

## **CAMBIOS EN EL USO DE LA TIERRA DEL PARTIDO DE TANDIL Y PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES**

**VAZQUEZ, Patricia<sup>1</sup>; ZULAICA, Laura<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil - Buenos Aires - Argentina. Facultad de Agronomía y de Ciencias Humanas. Azul – Buenos Aires – Argentina. Email: [patriciavazquez@faa.unicen.edu.ar](mailto:patriciavazquez@faa.unicen.edu.ar).

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Centro de Investigaciones Ambientales – Becaria CONICET. Mar del Plata - Buenos Aires - Argentina. Email: [laurazulaica@conicet.gov.ar](mailto:laurazulaica@conicet.gov.ar).

---

### Resumen

En las últimas décadas en la región pampeana se han manifestado importantes cambios agroproductivos. El Partido de Tandil, inserto en la denominada Pampa Austral, posee 4935 km<sup>2</sup> y manifiesta una clara tendencia al denominado “proceso de agriculturización”. El estudio de la evolución en el agro pampeano demandó la comparación de los usos de la tierra del Partido en un período de 20 años y el análisis de los principales impactos de los cambios. Con esa finalidad, se realizó una clasificación supervisada (Software ENVI 4.5) sobre dos imágenes captadas por el sensor TM Landsat 5, se realizaron campañas de campo y se aplicaron metodologías para la valoración de impactos ambientales.

Una vez realizada la clasificación de las imágenes satelitales, se calcularon los estadísticos de las superficies ocupadas por los diferentes usos de la tierra. Los resultados revelan que las áreas agrícolas se incrementaron un 39,4% en el período considerado, mientras que las áreas destinadas al pastoreo se redujeron en un 22,8%. Los usos de la tierra destinados a zonas urbanas se incrementaron un 81,6%, mientras que las áreas dominadas por cuerpos de agua superficiales se redujeron en un 91,5%.

El actual modelo agroproductivo basado en la agricultura permanente demanda la aplicación sostenida de plaguicidas y el incremento de la cantidad de litros utilizados por año. El indicador de riesgo de contaminación por estos productos aumentó más de 20 veces entre 1988 y 2010. Se concluye que los cambios en el uso de la tierra agudizan algunos problemas ambientales tales como la contaminación de suelos y aguas por el uso extensivo de agroquímicos y ocasionan disminuciones o pérdidas de biodiversidad. Se verifica una fuerte fragmentación de los ecosistemas nativos y existe una potencial pérdida de suelo por erosión (en el mediano y largo plazo) si no se utilizan prácticas de manejo adecuadas.

Palabras clave: Modelos Agroproductivos – Sensores Remotos – Clasificación Supervisada – Agroquímicos.

---

Una versión preliminar de este trabajo se encuentra incluida (sin referato) en las Actas de las VIII Jornadas Patagónicas de Geografía. UNPSJB (Sede Comodoro Rivadavia). 13 -16 de abril de 2011. Publicado en soporte CD con ISBN 978-987-26721-0-2.

## CHANGES IN LAND USE OF TANDIL COUNTY AND MAIN ENVIRONMENTAL IMPACTS

### Abstract:

In the Pampean region, in the last decades, there have been important agroproductive changes. Tandil County, placed in the so-called Southern Pampa, is 4935 km<sup>2</sup> big and it demonstrates a clear tendency to the “agriculturization process”. The study of the evolution of the Pampean agro required the comparison of land uses of the County in a period of 20 years and the analysis of key impacts of the changes. To this end, a supervised classification was conducted (ENVI Software 4.5) on two images captured by the Landsat 5 TM sensor, field campaigns were carried out and methodologies for valuation of environmental impacts were applied.

Once the classification of satellite images was accomplished, statistics were calculated from the areas occupied by different land uses. The results reveal that agricultural areas increased by 39.4% in the considered period, while for grazing areas, they were reduced by 22.8%. Land uses for urban areas rose 81.6%, while areas dominated by surface water bodies were reduced by 91.5%.

The current agroproductive model, based on permanent agriculture, demands the sustained application of pesticides and the increase of the number of liters used per year. The risk indicator of contamination because of these products increased over 20 times between 1988 and 2010. It is concluded that changes in land use exacerbate some environmental problems such as soil and water pollution because of the extensive use of agrochemicals, causing declines or loss of biodiversity. There is a strong fragmentation of native ecosystems and there is a potential loss of soil due to erosion (in the medium and long term) if appropriate management practices are not adopted.

Keywords: Agroproductive Models – Remote Sensing – Supervised Classification – Agrochemicals.

---

### Introducción

Entre las ecorregiones de Argentina descritas por Burkart *et al.* (1999), los ecosistemas de la Ecorregión de las Pampas (540.000 km<sup>2</sup>) son los que manifiestan mayores signos de intervención humana. Dada la capacidad productiva de la región, los pastizales pampeanos han sido fuertemente sustituidos por agroecosistemas y evidencian, además de un importante nivel de degradación, un escaso grado de conservación.

Ese proceso se ha intensificado en las últimas décadas como consecuencia de fuertes cambios agroproductivos. La agricultura extensiva de principios del siglo XX fue acompañada por una ganadería extensiva de baja productividad y bajo impacto ambiental; a mediados de aquel siglo proliferó una agricultura más tecnificada en rotación con una ganadería semi-extensiva y, a fines del siglo XX, principios del XXI, el sistema mixto agrícola-ganadero fue sustituido (Viglizzo *et al.*, 2006). En este nuevo sistema, la agricultura y la ganadería se desacoplaron y se especializaron individualmente dentro de un planteo más intensivo (Viglizzo *et al.*, 2001).

En ese contexto de transformaciones, la tecnología de producción de cultivos ha cambiado significativamente: 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; y más recientemente, comenzó a difundirse el manejo diferencial por ambientes, también llamado "agricultura de precisión" (Oesterheld, 2008). El área global estimada de cultivos transgénicos autorizados comercialmente en 2007 fue de 114,3 millones de hectáreas sembradas en 23 países incluyendo 12 países del Cono Sur, entre los cuales se destacan de la región latinoamericana Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, México, Chile y Honduras (Altieri, 2009).

El 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 y hacia ambientes confinados, conocidos como "feedlots" o engorde a corral (Oesterheld, 2008).

Ese proceso de expansión agrícola, 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). Se asocia con cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria y desarrollo de producciones orientadas al monocultivo, principalmente soja, o la combinación trigo-soja. Este proceso tiene su origen a principios de la década del setenta pero se profundiza a mediados de los noventa con la difusión de variedades transgénicas de soja y su expansión en regiones extrapampeanas.

Haciendo referencia a los cultivos anuales, Orúe *et al.* (2007), sostienen que la superficie dedicada a este tipo de cultivos se ha expandido durante el período 1988-2002 a una tasa anual media superior al 0,27%, siendo en la región Pampeana donde se produjo el mayor crecimiento: 14,3% en Córdoba; 9,9% en Entre Ríos, 9,8% en Santa Fe y 6,0% en Buenos Aires.

El análisis comparativo de los dos últimos Censos Agropecuarios (INDEC, 1988; 2002) realizado por Lazzarini (2004) indica, respecto de los usos del suelo del país, que existe una tendencia a la agriculturización del sector agropecuario; la superficie dedicada a cereales y oleaginosas se incrementó en dos millones de hectáreas en el primer caso y en casi 3,5 millones en el segundo. Siguiendo con su análisis, destaca que en la provincia de Buenos Aires prácticamente se mantuvo la superficie dedicada a cereales mientras que creció significativamente la de oleaginosas.

