se llevaron todas las imágenes a la proyección UTM- Datum WGS-84 - Zona 21, Sur. Las imágenes fueron georreferenciadas utilizando como imagen base la provista por el recorte de un mosaico de imágenes (2135) del sensor ETM+, obtenido de la página Web <http://www.landcover.org/>, Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface. El modo de operación de georreferenciación consistió en una técnica basada en obtención de puntos de control entre dos imágenes, lo cual se realizó eligiendo puntos (un mínimo de 20 puntos) del mismo sector en cada imagen y, a través de una interpolación matricial realizada por el software, se corrigieron geométricamente las imágenes con un error de un píxel (Armand, 1995).

Para la realización de la clasificación supervisada fue necesario obtener conocimientos e información antecedente del Partido y de la Cuenca. Con esta finalidad, se realizaron campañas de campo, donde se obtuvieron puntos de GPS (Global Position System), además de información recabada por informantes calificados e información extraída a partir de las imágenes procesadas; con todo lo anterior se orientaron las clases o ROIs (Regiones de Interés) que luego se utilizan para aplicar en el algoritmo.

En la detección de ROIs se utilizaron técnicas de visualización de las imágenes en cada año seleccionado para representar con mayor precisión las clases asociadas con la

cuenca (en este caso usos de la tierra). La composición utilizada fue la llamada falso color o infrarrojo color, sobre las bandas correspondientes al infrarrojo cercano, rojo y verde, respectivamente. Esta composición facilita la cartografía de masas vegetales, láminas de agua, ciudades (Sobrino, 2000).

Con el fin de ajustar las clases, se relevaron datos proporcionados por informantes calificados distribuidos en el Partido de Tandil, adicionando por supuesto información incluida en la CuSAL. De esta manera se recabó información acerca de los cultivos sembrados en la fecha en que se obtuvieron las imágenes seleccionadas para el trabajo.

En base a esta información, se realizaron transectas en zonas con cultivos, ingresando al centro de cada potrero (para evitar el efecto de borde) y obtener un punto GPS del lugar. Luego, ese dato fue referenciado en la imagen, definiendo un ROI buffer alrededor de cada punto. Esto permitió asegurar que la reflectividad del área corresponde específicamente a un cultivo, además de analizar las curvas del espectro electromagnético para cada ROI obtenido y sus estadísticos. Siguiendo el mismo procedimiento se obtuvieron datos acerca de los pastizales disponibles para el desarrollo de la actividad ganadera. En función de los datos obtenidos y de consultas realizadas a los mismos informantes, se ajustaron las clases para la clasificación de la imagen de 1998.

Estos relevamientos facilitaron la realización de una clasificación supervisada con mayor precisión. Luego, en la fase de asignación, se aplicó el Clasificador de Máxima Probabilidad (ENVI 4.5), que es el más complejo y el que demanda mayor volumen de cálculo. Sin embargo, es el más empleado en la teledetección, por su robustez y por su ajustarse con mayor rigor a la disposición general de los datos (Chuvieco, 2007).

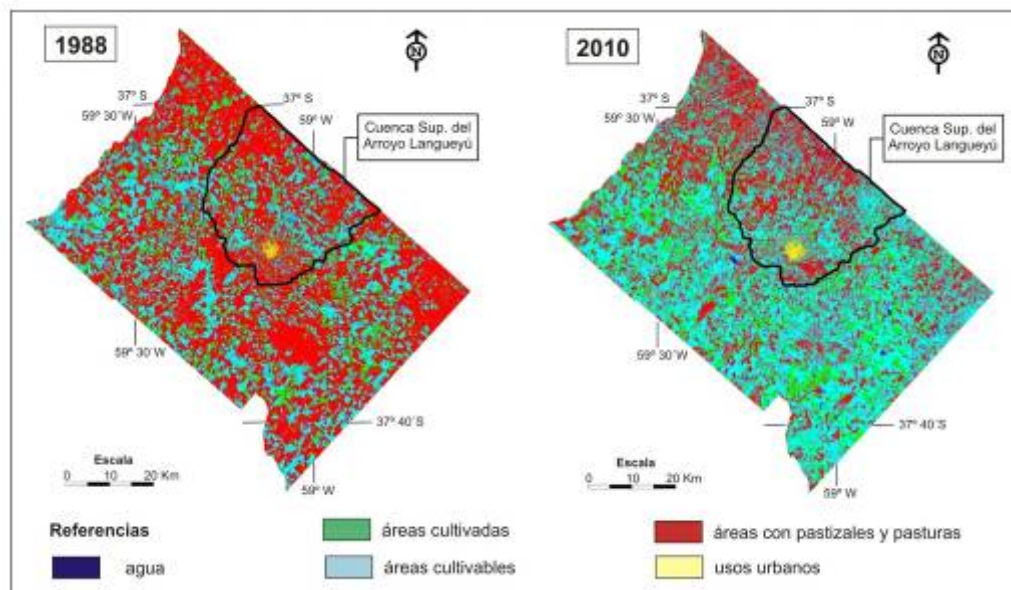
Una vez obtenidas las imágenes clasificadas para cada año seleccionado se obtuvieron los estadísticos de las imágenes clasificadas por unidades, los píxeles por cada clase y se estimó la superficie de las mismas. Finalmente, los resultados obtenidos del procesamiento de las imágenes fueron ajustados sobre una base de datos antecedente proveniente de estudios previos (Sánchez y Zulaica, 2002 y Zulaica, 2005), utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG) (ArcView 3.2).

