

TRANSFORMACIONES AGROPRODUCTIVAS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD EN LA CUENCA DEL RIO QUEQUÉN GRANDE (PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA), DURANTE LOS PERÍODOS 1988-1998 Y 1998-2008

PATRICIA VAZQUEZ*, MÓNICA SACIDO** Y LAURA ZULAICA***

Recibido: 29-02-2012. Aceptado: 30-08-12. BIBLID [0210-5462 (2012-1); 50; 119-146].

PALABRAS CLAVE: nuevas tecnologías agrícolas, sensores remotos, intervención de hábitat, agroquímicos, ambientes geomorfológicos.

KEYWORDS: new agricultural technologies, remote sensing, habitat intervention, agrochemicals, geomorphological environments.

MOTS-CLÉS: nouvelles technologies agricoles, capteurs à distance, intervention d'habitat, agro-chimiques, ambiances géomorphologiques.

RESUMEN

La región pampeana posee fuertes ventajas comparativas para la producción agropecuaria. Los modelos productivos actuales incluyen la siembra directa con aumento en el uso de agroquímicos y el avance de la agricultura ha generado una fuerte fragmentación de los pastizales naturales. El objetivo de este trabajo es analizar las transformaciones agroproductivas en la Cuenca del río Quequén Grande (situada en la Pampa Austral) y sus principales consecuencias durante los períodos 1988-1998 y 1998-2008. La metodología utilizada se basó en la clasificación supervisada de imágenes de satélite para los años seleccionados. Los estadísticos obtenidos se correlacionaron con cálculos de los indicadores de riesgo de intervención del hábitat y de contaminación por plaguicidas. El proceso de agriculturización se manifestó con distinta intensidad en los ambientes geomorfológicos de la Cuenca, la unidad de sierras y serranías fue la más afectada en ambos períodos, presentando valores altos de riesgo ambiental.

ABSTRACT

The Pampas region has strong comparative advantage in agricultural production. Current production models include direct seeding increased use of agrochemicals and the advancement

*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Agronomía y de Ciencias Humanas. CIISAS, Av. República de Italia, S/N (CP 7300) Azul, Provincia de Buenos Aires (Argentina). patriciavazquez11@gmail.com

** . Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Av. República de Italia S/N° (CP 7300) Azul, Provincia de Buenos Aires (Argentina). msacido@faa.unicen.edu.ar

***. Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Centro de Investigaciones Ambientales – Becaria CONICET. Funes 3350 (CP 7600) Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires (Argentina). laurazulaica@conicet.gov.ar

of agriculture has led to a strong fragmentation of natural grasslands. The aim of this study is to analyze the changes in agroproduction Basin of the River Quequén Grande (located in the Pampa Austral) and its consequences for the periods 1988-1998 and 1998-2008. The methodology used was based on the supervised classification of satellite imagery for selected years. The statistics obtained were correlated with estimates of the risk indicators of intervention of the habitat and pesticide pollution. Agriculturization process manifested with different intensity in the geomorphological environments, the unit of hills and mountain range was most affected in both periods, presenting high values of environmental risk.

RESUMÉ

La región de la pampa possède de forts avantages comparatifs pour la production agricole. Les modèles productifs actuels incluent les semilles directes avec une augmentation dans l'emploi d'agro-chimiques et l'avance de l'agriculture a généré une forte fragmentation des pâturages naturels. L'objectif de ce travail est d'analyser les transformations agro-productives au Bassin du fleuve Quequén Grande (située dans la Pampa Australe) et ses conséquences principales pendant les périodes 1988-1998 et 1998-2008. La méthodologie employée a été basée sur la classification supervisée d'images de satellite pour les années sélectionnées. Les statistiques obtenues ont été mises en corrélation avec des calculs des indicateurs de risque d'intervention de l'habitat et de contamination par pesticides. Le processus de changement vers l'agriculture s'est manifesté avec une intensité différente dans les ambiances géomorphologiques du Bassin, l'unité de sierras y serranías a été la plus affectée dans les deux périodes, présentant des valeurs élevées de risques environnementaux.