Enfatizando en este proceso de "sojización", Paruelo *et al.* (2005) señalan que la soja se ha convertido en el principal cultivo de la Argentina, tanto en superficie implantada como en producción: en los últimos 15 años, estas se multiplicaron, respectivamente, unas 3 y 5

veces. Los autores destacan que, en la campaña 2003/04 se sembraron 14,2 millones de hectáreas y se produjeron 34,8 millones de toneladas de soja; asimismo, en 2003 la soja originó el 45% de las exportaciones agrícolas del país. Este proceso también se evidencia en otros países de América del Sur, como se describe en Lapitz *et al.* (2004).

Manuel-Navarrete y Gallopín (2007) analizan los síntomas centrales del proceso de agriculturización: aumento de la superficie agrícola, transformación del proceso de trabajo, concentración productiva gerencial, estrategias comerciales de las corporaciones internacionales, entre otros. Asimismo señalan que estos síntomas integran, fundamentalmente, la esfera tecnológico-productiva. No obstante ello, influyen y son influenciados por síntomas de las esferas económico-institucional, ambiental y social.

Pengue (2004) destaca que la intensificación agrícola de la década pasada y actual, presentada como una única alternativa productiva en el marco de un modelo de pensamiento único y hegemónico, ha generado transformaciones importantes tanto en la estructura agraria pampeana como extrapampeana: 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.

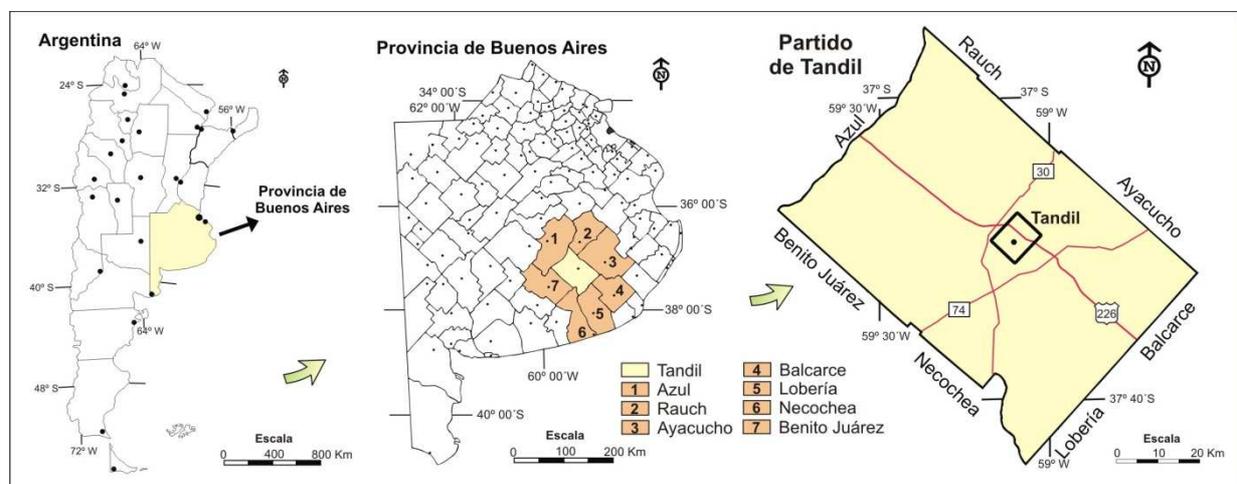
No obstante lo mencionado, se evidencia en América Latina una fuerte voluntad por parte de los gobiernos para avanzar en la puesta en marcha de proyectos de desarrollo territorial rural tendientes a resolver algunos de los problemas estructurales del mundo rural (Sili, 2007).

El Partido de Tandil, inserto en la denominada Pampa Austral, manifiesta una clara tendencia al denominado “proceso de agriculturización”. Los datos censales indican que las áreas agrícolas (cultivos anuales) se incrementaron el 10,3% entre 1988 y 2002, mientras que las destinadas a pasturas y pastos naturales disminuyeron un 15,0% y un 18,5%, respectivamente. Partiendo de las consideraciones anteriores, el presente trabajo plantea como objetivo analizar los cambios en el uso de la tierra entre 1988 y 2010, enunciando los principales impactos ambientales del proceso de agriculturización, en especial aquellos vinculados con el uso de plaguicidas.

*El área de estudio*

El partido de Tandil (Figura 1) se localiza en el sector sudeste de la provincia de Buenos Aires, donde ocupa una superficie de 493.500 ha. Limita al norte con los partidos de Azul y Rauch, al este con Ayacucho y Balcarce, al oeste con Benito Juárez y al sur con Necochea y Lobería. La ciudad de Tandil, cabecera del Partido, dista algo más de 300 km de la ciudad de Buenos Aires y se vincula con el resto de la provincia a través de la Ruta Nacional 226 y las provinciales 30 y 74.

**Figura 1. Localización del partido de Tandil**



Fuente: Elaboración propia.

Según el último censo demográfico realizado en 2010, el Partido posee una población de 123.343 habitantes, lo cual indica un crecimiento relativo del 14,1% respecto de 2001.

Un estudio realizado por el Municipio de Tandil (2004) a partir del análisis de los datos del censo de 2001, destaca que: 1) de los 108.109 habitantes del Partido en ese año, el 93,3% se encontraban en el Cuartel I, donde se asienta la ciudad cabecera; 2) la distribución por género demuestra que existía (y aún se mantiene) una leve superioridad del sexo femenino (55.822 personas) frente al masculino (52.287 personas); 3) la estructura poblacional del Partido se encuentra en una etapa de madurez, con una disminución en la tasa de fecundidad (2,5 hijos por mujer en 1991 y 1,9 hijos por mujer en el 2001), disminución de la mortalidad y del aporte migratorio; 4) la franja etárea de 65 años y más sujeta al máximo riesgo ante alguna alteración en su salud estaba provista en un 87,8% de este servicio, mientras que la población con obra social comprendida en la franja de 0 a 14

años, sólo el 55,1% disponía de este servicio; 5) en relación con la condición de analfabetismo, la población de Tandil presentaba (y presenta actualmente) una situación relativamente favorable, demostrando que un 99% de la misma sabe leer y escribir; 6) en 2001, el 84% de la Población Económicamente Activa se encontraba ocupada; y 7) un 7% de los hogares y un 8,2% de la población presentaban en ese año Necesidades Básicas Insatisfechas.

El Partido se localiza en el sector central de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. Los relieves y estructuras serranas de Tandilia, están conformados por un basamento cristalino de rocas graníticas precámbricas (Nágera, 1940; Rolleri, 1975; Teruggi y Kilmurray, 1975). Estas rocas, junto con las que afloran en la isla Martín García, componen el basamento cristalino más antiguo del país.

Las sierras están orientadas fundamentalmente en dirección oeste-este y noreste-sudoeste. Sobre el basamento cristalino precámbrico se encuentran sedimentos del Cenozoico Pampeanos y Post-pampeanos donde se reconocen diversas formaciones (Rabassa, 1973). La sucesión de sedimentos tenues, aparentemente uniformes, de color pardo y de estructura pelítica, forman la parte principal y más característica de la llamada Formación Pampeana (Frengüelli, 1955).

Los sedimentos pampeanos de origen loésico, de aspecto masivo, compactos con presencia de tosca en forma de láminas, poseen una edad que corresponde al Plioceno-Pleistoceno medio y los sedimentos Post-pampeanos al Pleistoceno superior-reciente (Ruiz de Galarreta y Banda Noriega, 2010).