Los impactos ambientales derivados del proceso de agriculturización se analizaron en función de trabajos antecedentes realizados en el área (Vazquez y Zulaica, 2012), en la región (Vazquez *et al.*, 2012a) y en el contexto nacional (Altieri, 1999; Pengue, 2002; Viglizzo, 2002).

Resultados y discusión

Con el propósito de analizar el proceso de agriculturización en la región a partir de un área testigo como es el Partido de Tandil, se obtuvieron las imágenes clasificadas de los años 1988 y 2010 (Vazquez y Zulaica, 2012). Dichas imágenes permitieron efectuar el análisis comparativo de los cambios en el uso de las tierras en el partido de Tandil y la CuSAL, (Figura 3, Tablas 1 y 2), con las que se identificaron para ambos casos, diferentes clases: áreas con pastizales y pasturas, áreas cultivables (sin cultivos en el momento en que fue tomada la imagen), áreas cultivadas, cuerpos de agua superficiales y zonas urbanas. Las áreas cultivables y cultivadas representan en conjunto el total de tierras agrícolas, mientras que las ocupadas con pastizales y pasturas, las ganaderas.

Figura 3. Clases que definen los usos de la tierra en el Partido de Tandil y en la CuSAL (1988 y 2010).



Fuente: Elaboración propia sobre la base de Vazquez y Zulaica (2012) y Vazquez *et al.* (2012b).

Tabla 1. Partido de Tandil: superficie ocupada por cada clase en los años seleccionados (1988 y 2010).

Clases	Píxeles 1988	Sup. 1988 (km ²)	Píxeles 2010	Sup. 2010 (km ²)
Usos urbanos	27.549	22,4	50.031	40,6
Áreas con pastizales y pasturas	3.612.677	2.934,4	2.789.768	2.266,0
Áreas cultivadas	560.372	455,2	941.609	764,8
Áreas cultivables	1.753.745	1.424,5	2.284.965	1.855,9
Agua	121.466	98,7	10.356	8,4
Superficie del Partido	6.075.809	4.935,0	6.075.809	4.935,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación supervisada de las imágenes satelitales de 1988 y 2010.

Tabla 2. CuSAL: superficie ocupada por cada clase en los años seleccionados (1988 y 2010).

Clases	Píxeles 1988	Sup. 1988 (km ²)	Píxeles 2010	Sup. 2010 (km ²)
Usos urbanos	22.359	18,2	43.460	35,3
Áreas con pastizales y pasturas	739.983	601,05	67.713	55,0
Áreas cultivadas	102.803	83,5	531.736	431,9
Áreas cultivables	312.582	253,9	546.264	443,7
Agua	28.805	23,4	17.359	14,1
Superficie de la CuSAL	1.206.532	980,0	1.206.532	980,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación supervisada de las imágenes satelitales de 1988 y 2010.

La Tabla 1 permite observar que en el partido de Tandil la agricultura (áreas cultivables y cultivadas) avanzó en el período (1988-2010) un 39,4%; mientras que la ganadería (área con pastizales y pasturas) disminuyó 22,8%. Sin embargo, en la CuSAL (Tabla 2) la agricultura aumentó 159,5%, y nuevamente esta situación se produce en función del desplazamiento de la ganadería que disminuyó en un 90,8%.