1. INTRODUCCIÓN

La región pampeana, una planicie originalmente cubierta por pastizales, se divide en cuatro unidades disímiles: Pampa Ondulada, Pampa Interior, Pampa Deprimida y Pampa Austral (SORIANO, A. y otros, 1991). Esta gran llanura posee una riqueza y potencialidad productiva que la hacen una región con fuertes ventajas comparativas para la producción agropecuaria (MORELLO, J. y otros, 2000). Los agroecosistemas de esta área, son frecuentemente los cultivos extensivos, excepto en la Pampa Deprimida (HALL, A. y otros, 1992); los mismos son diseñados por el hombre y difieren de los sistemas naturales en que su principal función es la producción de biomasa cosechable para satisfacer las demandas de la sociedad (COX, G. y ATKIN, M., 1979). Esta función se asocia con un conjunto de propiedades derivadas de las prácticas de manejo impuestas por los modelos de producción agrícola (SWIFT, M. y ANDERSON, J., 1993).

En esta gran área agrícola, los cultivos de grano, como el trigo, el maíz y posteriormente el girasol y la soja han sido cultivados desde mediados del siglo XIX (GHERSA, C. y LEÓN, R., 1999), intercalándose, en menor medida, con cultivos anuales para la alimentación del ganado. En este sentido, el pastoreo es una actividad obligada en algunas áreas de esta región y su importancia relativa depende de la impronta impuesta por el paisaje principalmente el desarrollo a partir de un sistema

de drenaje, siendo mayor su expansión en la Pampa Interior respecto de la Pampa Ondulada y la Pampa Austral.

Hasta el final de 1930 la expansión de la agricultura estuvo basada fundamentalmente en la ampliación de la frontera agrícola por ocupación de nuevas tierras, alcanzando más de un 30% del total de las tierras agrícola-ganaderas. 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, J. y TORRES, F., 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, C. y GHERSA, M., 1991; VIGLIZZO, E. y otros, 1997; GHERSA, C. y LEÓN, R., 1999; SATORRE, E., 2001). 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 (HALL, A. y otros, 1992; GHERSA, C. y LEÓN, R., 1999).

Dicho cambio se caracteriza por un paulatino aumento del doble cultivo trigo-soja en detrimento de la actividad ganadera. 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 C. y GHERSA, M., 1991; PARUELO, J. y otros, 2005; VITTA, J. y otros, 2004; ATLAS AMBIENTAL DE BUENOS AIRES, 2010).

El uso de agroquímicos y la siembra directa, han sido parte de los modelos productivos aplicados en la región y, por lo tanto, es esperable que hayan impactado sobre algunas de las funciones del agroecosistema.

Durante los últimos 50 años, los pesticidas se han convertido en uno de los componentes principales de la agricultura (PIMENTEL, D. y otros, 1991; MATSON, P. y otros, 1997) y, aunque su uso es considerado económicamente rentable para la mayoría de los sistemas, sus efectos secundarios sobre el ambiente son frecuentemente negativos. Por lo tanto, generan costos que raramente son tenidos en cuenta en los balances para el cálculo de la rentabilidad de la empresa agropecuaria (PIMENTEL, D., 1992; WILSON, C. y TISDELL, C., 2001).

Además, los registros históricos muestran que la agricultura en la región pampeana produjo una drástica reducción de las áreas con vegetación natural (VIGLIZZO E., 1994). Estos problemas son comunes a la expansión de los «agroecosistemas» en el mundo, entendidos por A. SORIANO y M. AGUIAR (1998), como ecosistemas sometidos por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Su característica central es la partición de los hábitats naturales y el consecuente aislamiento de los «fragmentos» remanentes, proceso que es conocido generalmente con el nombre de fragmentación (WILCOX, B., 1980).