De acuerdo con el estudio elaborado por SAGyP-INTA (1989), el partido de Tandil está integrado por dos de las unidades geomorfológicas descritas para la provincia de Buenos Aires. Una es la unidad de las sierras que comprende el sistema de Tandilia y que a su vez fue dividida en dos subunidades: la de relieve escarpado, formada por rocas aflorantes o apenas cubiertas por un delgado manto de loess (parte más alta de las sierras) y la de relieve ondulado, con loess de hasta dos metros de espesor, que forma los flancos o pedemontes.

En la primera subunidad predominan los suelos someros, limitados en profundidad por la roca. En la subunidad de los pedemontes, el loess suele sobreyacer a una costra calcárea de gran dureza y extensión, conocida vulgarmente como tosca, que ocasionalmente aflora.

La segunda unidad se caracteriza por ser sumamente plana, coincidiendo con la conocida Pampa Deprimida. Según Tricart (1973), la particularidad de esta región se debe a

la ausencia de diferenciaciones en su relieve que, al mismo tiempo, es causa y efecto de la morfogénesis; los materiales de los sectores más deprimidos fueron de origen eólico hasta sufrir transportes posteriores por parte de aguas mantiformes provenientes de las sierras, que generaron derrames de magnitud regional.

Desde el punto de vista climático, Tandil presenta un clima húmedo-subhúmedo mesotermal con poca o ninguna deficiencia de agua. Los registros de precipitaciones de la estación meteorológica de Tandil fueron analizados por Falasca y Bernabé (2001) quienes indican una oferta pluvial anual media de 882,2 mm (período 1911-1998), siendo marzo el mes más lluvioso (102,2 mm) y julio el de menor precipitación (44,1 mm); las precipitaciones anuales se reparten un 29,3% en verano, un 28,1% en otoño, un 26,7% en primavera y un 15,9% en invierno.

Los datos del balance hídrico realizado por Ruiz de Galarreta y Banda Noriega (2010) para el período 1900-2000 muestran un valor promedio anual de precipitación de 838 mm, una evapotranspiración real y potencial de 649 mm y 712 mm, respectivamente, un déficit poco significativo de 18 mm en total en los meses de diciembre, enero y febrero y, excesos hídricos de 144 mm distribuidos de mayo a noviembre.

De acuerdo con el análisis efectuado por los mismos autores, 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; los caudales medios anuales son inferiores a 3 m<sup>3</sup>/seg. Hidrológicamente se pueden diferenciar dos tipos de ambientes: el serrano, con concentración del drenaje y el pedemontano donde se verifica la dispersión de aguas. En relación con las aguas subterráneas, los autores caracterizan dos tipos de ambientes hidrolitológicos: el ambiente fisurado dentro del basamento cristalino y el ambiente poroso-clástico constituido por los sedimentos pampeanos. En este último se encuentra el acuífero freático en explotación.

El análisis del estudio de suelos realizado por SAGyP-INTA (1989) permite establecer que el Partido posee suelos pertenecientes a tres de los treinta dominios edáficos definidos para la provincia de Buenos Aires; dichos dominios, presentan dominancias de suelos clasificados a nivel de Subgrupo como *hapludoles líticos* (áreas serranas); *argiudoles típicos* (áreas pedemontanas) y *natracuoles típicos* (áreas deprimidas). Estos subgrupos dominantes integran el Orden molisoles de la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 1999). Esta dominancia local coincide con que los suelos pertenecientes al Orden de molisoles ocupan la mayor superficie de tierras de la provincia de Buenos Aires.

En términos fitogeográficos, el Partido forma parte de la Provincia Pampeana descripta por Cabrera y Willink (1973) y Cabrera (1976). Los autores citados definen como tipo de vegetación dominante la estepa o pseudoestepa de gramíneas, que forman matas de 60 cm a 1 m de altura; la forma biológica más frecuente de las gramíneas son los hemcriptófitos cespitosos. Este tipo de vegetación se asocia con praderas de gramíneas, estepas sammófilas, estepas halófilas, matorrales, pajonales, juncales, bosques marginales en las orillas de los ríos, entre otras.

Sánchez *et al.* (1999), quienes iniciaron el estudio integrado de los sistemas paisajísticos de Tandil, identificaron y caracterizaron tres grandes compartimentos ecológicos: *Serranías*, *Llanura periserrana* y *Planicie distal* o *deprimida*. El compartimento de las *Serranías* asocia diferentes elementos del sistema orográfico de Tandilia, siendo que Tandilia incluye además el área definida como subsistema de *Llanuras periserranas* (Sánchez y Nuñez, 2004). Al paisaje serrano le suceden paisajes periserranos donde se integran lomadas relativamente bajas y sectores inferiores de faldeos, presentando buena aptitud para el desarrollo agrícola. *Serranías* y *Llanuras periserranas* asocian estructuras y funciones contrastantes que manifiestan una diversidad de problemáticas ambientales inducidas por las diferentes modalidades de manejo y uso de los sistemas del área (Nuñez y Sánchez, 2007). 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.

### *Metodología*

El estudio de la evolución en el agro pampeano demandó la comparación de los usos de la tierra del Partido en un período de veinte años y el análisis de los principales impactos de los cambios. Con esa finalidad, se utilizaron 2 imágenes captadas por el sensor TM de la misión Landsat 5 con Path/Row 225-86 cuyas fechas de adquisición fueron 06/09/1988 y 23/02/2010. Las imágenes fueron obtenidas de la página correspondiente al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) perteneciente al Ministerio de Ciencia e Tecnología de Brasil ([www.inpe.br](http://www.inpe.br)).

Las imágenes se procesaron utilizando el Software ENVI 4.5 (Reserch System Inc., Boulder, CO, USA). En principio se llevaron todas las imágenes a la proyección UTM-Datum WGS-84 - Zona 21 Sur. Siguiendo la secuencia metodológica empleada en otros trabajos realizados en la provincia de Buenos Aires (Vazquez y Zulaica, 2010a; 2010b;

2010c), se calibraron las imágenes para convertir los ND (niveles digitales) en niveles de satélite a reflectividad TOA (tope de la atmósfera). Luego, ambas imágenes fueron convertidas a valores de radiancia (Chander y Markham, 2003; Chander *et al.*, 2007) y 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).

Posteriormente 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 Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface ([www.landcover.org](http://www.landcover.org)). El modo de operación de georreferenciación consistió en una técnica basada en la obtención de *puntos de control* entre dos imágenes, lo cual se realizó eligiendo puntos del mismo sector en cada imagen y, a través de una interpolación matricial realizada por el Software, se corrigieron geoméricamente las imágenes con un error de un píxel (Armand, 1995).

Sobre las imágenes procesadas de 1988 y 2010 se realizó una clasificación supervisada (Clasificador de Máxima Probabilidad). En la detección de estas clases se emplearon técnicas de visualización de las imágenes y bandas que permiten representar de la mejor manera los distintos usos del suelo. La composición utilizada fue la llamada falso color o infrarrojo color, sobre las bandas correspondientes al infrarrojo cercano, rojo y verde (bandas 4, 3, 2, respectivamente). Esta composición facilita la cartografía de masas vegetales, láminas de agua, ciudades (Chuvienco, 2007). Se obtuvieron los estadísticos de las imágenes clasificadas y se estimó la superficie correspondiente a cada clase de uso, la cual fue también ajustada en función de datos obtenidos a campo.