Los resultados obtenidos para la Cuenca y el Partido en su conjunto, son el reflejo los cambios tecnológicos que han tenido lugar en toda la región. En relación con ello, cabe destacar que la tecnología de producción de cultivos ha cambiado significativamente (Oosterheld, 2008). Primero, entre 1980 y 1990 se expandió aceleradamente la técnica de siembra directa en reemplazo de la labranza convencional; luego, la producción se intensificó mediante un uso mayor de agroquímicos, fundamentalmente fertilizantes; más tarde se incorporaron cultivos transgénicos (De la Fuente y Suárez, 2008); y, más recientemente, se empezó a difundir el manejo diferencial por ambientes, también llamado “agricultura de precisión” (Satorre, 2005). Este crecimiento tecnológico fue acompañado por una expansión notable de la frontera agrícola hacia diversas zonas extra-pampeanas y por una agriculturización del sistema de rotación agrícola-ganadera en la región pampeana, con el consiguiente corrimiento e intensificación de la actividad ganadera hacia zonas

marginales (Paruelo *et al.*, 2004) y hacia ambientes confinados, conocidos como *feedlots* o engorde a corral (Herrero y Gil, 2008).

Las áreas con agua en el partido de Tandil se redujeron de manera significativa entre 1988 y 2010 (-91,5%), mientras que en la CuSAL continúa la tendencia y disminuye el porcentaje de superficie ocupada en un 39,74%. Los informes elaborados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y las entrevistas realizadas, permiten afirmar que el período comprendido entre 2004 y 2009, se caracteriza por ser más seco. Este hecho podría haber incidido también en el avance de la agricultura en áreas donde en 1988 no hubiese sido posible por la presencia de anegamientos (Vazquez y Zulaica, 2012). La reducción de superficie destinada a cuerpos de agua desde 1988 al 2010 fue en el partido de Tandil de 91,5 y de 39,54%, para la CuSAL.

El análisis espacial de los resultados obtenidos permite afirmar que en el primer período la expansión agrícola tuvo lugar fundamentalmente las *Llanuras periserranas*, compartimento definido por Sánchez *et al.* (1999), que posee la mejor aptitud agrícola. En el segundo período, y una vez ocupados los suelos de mayor potencial productivo, la agricultura continúa avanzando sobre la *Llanura periserrana* y sobre las denominadas *Planicies distales*, las cuales ocupan un 35% de la superficie del Partido. Este proceso de ocupación de áreas más deprimidas se asocia directamente con la presencia del período más seco mencionado antes.

La agriculturización se manifiesta con mayor intensidad en la Cuenca que en el Partido. Esta diferencia encontrada puede atribuirse en parte, a la presencia de una mayor proporción de suelos de muy buena aptitud agrícola (Capacidad de uso I). En este sentido, de acuerdo con Sánchez y Zulaica (2002) y Zulaica (2005), los suelos clasificados como *argiudoles típicos* ocupan el 81,9% de las *Llanuras periserranas* del Partido y el 98,5% de estas llanuras en la Cuenca.

También se observa una diferencia en la proporción de áreas ocupadas por agua en el último período: en el Partido en su conjunto disminuyen, mientras que en la Cuenca, aumentan levemente. Este hecho podría justificarse por la mayor dificultad de la Cuenca en liberar los excesos hídricos como consecuencia de una proporción más alta de suelos anegables (*natracuoles típicos*, *natracuafes típicos* y suelos indiferenciados de áreas bajas) en las planicies distales, los que se distribuyen en un 26,5% de las mismas en la Cuenca y 7,4% en el Partido.

En el partido de Tandil, los usos urbanos se incrementaron en un 81,6%. Este aumento se tradujo proporcionalmente en la CuSAL debido a que el núcleo urbano, la ciudad de Tandil, se haya situado dentro de la misma. De acuerdo con las informaciones censales, el Partido pasó de tener 101.228 habitantes en 1991 a 123.343 en 2010, es decir creció en población el 21,8% en un período de veinte años. Dicho incremento tuvo lugar en el área urbana.

Las actividades agropecuarias, movidas principalmente por los mercados externos, conforman uno de los principales factores de impacto ambiental por el avance sobre nuevas áreas o bien, por la mayor artificialización de áreas rurales existentes. De acuerdo con Vazquez y Zulaica (2011), en la actualidad, las empresas multinacionales tienden a crear amplios mercados internacionales para un solo producto (como es el caso de la soja), generando así las condiciones para la uniformidad genética en el medio rural. Aunque un cierto grado de uniformidad de los cultivos puede tener ciertas ventajas económicas, posee dos inconvenientes ecológicos: primero, la historia demuestra que un área extensa dedicada a un solo cultivo es muy vulnerable a un nuevo patógeno o plaga y; segundo, el uso extendido de un solo cultivo lleva a la pérdida de diversidad genética (Altieri, 2002).