Una de las principales consecuencias biológicas de la fragmentación es que los fragmentos de hábitats que resultan de este proceso se comportan como «islas» incapaces de sostener la misma cantidad de especies que contenían originalmente cuando estaban contiguos unos con otros. Es por esta razón que se ha podido establecer una clara relación entre el proceso de fragmentación y la reducción local del número de especies (BOLGER, D. y otros, 1997). Estos ambientes que conservan aún la vegetación espontánea, se desarrollan en las alambradas que rodean a los campos de cultivo, las banquinas, los terraplenes y los márgenes de cursos de agua, representando los elementos del paisaje de los agroecosistemas que más se asemejan a los hábitats originales (ATLAS AMBIENTAL DE BUENOS AIRES, 2007; VÁZQUEZ, P. y otros, 2009; 2011).

Conjuntamente, los cambios producidos en las técnicas agropecuarias de las últimas décadas han modificado la intensidad y la calidad de los impactos que generan sobre el ambiente y la sustentabilidad, la cual es concebida como «aquella que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras», siguiendo una de las definiciones más conocidas acuñada por la Comisión de Brundtland (WCED, 1987).

Una herramienta práctica para apreciar la sustentabilidad es el uso de indicadores debido a que la complejidad y la multidimensión de la sustentabilidad hacen necesario volcar aspectos de naturaleza compleja en valores claros, objetivos y generales. Los mismos deben ser elegidos y construidos de acuerdo al objetivo perseguido. Son varios los que se han propuesto para agroecosistemas. Este análisis implica, no sólo realizar una enumeración de los impactos, sino evaluar la intensidad, magnitud, reversibilidad de los mismos (ALTIERI, M., 2002; SARANDÓN, S., 2002).

En este sentido, existen trabajos específicos directamente relacionados con mediciones de impactos ambientales a partir de indicadores de sustentabilidad (IS), generados antes y después de las grandes transformaciones en el agro pampeano (VIGLIZZO, E. y otros, 2002; FLORES, C. y SARANDÓN, S., 2002/2003; VÁZQUEZ, P., 2004; FRANK, F., 2007; VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L., 2010a; 2010b; 2011). En estos estudios se observa que, mientras se incorporan técnicas que aumentan la sustentabilidad en términos de conservación de suelos (siembra directa), el aumento en la demanda de insumos energéticos y de agroquímicos, lo alejan de esa condición. Así, el uso indiscriminado de plaguicidas, especialmente de herbicidas, y en menor medida los insecticidas y funguicidas, generan pérdida de biodiversidad, resistencia en las especies y efecto nocivo sobre la salud del hombre. Los impactos de las actividades agropecuarias implican contaminación de acuíferos por el uso extensivo de agroquímicos, que varían de acuerdo con los modelos productivos implicados (VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L., 2010c).

Sobre la base de todo lo enunciado y lo propuesto por VÁZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2010a; 2010b; 2011) quienes expresan que resulta indispensable fortalecer el análisis integrado de la Cuenca del río Quequén Grande (CrQG) inserta en la Pampa Austral, se pretende en este trabajo, evaluar el riesgo contaminación por uso de plaguicidas y las pérdidas de vegetación nativa en los distintos ambientes geomorfológicos de la

CrQG, impactos asociados con los cambios en los modelos agroproductivos durante los períodos 1988-1998 y 1998-2008.