Se recabó información acerca de los cultivos sembrados en la fecha en que se obtuvieron las imágenes seleccionadas para el trabajo. A partir de 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 (Global Position System) del lugar, para luego referenciarlo en las imágenes.

Con los resultados obtenidos en la clasificación, se elaboró una imagen síntesis que expresa la *movilidad* de las clases. Dicha movilidad, derivada de la diferencia entre las clases de las imágenes de 1988 y 2010, permite discriminar aquellas zonas en las que se han producido transformaciones en el período considerado. Así, las zonas estables presentarán un identificador cero que indica los sitios en que no hubo cambios. En contraposición, las áreas que hayan experimentado modificaciones ofrecerán valores distintos de cero -positivos o negativos- (Chuvienco, 2007).

Los principales impactos ambientales derivados de los cambios en los modelos agroproductivos, fueron enunciados sobre la base de estudios previos (Vazquez, 2004; Zulaica, 2004; Vazquez *et al.*, 2009; Vazquez y Zulaica, 2010d; Zulaica, 2010) en los cuales se aplicaron metodologías para la valoración de impactos ambientales (Conesa Fernández-Vítora, 1997; Canter, 1998).

El impacto específico referido al riesgo de contaminación por plaguicidas, se estimó mediante el cálculo de un indicador obtenido del Software Agro-Eco-Index, desarrollado por Viglizzo (2003), con modificaciones realizadas a partir de los datos disponibles (Vazquez y Zulaica, 2010b). Para ello, sobre la base de la información aportada por las imágenes de satélite y entrevistas a informantes calificados, se determinaron los principales plaguicidas utilizados en 1988 y 2010. Posteriormente, se utilizó la siguiente ecuación para estimar el riesgo relativo de los compuestos:

$$Riesgo = \frac{\left( \frac{1000}{DL\ 50} \left[ \frac{Ksp + R}{2} + Koc + T^{1/2} \right] \times C \times S \right)}{1000000}$$

Donde: DL 50, es el promedio de la dosis letal de los principales plaguicidas utilizados, que determina la toxicidad de los compuestos; Ksp, es el promedio de la solubilidad en agua de los principales plaguicidas utilizados; R, expresa la permeabilidad del suelo en las capas superficiales; Koc, es el promedio de coeficientes de adsorción de los compuestos por la fase orgánica del suelo; T<sup>1/2</sup>, es el promedio de la vida media de los productos utilizados; C, expresa la cantidad de producto aplicada por unidad de superficie; y S, es la superficie total en la cual se aplica el producto (en este caso, corresponde a las áreas agrícolas del Partido). Dado que el indicador de riesgo se calculó considerando un espacio regional, la ecuación se ajustó dividiendo el resultado final por un millón, para evitar números extensos.

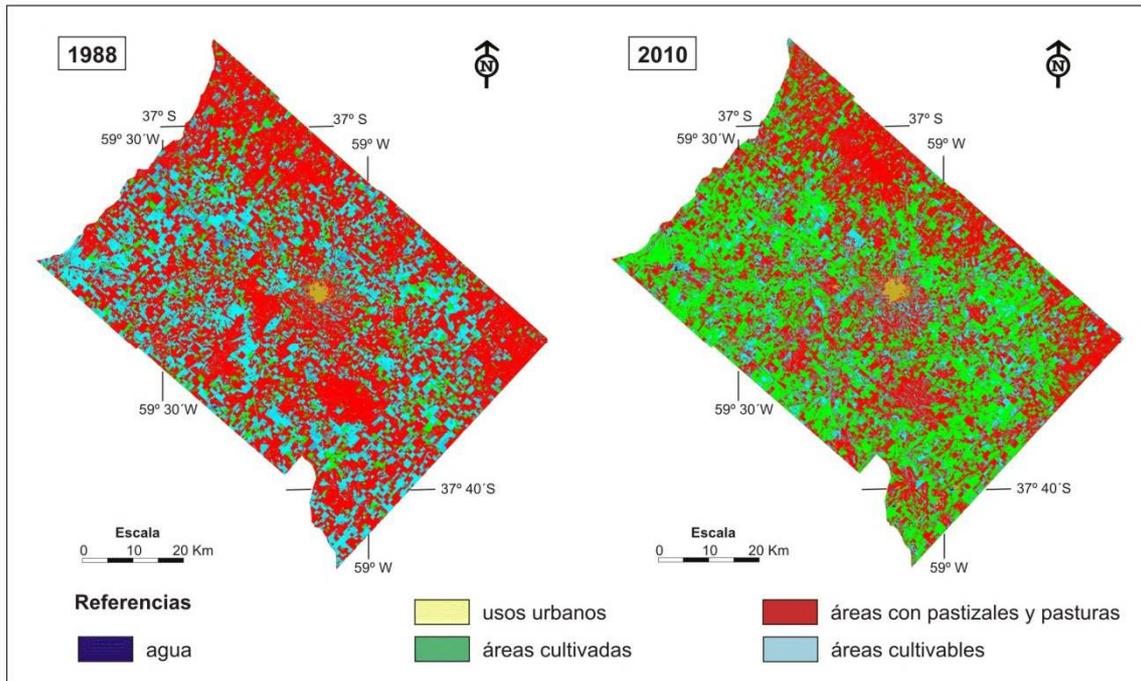
### *Resultados*

#### *Cambios en el uso de la tierra*

La clasificación supervisada (Figura 2) permite identificar diferentes usos de suelo: urbanos, áreas con pastizales y pasturas, áreas cultivables (sin cultivos en el momento en que fue tomada la imagen), áreas cultivadas y agua. Las áreas cultivables y cultivadas representan en conjunto el total de suelos agrícolas. En la Tabla 1, se muestran las superficies correspondientes a cada una de las clases.

El análisis de la imagen de 1988 y sus respectivos estadísticos revela que las áreas con pastizales y pasturas (ganaderas) se extienden en la mayor parte de la superficie del Partido, ocupando el 59,5% de las tierras (2.934,4 km<sup>2</sup>). La agricultura en este año (áreas cultivables y cultivadas), alcanzaba el 38,1% de las tierras del Partido (1.879,6 km<sup>2</sup>).

**Figura 2. Partido de Tandil: uso de la tierra en 1988 y 2010.**



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

**Tabla 1. Partido de Tandil: superficie ocupada por cada clase (1988-2010)**

Clases	Píxeles 1988	Superficie 1988 (km <sup>2</sup> )	Píxeles 2010	Superficie 2010 (km <sup>2</sup> )
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	2.284.965	1.855,9
Áreas cultivables	1.753.745	1.424,5	941.609	764,8
Agua	121.466	98,7	10.356	8,4
<b>Superficie del Partido</b>	<b>6.075.809</b>	<b>4.935,0</b>	<b>6.075.809</b>	<b>4.935,0</b>

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

Los datos recabados a partir de las entrevistas realizadas en campo indican que, en 1988, existían explotaciones netamente agrícolas, netamente ganaderas, y una importante proporción de mixtas (agrícola-ganaderas).

En 2010, las áreas de pastizales naturales y pasturas, ocupan un 45,9% de la superficie del Partido (2.266,0 km<sup>2</sup>), mientras que las agrícolas alcanzan el 53,1% (2.620,7 km<sup>2</sup>). Esto significa que las últimas áreas mencionadas muestran un incremento significativo respecto de 1988. Este hecho se evidencia en la conversión de establecimientos mixtos a netamente agrícolas, favorecidos fundamentalmente por la mejor inserción de estos cultivos en los mercados internacionales.