Las actividades agrícolas definen estructuras espaciales que implican un alto grado de artificialización de los sistemas ecológicos originales. Odum (1992), sostiene que los agroecosistemas se asemejan a los sistemas urbano-industriales en relación con su amplia dependencia e impacto sobre el exterior; esto es, ambos despliegan ambientes con grandes entradas y salidas de materia y energía.

Sin duda, uno de los factores ambientales más afectados es la flora la cual se sustituye por cultivos, modificándose sustancialmente el hábitat de especies de fauna y favoreciendo otras con características invasoras. La homogeneidad de los nuevos ecosistemas, genera un efecto negativo sobre la biodiversidad que se acentúa con la eliminación de los alambrados (producto del cambio en el modelo) debido a que con ellos desaparecen especies y hábitats naturales. Esto también favorece la erosión de los suelos dado que el alambrado y su entorno inmediato, menos alterados que el área cultivada, actúan como una barrera a este proceso.

El uso extendido de agroquímicos ocasiona impactos negativos sobre la calidad de las aguas y sobre la población que los manipula la cual, muchas veces, es altamente vulnerable. Asimismo, la población en el área de influencia se encuentra expuesta a riesgos asociados con el consumo o contacto con agua contaminada con agroquímicos. Los

nutrientes (nitrógeno y fósforo) contribuyen a la eutrofización de cuerpos de agua mientras que, en contraposición, la cosecha implica la exportación de nutrientes del sistema afectando el ciclado de los mismos y provoca la disminución de nutrientes del suelo.

Así, siguiendo a Pengue (2004), los impactos ambientales y también sociales del proceso de agriculturización, pueden sintetizarse en: desaparición de paisajes enteros, pérdida de la diversidad productiva, inaccesibilidad de los sectores sociales más vulnerables a los productos de la canasta básica de alimentos, dependencia y pérdida de la capacidad gerencial del productor, alto grado de endeudamiento, pérdidas de información y formación adecuada y capacidades en el *know-how* agropecuario y aceleración de procesos degradatorios, muchas veces ocultos detrás de las variedades de altos rendimientos.

Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de la clasificación de las imágenes permiten afirmar que tanto el Partido como la Cuenca presentan un carácter netamente agropecuario donde, en los últimos 20 años, se puede apreciar que la agricultura aumentó un 39,4%, en el Partido, mientras que aún más lo hizo en la CuSAL (159,5%). En ambos casos, este incremento se produjo fundamentalmente reemplazando a la ganadería (22,8% y 90,8% respectivamente).

Este incremento de la agriculturización en la CuSAL mayor que el del Partido, puede asociarse con la reconversión de los establecimientos ganaderos y mixtos, a agrícolas y/o en algunos casos agrícolas-ganaderos, principalmente avanzando en áreas más deprimidas (aptas para ganadería); esto sumado a un ciclo de escasas precipitaciones en la región que puede comprobarse en las imágenes satelitales clasificadas donde se observa que el agua disminuye entre 1988 y 2010 en un 91,5% en el Partido.

Partiendo de las premisas anteriores, se considera importante fomentar el uso de información de satélite ya que requiere un mínimo costo y posee gran utilidad para realizar estudios en áreas de relevancia productiva (Vazquez y Rivas, 2009). La disponibilidad de mapas permitió obtener información útil acerca del manejo de los sistemas agrícolas-ganaderos en el área estudiada y contar con una base diagnóstica fundamental para fomentar políticas tendientes a la sustentabilidad de la producción.

Bibliografía

ALTIERI, M. 1999. Agricultura tradicional y la conservación de la biodiversidad. En: Matteucci; Solbrig; Morello y Halffter (editores). Biodiversidad y uso de la tierra; conceptos y ejemplos de Latinoamérica. Buenos Aires: EUDEBA, Col. C.E.A. 24, p. 71-83.

ALTIERI, M. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93:1-24.

ARMAND, M. 1995. Télédétection, urbanisme et aménagement. Toulouse: Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale (GDTA), 150 p.