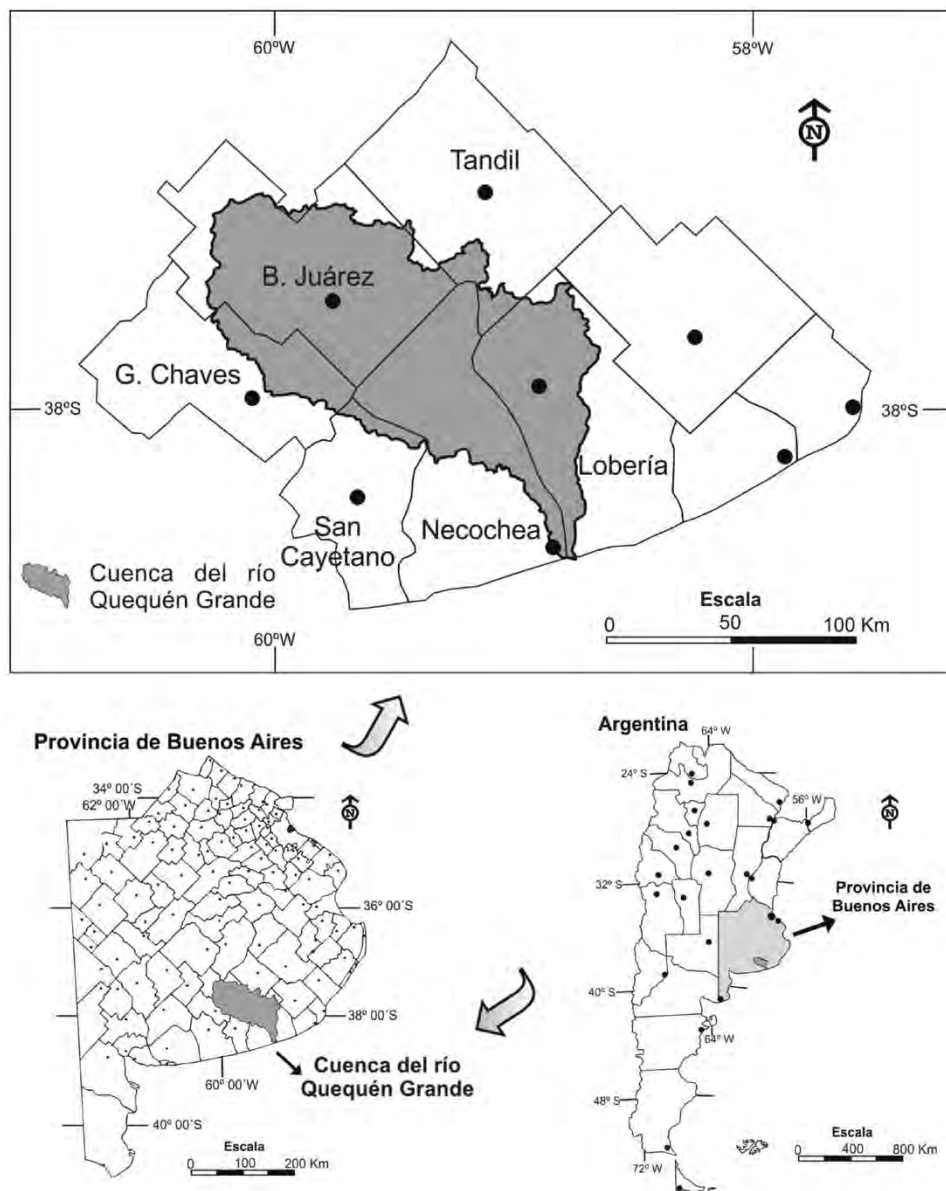
2. EL ÁREA DE ESTUDIO

La CrQG, se haya inserta dentro de la denominada Pampa Austral, al sur de la provincia de Buenos Aires. Ésta región se caracteriza, según los autores R. LEÓN y otros (1984) y A. SORIANO y otros (1992) en D. BILENCA y F. MIÑARRO (2004) por ser la unidad más austral de la región e incluye los sistemas montañosos de Tandilia y Ventania; con zonas pedemontanas y llanuras de pendiente moderada, las cuales culminan en el Océano Atlántico. Posee una cuenca exorreica con una red fluvial bien definida. Presenta numerosos afloramientos rocosos y suelos profundos en los conos aluviales. La vegetación prístina está usualmente dominada por especies de los géneros *Stipa* (*S. neesiana*, *S. trichotoma*, *S. tenuis*) y *Piptochaetium* (*P. napostaense*, *P. lejopodum*). El relieve marcado que presentan las Sierras Australes le confiere a la Pampa Austral una biodiversidad distintiva, con más de 400 especies de plantas vasculares nativas (FRANGI, J., 1975; FRANGI, J. y BARRERA, M., 1996) y una gran riqueza en endemismos, como las gramíneas *Festuca ventanicola*, *Festuca pampeana*, *Stipajuncoides Bromus bonariensis* y *Poa iridifolia*, y las latifoliadas *Senecio ventanensis* y *Plantago bismarckii*, entre otras, que afloran en las estepas y sitios rocosos ubicados a más de 500 m.s.n.m. De hecho, algunos autores consideran que la vegetación de estas zonas montañosas y rocosas constituyen un distrito fitogeográfico *per se* (PARODI, L., 1947). Para VILLAMIL, C. y otros (1996), los sistemas serranos de Tandilia y Ventania concentran el 67% de las especies de plantas vasculares con mayor prioridad de conservación en la provincia de Buenos Aires. El tuco-tuco austral (*Ctenomys australis*) y el pericote bonaerense (*Phyllotis bonariensis*) son también algunos de los mamíferos endémicos de la eco-región y que sólo es posible de encontrar en la Pampa Austral (GALLIARI, C. y GOIN, F., 1993; CANEVARI, P. y FERNÁNDEZ, C., 2003).