En síntesis, las áreas cultivables y cultivadas se incrementaron un 39,4% entre 1988 y 2010, siendo los principales cultivos anuales trigo y soja. En contraposición, este aumento se tradujo en una reducción del 22,8% de las áreas con pastizales y pasturas.

Las áreas con agua también se redujeron significativamente en el período; pasaron de ocupar el 2,0% del Partido en 1988 al 0,2% en 2010. La reducción en la superficie destinada a esta clase fue del 91,5%.

Los datos del Servicio Meteorológico Nacional, obtenidos de la página correspondiente al Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (<http://www.siiia.gov.ar>), registraron para la localidad de

Tandil 798,33 mm de lluvias en 1988 y 628,79 mm en 2009<sup>1</sup>. Asimismo, el promedio de los últimos tres años comprendidos entre 1986-1988 alcanzó un total de 836,44 mm, mientras que el correspondiente a 2007-2009, presentó 591,49 mm.

Estos datos sumados a informes elaborados por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), permiten afirmar que el período comprendido entre 2004 y 2009, se caracteriza por ser más seco. Este hecho podría haber favorecido también el avance de la agricultura en áreas donde en 1988 no hubiese sido posible por la presencia de anegamientos.

Los usos urbanos incrementaron su superficie en el período considerado: de abarcar el 0,5% del Partido en 1988 pasaron a ocupar el 0,8% en 2010. Este incremento del 81,6% se vincula directamente con la expansión de la ciudad de Tandil. 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.

Si se comparan los datos obtenidos de la imagen correspondiente a 1988 con el Censo Nacional Agropecuario del mismo año, se observa que la superficie agrícola alcanza 1.630 km<sup>2</sup> y la ganadera 2.770 km<sup>2</sup>. Estos valores muestran correspondencias con la clasificación realizada. La diferencia respecto de la clasificación (de aproximadamente 200 km<sup>2</sup>) puede deberse a que el Censo releva las tierras pertenecientes a Explotaciones Agropecuarias (EAP), cuyas superficies pueden variar si se toma en cuenta el área total del Partido.

El análisis de los distintos grupos de cultivos considerados en el Censo, destaca que un 35,9% de la superficie implantada en ese año corresponde a cereales para grano, un 18,3% a oleaginosas y 43,9% a plantas forrajeras. Los pastizales naturales ocupaban un 31,2% de la superficie total de EAP.

La información publicada por el Censo Agropecuario realizado en 2002, revela que las áreas agrícolas de las EAP alcanzaron en ese año un 43,4%, mientras que las ganaderas 52,1%. Dentro de estas últimas, los pastizales naturales ocupaban el 27,5% de la superficie total de EAP. Considerando el área implantada, los cereales para grano representaban en 2002 el 37,6% de la superficie cultivada, las oleaginosas 23,1% y las forrajeras 38,1%.

Al comparar los datos censales de 1988 y 2002 se observa que la superficie implantada destinada a cultivos anuales se incrementa de 34,1% a 43,4%. Si se considera la superficie implantada por tipos de cultivo, se verifica un incremento de las oleaginosas que,

---

<sup>1</sup> Dado que la última imagen corresponde a febrero de 2010, resulta más representativo considerar los datos de precipitaciones de 2009 antes que de 2010.

de ocupar el 18,3% del área implantada en 1988, pasan a ocupar el 23,1% en 2002. Los cereales para grano también crecen en términos relativos, aunque con menor intensidad (de 35,9% de la superficie cultivada en 1988 a 37,6% en 2002).

El incremento de áreas destinadas a trigo y soja, es compensado -principalmente- por la reducción en el cultivo de forrajeras y la sustitución de pastizales (en ese período, las forrajeras disminuyen un 14,2% y los pastizales un 18,5%).

En relación con el régimen de tenencia de la tierra, la información censal indica que predominan en ambos años los propietarios, con una disminución en 2002. En 1988, el 65,9% de los establecimientos y el 56,7% de las tierras se encontraban únicamente bajo este régimen, mientras que para 2002, los valores descienden a 57,2% y 40,7%, respectivamente. En 2002, se incrementan principalmente los establecimientos en régimen de arrendamiento.

El análisis de la escala de extensión de los establecimientos demuestra que, en el desarrollo de actividades agropecuarias predominaban en 1988 los establecimientos que tenían entre 100 y 200 ha, mientras que en 2002 los comprendidos en el rango de entre 200 y 500 ha. El número de productores disminuyó un 39,8% en el período y aumentaron significativamente la cantidad de establecimientos superiores a 1000 ha, que de representar el 10,9% de la cantidad de EAP, pasaron a agrupar el 21,4% de los establecimientos. Se verifica entonces, un proceso de concentración de la tierra en menor cantidad de productores.

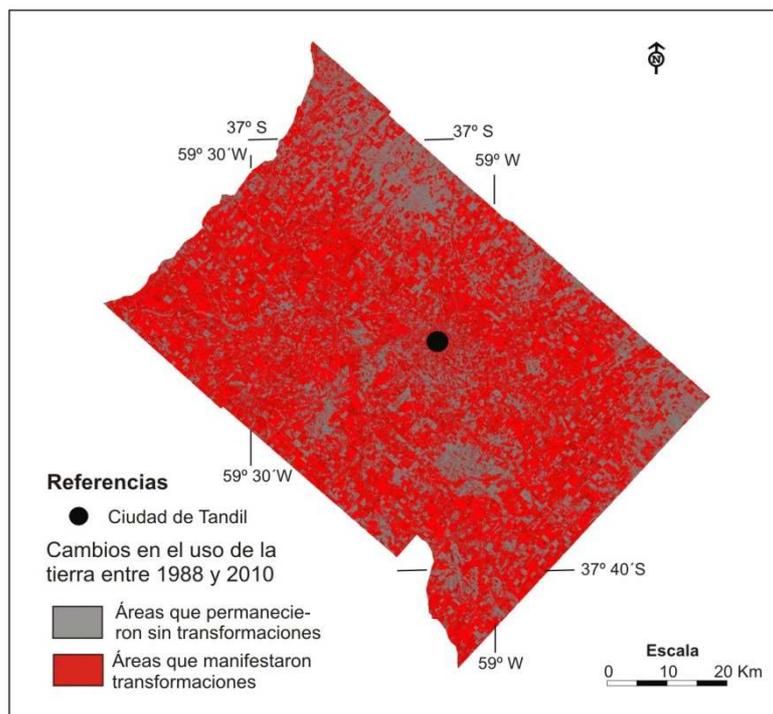
Este proceso se corresponde con lo sucede en la región pampeana. De acuerdo con Nogar y Nogar (2008), se observa en la región una gran caída en el estrato de hasta 500 ha (-34% en cantidad de explotaciones y -26% en superficie ocupada por este rango) y los mayores aumentos se registran en los estratos de 2.500,1 ha a 10.000 ha (+6% en cantidad de explotaciones y +5% en superficie) y de más de 10.000 ha (+13% en cantidad de establecimientos y +14% en superficie). Continúan afirmando que, este escenario muestra la contradicción entre los índices de crecimiento sectorial y la situación crítica de los productores excluidos o más vulnerables: por un lado, muchos productores pequeños y medianos que han dejado de ser activos, y por otro, grandes grupos empresariales.