DE LA FUENTE, E.B. y SUAREZ, S.A. 1998. Problemas ambientales asociados a la actividad humana: la agricultura. *Ecología austral*. v.18 n.3.

CHUVIECO, E. 2007. Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio. Editorial Ariel Ciencia, Barcelona.

GHERSA, C.M. y MARTÍNEZ-GHERSA, M.A. 1991. Cambios ecológicos en los agroecosistemas de la Pampa Ondulada. Efectos de la introducción de la Soja. *Ciencia e Investigación*. 5: 182-188.

Ghera, C.M. y León, R.C. 2001. Ecología del paisaje Pampeano: consideraciones para su manejo y conservación. En: Naveh y Lieberman (eds.). *Ecología de paisajes. Teoría y Aplicación*. Cap. 6. Editorial Facultad de Agronomía. UBA.

HERRERO, M.A. y GIL, S.B. 2008. Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. *Ecol. Aust.* 18:273-289.

MANUEL-NAVARRETE, D.; GALLOPÍN, G.; BLANCO, M.; DÍAZ-ZORITA, M.; FERRARO, D.; HERZER, H.; LATERRA, P.; MORELLO, J.; MURMIS, M.; PENGUE, W.; PIÑERO, M.; PODESTA, G.; SATORRE, E.; TORRENT, M.; TORRES, F.; VIGLIZZO, E.; CAPUTO, M. y CELIS, A. 2005. Análisis sistémico de la agriculturización en la pampa húmeda argentina y sus consecuencias en regiones extrapampeanas: sostenibilidad, brechas de conocimiento e integración de políticas. Santiago de Chile, CEPAL, Serie Medio Ambiente y desarrollo, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. N° 118.

MARTÍNEZ DE IBARRETA, M. et al. 1994. De la integración a la articulación. Sistematización de los principales enfoques, y aportes para la formulación de una propuesta analítica. En: Martínez de Ibarreta; Posada y Pucciarelli (editores) Estudios Agroindustriales, Centro Editor de América Latina, Buenos Aires, p. 7-43.

NOGAR, G. 2001. Reconversión productiva láctea, desde la producción primarias hasta el consumidor. Editorial La Colmena.

ODUM, E.P. 1992. Ecología: bases científicas para un nuevo paradigma. Barcelona: Ediciones Vedra.

OESTERHELD, M. 2008. Asociación Argentina de Ecología. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. Ecología Austral. 18:337-346.

PARUELO, J.M.; GUERSCHMAN J.P. y VERÓN S.R. 2005. Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo. Ciencia Hoy 15:14-23.

PENGUE, W. 2002. Comercio desigual y deuda ecológica, lo que el Norte le debe al Sur. Documento publicado por Le Monde Diplomatique. Edición Cono Sur, Año III, Número 34. Pág. 2, párr. 5; 3:1, 3:2, 3:3; 4:3; 5:1, 5:2.

PENGUE, W. 2004. Producción agroexportadora e (in)seguridad alimentaria: El caso de la soja en Argentina. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, vol. 1, p. 46-55.

POSADA, M. (1996a). De la desregulación competitiva a la reconversión productiva. Las estrategias adaptativas de los actores sociales agrarios: el caso de la pampa argentina. En: Espacio Abierto. Cuaderno Venezolano de Sociología, vol. 5 n. 2, Maracaibo (Venezuela), p. 159-195.

POSADA, M. (1996b). Producción agropecuaria y calidad. Algunas lecciones del caso europeo y apuntes para el análisis de la situación argentina. En: Realidad Económica, n. 140, Buenos Aires, 16/5 al 30 /6, p. 109-132.

POSADA, M. et al. (1996). O emprego agrícola na Argentina: processos recentes e tendências evolutivas, na Cadernos do CEAS, nº 164, Salvador (Brasil), p. 20-36.

TEUBAL , M. y PASTORE, R. 1993. El agro y los complejos agroindustriales: el caso argentino. En: Teubal, Miguel Globalización y expansión agroindustrial: Superación de la pobreza en América Latina- Corregidor.

RABINOVICH J. y TORRES F. 2004. Caracterización de los síndromes de sostenibilidad en el desarrollo: El Caso de Argentina. Serie Seminarios y Conferencias. Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile. 97p.

RUIZ DE GALARRETA, A.; BANDA NORIEGA, R. y BARRANQUERO, R. 2007. Caracterización Geohidrología preliminar en la cuenca del Arroyo Langueyú, Partido de Tandil, Buenos Aires, Argentina. En: Centro de Investigaciones Ambientales (CINEA), Estudios Ambientales II, Tandil y área de influencia. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil.