La CrQG (Figura 1) ocupa dentro de la Pampa Austral, una superficie de aproximadamente 9.944 km². Tiene sus nacientes en el Partido de Benito Juárez, faldón sur de la Sierra de Tandil, presenta una red hidrográfica de alcance regional que desemboca en el puerto del núcleo urbano Necochea-Quequén (aproximadamente 80.000 habitantes) confluyendo finalmente en el océano Atlántico (KRUSE, E. y otros, 1997; VARELA, L. y TERUGGI, L., 2002; CARMONA, F.; 2009).

De acuerdo con PÍCCOLO, M. y PERILLO, G. (1997), en general, el ancho del río Quequén Grande es poco variable, de 150 a 200 m aproximadamente, llegando a unos 400 m en la zona portuaria; el caudal medio alcanza unos 11,3 m³/s (SALA J., 1975). La red de avenamiento de la cuenca se conforma bajo un diseño dendrítico (CAMPO DE FERRERAS, A. y PÍCCOLO, M., 2002). Asimismo, en la CrQG, una secuencia sedimentaria del Cuaternario-Terciario Superior constituye un acuífero libre, el pampeano, principal acuífero de la zona y único explotado para todo tipo de usos (MARTÍNEZ, D. y otros, 2004).

Figura 1. Localización del área de estudio



Fuente: Elaboración propia sobre la base de estudios antecedentes VARELA, L. y TERUGGI, L. (2002); MARTÍNEZ, D. y otros (2004); LASTRA, G. y otros (2008); VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2010a; 2010b; 2011).

De acuerdo con el estudio realizado por LASTRA, G. y otros (2008), el clima es templado y húmedo con veranos suaves según la clasificación climática de Köppen, con precipitaciones todo el año pero más frío y seco que el del resto de los distritos que comparten la Provincia Pampeana definida por CABRERA, A. y WILLINK, A. (1973); la temperatura media anual ronda los 14 °C, siendo julio el mes más frío con un valor mínimo medio cercano a los 3 °C, mientras que en los meses de verano la temperatura máxima media mensual supera los 27 °C.

La mayor parte de sus suelos son aptos para cultivos anuales, en particular trigo, excepto algunas zonas marginales en el noroeste, que sólo permiten la producción ganadera (MORELLO, J. y SOLBRIG, O., 1997; VIGLIZZO, E. y otros, 2002). La actividad agrícola intensiva se relaciona directamente tanto con el escurrimiento superficial como con la disponibilidad y calidad del agua subterránea (KRUSE, 1993; KRUSE, E. y otros, 1993).

El análisis de informaciones publicadas por SAGyP-INTA (1989) revela que en las áreas serranas, se destacan los suelos pertenecientes al Subgrupo *hapludoles líticos*, en las áreas periserranas y lomas los *argiudoles típicos* y en las áreas planas y anegables dominan los *natracuoles típicos*.