Según el análisis efectuado, se evidencia un fuerte proceso de agriculturización en el Partido durante el período. Nogar y Nogar (2008) señalan que es en la última década cuando la rentabilidad agrícola y la siembra de soja se hicieron altamente positivas por el alza en las cotizaciones internacionales de los granos, el capital financiero extra-agrario avanzó, fundamentalmente, hacia las cadenas de producción agrícolas; estas inversiones se

canalizaron a través de los pools de siembra, que en poco tiempo pasaron a controlar las mejores tierras agrícolas y a ponerlas en producción con el más moderno paquete de insumos.

Así, los cambios en los usos de la tierra, verificados en el análisis de imágenes satelitales, se ajustan a los modelos imperantes a nivel nacional y se vinculan directamente con los mercados internacionales. Estos cambios se evidencian en los resultados obtenidos a partir de la *imagen diferencia* de 1988 y 2010 (Figura 3), donde se observa que apenas el 29,9% (1.475 km<sup>2</sup>) de las clases permanecieron constantes en el período, mientras que el 70,1% (3.460 km<sup>2</sup>) de la superficie del Partido sufrió transformaciones en los modelos productivos.

**Figura 3. Partido de Tandil: imagen diferencia de 1988 y 2010**



Fuente: Elaboración propia sobre las imágenes clasificadas de 1988 y 2010.

#### *Principales impactos ambientales de los cambios en el uso de la tierra*

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. 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 (Vazquez y Zulaica, 2010d). 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 (Vazquez *et al.*, 2009). 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 productos químicos (Vazquez, 2004; Vazquez y Zulaica, 2010b). 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 en el suelo (Flores y Sarandón, 2002/2003). En este sentido, las prácticas de conservación de suelos destinadas a mantener las propiedades físicas y químicas del recurso, son necesarias para asegurar que las actividades puedan sostenerse en el tiempo.

La Tabla 2 sintetiza los principales impactos asociados con el proceso de agriculturización sobre distintos factores del medio, cuyos efectos se han agudizado a lo largo del período analizado.

Además de los problemas mencionados es importante destacar, desde el punto de vista social y económico, que el mayor porcentaje de productores está vinculado con usos cuya dinámica responde a los flujos globales y hegemónicos (Nogar y Nogar, 2008). En ese sentido, las autoras sostienen que esta internalización de los patrones productivos incluye a pocos y excluye a muchos en un proceso de concentración y flexibilización; a nivel local, este proceso introdujo cambios en la composición social y en los usos del suelo rural: se verifica un desplazamiento de los pequeños y medianos productores, ante la imposibilidad de competir, ya sea en tecnología como en los procesos de integración productiva.

**Tabla 2. Principales problemas ambientales de la actividad agrícola**

Factores	Principales problemas ambientales
Suelo	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Contaminación asociada con el uso de agroquímicos.</li><li>▪ Potencial pérdida de suelo (en el mediano y largo plazo) como consecuencia del manejo inadecuado de los suelos agrícolas.</li></ul>
Agua	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Contaminación asociada con el uso de agroquímicos.</li></ul>
Flora	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Sustitución y simplificación de los ecosistemas nativos, tornándolos más vulnerables a la aparición de plagas.</li><li>▪ Disminución o pérdidas de biodiversidad.</li></ul>
Fauna	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disminución o pérdida de especies de fauna como consecuencia de la fragmentación extrema de los ecosistemas y desconocimiento de posibles adaptaciones a los neohábitats introducidos con el desarrollo de los agroecosistemas.</li></ul>
Ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Alteración de los procesos ecológicos (ciclado de nutrientes, flujos de energía, captación de dióxido de carbono, etc.) como consecuencia de la sustitución de la cobertura vegetal y transformación del hábitat.</li></ul>
Población	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Riesgos por exposición directa a la aplicación de agroquímicos.</li><li>▪ Riesgos por consumo o contacto con agua contaminada con agroquímicos.</li></ul>

Fuente: Zulaica (2004; 2010).

#### *Riesgo de contaminación por plaguicidas*

El riesgo de contaminación por plaguicidas se determina a través del cálculo de un indicador. Es importante destacar que, el valor absoluto del indicador no tiene significado en sí mismo, sino que su utilidad reside en la capacidad de comparar, en este caso, el potencial de contaminación en el Partido en distintos años. Para realizar la estimación, se determinaron mediante entrevistas, algunos de los principales agroquímicos utilizados en los establecimientos agrícolas del Partido en 1988 y 2010.

Los resultados revelan que muchos de los principios activos de los compuestos químicos aplicados en ambos períodos son esencialmente los mismos, lo que varía es la marca comercial y los valores de venta de los productos. Asimismo, cambia la cantidad aplicada por unidad de superficie en el año y la superficie en la que se emplean. Puede observarse también que, en 1988, se utilizaban aún plaguicidas de altísima peligrosidad e impacto sobre el ambiente como es el DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano).

Las Tablas 3 y 4 muestran los principales plaguicidas empleados en las áreas de cultivo de 1988 y 2010, con los parámetros a evaluar en el riesgo de contaminación.

Siguiendo el procedimiento especificado en la metodología, el indicador de riesgo de contaminación en 1988 arroja un valor de 103,73 mientras que, en 2010 asciende a 2.228,84. Este ascenso de 2.048,73% se justifica fundamentalmente por el cambio en las prácticas productivas, entre ellas, el tipo de labranza. En este sentido, las modalidades de producción



varían desde la *labranza convencional o tradicional* (que implica el laboreo del suelo anterior a la siembra) a la *labranza cero o siembra directa*, donde se siembra directamente depositando la semilla en un corte vertical de pocos centímetros. Esta técnica, si bien conforma el mejor sistema para evitar la erosión del suelo, exige mayor control químico, en especial de malezas (Viglizzo *et al.*, 2002), que se refleja en un incremento de la cantidad de productos aplicados por unidad de superficie a lo largo del año. Asimismo, el modelo permite la realización de “doble cultivo”, aumentando la superficie real a cultivar en el período.

**Tabla 3: Principales plaguicidas empleados en el partido de Tandil en 1988.**

Plaguicidas	DL 50	Ksp	R	Koc	T 1/2	C 1988	S 1988
Picloran	0,048	3	4	5	5		
Paraquat	1,840	2	4	1	5		
Clorimurón	0,196	4	4	4	3		
2,4 D sal amina	0,882	3	4	5	2		
<b>Herbicidas</b>						0,20	
Propiconazole	0,125	3	4	4	3		
Tebuconazole	0,063	2	4	2	2		
<b>Funguicidas</b>						0,15	
Cipermetrina	0,061	1	4	2	3		
Endosulfán	2,692	1	4	3	3		
Clorpirifos	2,152	1	4	3	3		
Metamidifós	50,000	5	4	5	1		
Aldrin	25,641	2	4	2	2		
DDT	8,850	4	4	5	1		
<b>Insecticidas</b>						0,10	
<b>Promedios y totales</b>	<b>5,810</b>	<b>2,7</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,8</b>	<b>0,45</b>	<b>187960</b>

**Referencias:**

**DL 50:** dosis letal 50 (ton/g); **Ksp:** solubilidad (g/g); **R:** permeabilidad (4 corresponde al valor establecido para la Pampa Austral); **Koc:** coeficiente de adsorción del compuesto por la fase orgánica del suelo (g/g); **T<sup>1/2</sup>:** vida media de los productos utilizados (días); **C 1988:** cantidad de producto aplicada anualmente por hectárea (l/ha); y **S 1988:** superficie de áreas agrícolas en el Partido (ha).

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Viglizzo (2003), Vazquez y Zulaica (2010b) y entrevistas.