RUIZ DE GALARRETA, A. Y BANDA NORIEGA, R. 2010. Caracterización del recurso hídrico y su calidad vinculada a la presencia de nitratos en el partido de Tandil. En: Centro de Investigaciones Ambientales (CINEA), Estudios Ambientales II, Tandil y área de influencia. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Tandil. 71-79 pp.

SATORRE, E.H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. Ciencia Hoy. 15:24-31.

SCHROEDER,T.A.; COHEN, W.B.; SONG, C.; CANTY, M.J. y YANG, Z. 2006. Radiometric correction of multi-temporal Landsat data for characterization of early successional forest patterns in western Oregon, Remote Sensing of Environment, n. 103, pp. 16-26.

SOBRINO, J.A. 2000. Teledetección. Valencia, Universidad de Valencia.

SOUDANI, K.; FRANCOIS, C.; LE MAIRE, G.; L.E, DANTEC, V. y DUFRÊNE, E. 2006. Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in températe coniferouns, and deciduos forest stands”, Remote Sensing of Environment, n. 102, pp. 161-175.

VANDERMEER, J. H.; VAN NOORDWIJK, M.; ANDERSON, J.; ONG, C.; PERFECTO, I. 1998. Global-change and multi-species agroecosystems. Concepts and issues. Agriculture, Ecosystems and Environment 67:1-22.

VIGLIZZO, E.F.; PORDOMINGO, A.J.; CASTRO, M.G y LÉRTORA, F.A. 2002. La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla?, Ciencia Hoy, v. 12, n° 8, p. 38-51.

SÁNCHEZ R.; MATTUS M. y ZULAICA L. 1999. Compartimentación ecológica y ambiental del Partido de Tandil (Provincia de Buenos Aires). En: Congreso Ambiental '99 (Programa de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de San Juan), San Juan, 338-346.

SÁNCHEZ R. y ZULAICA L. 2002. Ordenamiento morfoedáfico de los sistemas ecológico-paisajísticos del Partido de Tandil (Provincia de Buenos Aires). En: Contribuciones Científicas (Sociedad Argentina de Estudios Geográficos), Buenos Aires, vol. 63, 387-402.

SOBRINO J.A. 2000. Teledetección. Universidad de Valencia. Valencia.

SOUDANI, K.; FRANCOIS C.; LE MAIRE G.; LE DANTEC V. y DUFRÊNE, E. 2006. Comparative analysis of IKONOS, SPOT, and ETM+ data for leaf area index estimation in temperate coniferous, and deciduous forest stands. Remote Sensing of Environment, N° 102, p. 161-175.

VAZQUEZ P. y RIVAS R. 2009. Transferencia de información basada en sensores remotos para la toma de decisiones de usuarios no expertos. Revista Ciencia, 2009. v.4, n° 8, p. 49-59.

VAZQUEZ P. Y ZULAICA L. 2011. Cambios agroproductivos y problemas ambientales en la Cuenca del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Revista Geografía, publicada pela Associação de Geografia Teórica. ISSN 0100-7912. Rio Claro, v. 36, n. 2, p. 283-296. Con Referato.

VAZQUEZ P. y ZULAICA L. 2012. Transformaciones agroproductivas e indicadores de sustentabilidad en el Partido de Tandil (Provincia de Buenos, 7 (13): 5-39.

VAZQUEZ P., SACIDO M. y ZULAICA L. 2012a. Técnicas de análisis para el ordenamiento territorial de cuencas agropecuarias: Aplicaciones en la Pampa Austral, Argentina. Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona. ISSN: 1138-9788. Vol. XVI, núm. 392. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-392.htm>.

VAZQUEZ P.; FERREYRA V. y ZULAICA L. 2012b. Transformaciones agroproductivas en el sudeste de la Región Pampeana: un análisis comparativo en el interior del partido de Tandil a partir de imágenes Landsat 5. Congreso Argentino de Teledetección. El Medio Ambiente y sus cambios: un desafío para la Organización Espacial. 18 al 21 de septiembre. Alta Gracia. Córdoba.

ZULAICA L. 2005. Zonificación Ecológica y Ambiental de la Cuenca del Arroyo Languyú (Partido de Tandil). Tesis de Maestría en Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico-Sociales, Universidad Nacional de San Luis, Villa Mercedes.