**Tabla 4: Principales plaguicidas empleados en el partido de Tandil en 2010**

Plaguicidas	DL 50	Ksp	R	Koc	T 1/2	C 2010	S 2010
Glifosato	0,086	5	4	1	3		
Paraquat	1,840	2	4	1	5		
Clorimurón	0,196	4	4	4	3		
2,4 D sal amina	0,882	3	4	5	2		
<b>Herbicidas</b>						4,90	
Propiconazole	0,125	3	4	4	3		
Tebuconazole	0,063	2	4	2	2		
<b>Funguicidas</b>						0,30	
Cipermetrina	0,061	1	4	2	3		
Endosulfán	2,692	1	4	3	3		
Clorpirifos	2,152	1	4	3	3		
Metamidifós	50,000	5	4	5	1		
<b>Insecticidas</b>						0,20	
<b>Promedios y totales</b>	<b>5,810</b>	<b>2,7</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2,8</b>	<b>5,40</b>	<b>262070</b>

**Referencias:**

**DL 50:** dosis letal 50 (ton/g); **Ksp:** solubilidad (g/g); **R:** permeabilidad (4 corresponde al valor establecido para la Pampa Austral); **Koc:** coeficiente de adsorción del compuesto por la fase orgánica del suelo (g/g); **T<sup>1/2</sup>:** vida media de los productos utilizados (días); **C 2010:** cantidad de producto aplicada anualmente por hectárea (l/ha); y **S 2010:** superficie de áreas agrícolas en el Partido (ha).

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Viglizzo (2003), Vazquez y Zulaica (2010b) y entrevistas.

**Conclusiones**

Los resultados obtenidos a partir de la clasificación de las imágenes satelitales revelan que el área de estudio, partido de Tandil, es netamente agropecuaria con cambios variables y significativos respecto de las actividades predominantes en los establecimientos durante los años analizados (1988 y 2010). La expansión agrícola es evidente en 2010, siendo este proceso característico no sólo del Partido sino también de la ecorregión de Las Pampas.

La comparación de los cambios en los usos de la tierra muestra que el incremento de la superficie agrícola (39,4%) entre 1988 y 2010 se produjo a expensas de la reducción de áreas destinadas a ganadería (22,8%). Este proceso de “agriculturización” se tradujo en la reducción de áreas destinadas a pastizales naturales y pasturas y se vio favorecido por la presencia de un período más seco que tuvo sus comienzos a mediados de la última década analizada. En relación con ello, se observa una reducción de la superficie ocupada por cuerpos de agua (91,5%).

Un 70,1% de la superficie del Partido evidenció cambios de uso entre 1988 y 2010. En el porcentaje restante, las clases se mantuvieron constantes. Dichas áreas se corresponden con sectores más deprimidos de la *Planicie distal* y con el compartimento de *Serranías*. Es justamente en estas zonas donde se conservan importantes relictos de pastizales pampeanos.

La ciudad Tandil, cabecera del Partido, es una localidad consolidada en materia de infraestructura, servicios, diversidad de actividades que ofrece, en términos generales, condiciones satisfactorias de habitabilidad. Entre las ciudades intermedias de la provincia de Buenos Aires, Tandil se presenta como una opción interesante a la hora de elegir un lugar para vivir. Esta tendencia se manifiesta de manera considerable en el período estudiado y se traduce en el crecimiento del área urbana (aproximadamente 81,6%) entre 1988 y 2010.

Los cambios en el uso de la tierra agudizaron algunos problemas ambientales. Estos resultados se condicen con lo expresado por Altieri (1999) quien manifiesta que la agricultura a partir de la revolución verde, trajo aparejado problemas ambientales tales como, contaminación de suelos y aguas por el uso extensivo de agroquímicos, sustitución y simplificación de los ecosistemas nativos con pérdidas de biodiversidad, fragmentación extrema de los ecosistemas, pérdidas de suelo, entre otros. Ante esta situación, surge como respuesta a la agudización de los impactos sobre el medio ambiente, el paradigma de la agricultura sustentable, el cual plantea que el logro de sus objetivos depende de una correcta gestión social, política, económica, tecnológica y ambiental, fundadas en valores éticos (Zahedi y Gudynas, 2008).

Además, el actual modelo agroproductivo basado en la agricultura permanente demanda la aplicación sostenida de plaguicidas y el incremento de la cantidad de litros utilizados por año. Este hecho se evidencia claramente en la estimación del riesgo de contaminación por estos productos, el cual aumentó 21,5 veces entre 1988 y 2010.

Por último, el trabajo destaca la importancia del uso de información captada por sensores remotos para obtener información con buena resolución espacial y temporal que,

una vez procesada, permite disponer de mapas base que contribuyen al conocimiento del estado de situación de los sistemas productivos del Partido, analizar su evolución, evaluar las consecuencias y diseñar estrategias tendientes a la sostenibilidad ambiental del territorio.

#### *Citas bibliográficas*

Altieri, M., 1999. "Agricultura tradicional y la conservación de la biodiversidad", En: Matteucci, Solbrig, Morello y Halffter (eds.), Biodiversidad y uso de la tierra; conceptos y ejemplos de Latinoamérica. EUDEBA, Col. C.E.A. 24. cap. 5, p. 71-83.

Altieri, M., 2009. "Reflexiones sobre el estado de la agricultura a base de transgénicos y agrocombustibles en América Latina", En: Manzur, Catacora, Cárcamo, Bravo y Altieri (editores), América Latina: la transgénesis de un continente; visión crítica de una expansión descontrolada. Red por una América Latina Libre de Transgénicos, RALLT; Sociedad Latinoamericana de Agroecología, SOCLA y Red de Acción de Plaguicidas de América Latina, RAP-AL. p. 6-13

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

Burkart, R.; Bárbaro, N. O.; Sánchez, R. O. y Gómez, D. A., 1999. Eco-regiones de la Argentina, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable. Buenos Aires.

Cabrera, A. L., 1976. "Regiones Fitogeográficas Argentinas". Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, Tomo II. ACME, Buenos Aires.

Cabrera, A. y Willink, A., 1973. "Biogeografía de América Latina". Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, Washington.

Canter, L. W., 1998. Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. 841 p. Editorial McGraw-Hill Interamericana de España, Colombia.

Chander, G. y Markham, B., 2003. "Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, v. 41, n° 11, p. 2674-2677.

Chander, G.; Markham, B. y Barsi, J., 2007. "Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration". IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, v. 4, n° 3, p. 490-494.

Chuvieco, E. , 2007. Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio, 586 p. Editorial Ariel Ciencia, Barcelona, España.

Conesa Fernández-Vítora, V., 1997. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental", 276 p. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

Falasca, S. L. y Bernabé, M. A., 2001. "Las precipitaciones en el partido de Tandil", p. 53-59. En: 8º Encuentro de Geógrafos de América Latina. Santiago de Chile.

Flores, C. y Sarandón, S., 2002/2003. “¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina”. Rev. Fac. Agron. 105 (1): 52-67.

Frengüelli, J., 1955. “Loess y limos pampeanos”. Ministerio de Educación de la Nación. Serie Técnica y Didáctica, La Plata, nº 7.

INDEC. 1988. “Censo Nacional de Agropecuario de la Provincia de Buenos Aires”. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Buenos Aires.

INDEC. 2002. “Censo Nacional de Agropecuario de la Provincia de Buenos Aires”. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Buenos Aires.

Lapitz, R.; Evia, G. y Gudynas, E., 2004. Soja y carne en el Mercosur; comercio, ambiente y desarrollo agropecuario, 192 p. Coscoroba Ediciones, Montevideo, Uruguay.

Lazzarini, A., 2004. “Avances en el análisis del CNA 2002 y su comparación con el CNA 1988”. Documento de difusión inscripto en el marco del Proyecto de Beca Profesional de Iniciación: Sistematización y análisis del Censo Nacional Agropecuario 2002, Instituto de Economía y Sociología, INTA, Buenos Aires.

Manuel-Navarrete, D. y Gallopín, G., 2007. “Integración de políticas, sostenibilidad y agriculturización en la pampa argentina y áreas extrapampeanas”. Serie Seminarios y Conferencias, CEPAL, Santiago de Chile, nº 50.

Manuel-Navarrete, D.; Gallopín, G.; Blanco, M.; Díaz-Zorita, M.; Ferraro, D.; Herzer, H.; Laterra, P.; Morello, J.; Murmis, M.R.; Pengue, W.; Piñero, M.; Podestá, G.; Satorre, E.H.; Torrent, M.; Torres, F.; Viglizzo, E.; Caputo, M.G. 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”. Serie Medio Ambiente y desarrollo, División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL, Santiago de Chile, nº 118.

Municipio de Tandil. 2004. “Tandil 2004, frente a los nuevos escenarios sociales; propuesta de descentralización y zonificación municipal”. Secretaría de Desarrollo Social, Tandil.

Nágera, J.; 1940. “Historia Física de la Provincia de Buenos Aires, 1. Tandilia”. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Nogar, G. y Nogar, L., 2008. “Cambios en los usos del suelo rural en Tandil: biocombustible, soja y sustentabilidad. Estado de situación”. En: IV Congreso Internacional de la Red Sial ALFATER 2008, Mar del Plata.

Nuñez, M. V. y Sánchez, R. O., 2007. “Relaciones sociedad-naturaleza en la Región de Tandilla”. En: Primer Congreso de Geografía de Universidades Nacionales, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto.

Odum, E. P., 1992. Ecología: bases científicas para un nuevo paradigma, 282 p. Ediciones Vedra, Barcelona, España.



Oesterheld, M., 2008. "Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas: Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes". *Ecología Austral*, v. 18, nº 3, p. 337-346.

Orúe, M. E.; Laterra, P. y Cabria, F., 2007. "Expansión de la frontera agrícola en Argentina y erosión hídrica: mapas de riesgo utilizando el Modelo Usle con apoyo de SIG". *Teledetección - Hacia un mejor entendimiento de la dinámica global y regional*, Ed. Martin, p. 185-192.

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

Rabassa, J., 1973. "Geología superficial de la Hoja Sierras de Tandil, provincia de Buenos Aires". *LEMIT, An. Serie II*, 240, p. 117-160.

Rolleri, E. O., 1975. "Provincias Geológicas Bonaerenses", p. 29-53. En VI Congreso Geológico Argentino-Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires.

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", p. 71-79. 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.

SAGyP-INTA., 1989. "Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires". Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca - Instituto de Tecnología Agropecuaria, Proyecto PNUD Argentina 85/019. Buenos Aires

Sánchez, R. O. y Nuñez, M. V., 2004. "El sistema de Tandilia: una aproximación a la definición de su espacialidad y compartimentación territorial". En: Segundo Congreso de la Ciencia Cartográfica - IX Semana Nacional de Cartografía, SEGEMAR - Centro Argentino de Cartografía, Buenos Aires.

Sánchez, R. O.; Mattus, G. 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, p. 338-346.

Schroeder, T.; Cohen, W.; Song, C.; Canty, M. 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*, nº 103, p. 16-26.

Sili, M., 2007. "Fragmentación territorial y desarrollo rural; nuevas interpretaciones y propuestas para el desarrollo de los territorios rurales en un contexto de globalización". Serie Desarrollo Sustentable, Documento de Trabajo nº 1. Banco Mundial, Buenos Aires.

Soil Survey Staff., 1999. "Soil Taxonomy". NRCS-USDA, Agric. Handbook 436, Second Edition, US. Gov. Print. Office, Washington DC, USA.

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*, nº 102, p. 161-175.

Teruggi, M. E. y Kilmurray, J. O., 1975. "Tandilia", p. 55-77. En VI Congreso Geológico Argentino-Relatorio Geología de la Provincia de Buenos Aires. Buenos Aires.

Tricart, J., 1973. "Geomorfología de la Pampa Deprimida; base para los estudios edafológicos y agronómicos". INTA-Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, Plan Mapa de Suelos de la Región Pampeana. Buenos Aires.

Vazquez, P., 2004. "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, Tandil (Inédito).

Vazquez, P. y Zulaica, L., 2010a. "Análisis comparativo de los cambios en el uso de la tierra (1998-2008) por ambientes geomorfológicos en la Cuenca del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires), mediante sensores remotos". Capítulo 2, Pp. 15-31. En: Carbone, M. E.; W. D. Melo y G. R. Ángeles, *Tecnologías de la Información Geográfica del Sur Argentino*. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

Vazquez, P. y Zulaica, L., 2010b. "Implicancias ambientales de las transformaciones agroproductivas en la Cuenca del río Quequén Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina)". En: X Congreso de Aguas Subterráneas y Desarrollo Sustentable de los Pueblos Latinoamericanos, Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo, Caracas, Venezuela.

Vazquez, P. y Zulaica, L., 2010c. "Cambios agroproductivos y problemas ambientales en la Cuenca del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina)". *Revista Geografía, Associação de Geografia Teórica (AGETEO)*, Universidade Estadual Paulista. Artículo en prensa.

Vazquez, P. y Zulaica, L., 2010d. "Nuevas tendencias agroproductivas y su incidencia en la sustentabilidad de los agroecosistemas". En: I Congreso Latinoamericano y IV Argentino de conservación de la Biodiversidad, San Miguel de Tucumán.

Vazquez, P.; Kristensen, M. J. y Giarratano, M., 2009. "Loss of remnant biological corridors in the pampas environment due to changes in agricultural practices (Tandil, Buenos Aires, Argentina)". En: *Diversitas OSC2 Biodiversity and Society, Understanding connections, adapting to change*, Cape Town, South Africa.

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

Viglizzo, E.; Lértora, F.; Pordomingo, A.; Bernardos, J.; Roberto, Z. y Del Valle, H., 2001. "Ecological lessons and applications from one century of low intensity farming". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81: 65-81.

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, nº 8, p. 38-51.



Viglizzo, E.; Frank, F. y Carreño, L. , 2006. "Situación ambiental en las ecorregiones Pampa y Campos y Malezales", p. 263-278. En: Brown, Martínez Ortiz, Acerbi y Corcuera (editores), La Situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre, Buenos Aires.

Zahedi, K. y Gudynas, E., 2008. "Ética y desarrollo sostenible. América Latina frente al debate internacional", p. 273-292. En: Gottsbacher y Lucatello (comp.), Reflexiones sobre la ética y la cooperación internacional para el desarrollo: los retos del siglo XXI. Instituto Mora, México.

Zulaica, L., 2004. "Aproximación al dimensionamiento de la problemática ambiental de los sistemas ecológicos de la cuenca del arroyo Langueyú (partido de Tandil)". Contribuciones Científicas, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, nº 65, p. 369-389.

Zulaica, L., 2010. "Transformaciones territoriales en el sector sur del periurbano marplatense: causas y consecuencias ambientales". Tesis de Doctorado en Geografía, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca (Inédito).