D. MARTÍNEZ y otros (2004) exhiben las unidades geomorfológicas de la CrQG, distinguiendo seis principales: Sierras y serranías, Lomas periserranas, Llanuras aluviales, Lomas relictuales sin lagunas, Lomas de divisorias con lagunas y Planicie baja mal drenada. Las unidades presentan una disposición general en franjas elongadas en sentido noroeste-sudeste y asocian suelos que integran, en su mayoría, el Orden Molisoles.

3. METODOLOGÍA

3.1. *Sensores remotos*

Para analizar las transformaciones en los usos del suelo se utilizaron las imágenes obtenidas del sitio web <<http://www.inpe.br/>>, página correspondiente al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, año de obtención de la imágenes: 2009) del Ministerio de Ciencia e Tecnología de Brasil. Se trabajó sobre 9 imágenes captadas por el sensor TM de la misión Landsat 5, con Path/Row (225/86, 224/87 y 224/86) cuyas fechas de adquisición fueron las siguientes: 1988/09/06, 1998/08/17 y 2008/10/31.

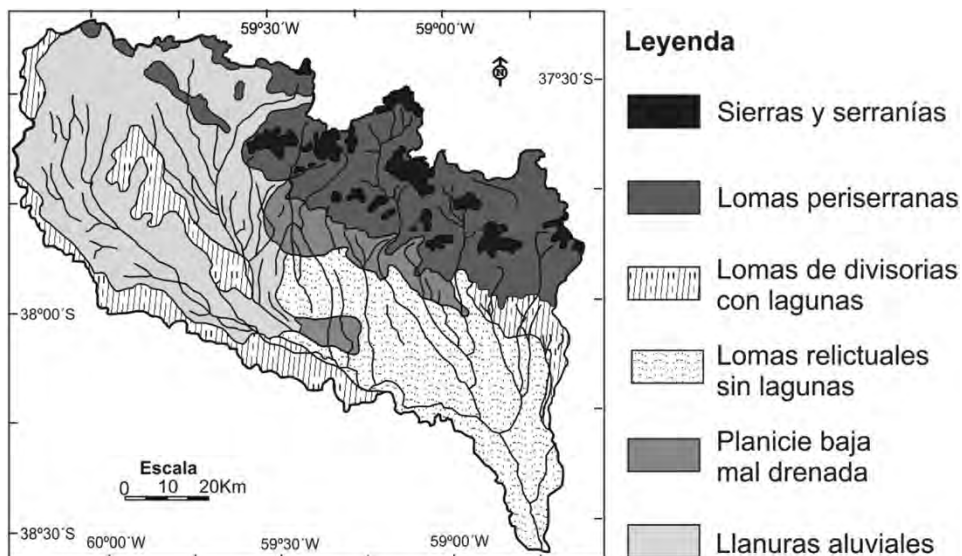
En el procesado de las imágenes se utilizó el Software ENVI 4.5 (Reserch System Inc., Boulder, CO, USA). Las imágenes fueron convertidas primero a valores de radiancia (CHANDER, G. y MARKHAM, B., 2003; CHANDER, G. y otros, 2007; Science Data), y luego a reflectancia (SCHROEDER, T. y otros, 2006; SOUDANI, K. y otros, 2006). En principio se llevaron todas las imágenes a la proyección UTM-Datum WGS-84 - Zona 21 Sur. Las imágenes fueron georreferenciadas (ARMAND, M., 1995), utilizando como *imagen base* la provista por el recorte de un mosaico de imágenes (2135) del sensor ETM+, obtenido de la pagina web <<http://www.landcover.org/>>, Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface.

Se realizaron luego los mosaicos correspondientes a cada año seleccionado (1988-1998-2008) y se aplicó y recortó la cuenca en base al vector de VARELA, L. y TERUGGI, L. (2002). Posteriormente, para la realización de la clasificación supervisada fue necesario realizar campañas, 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 (Region of Interest). Luego, en la fase de asignación, se aplicó el Clasificador de Máxima Probabilidad, 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, E., 2007; SOBRINO, J., 2000).

3.2. Ambientes geomorfológicos

Los cambios en el uso de la tierra en los períodos 1988-1998 y 1998-2008 se analizan en función de los distintos ambientes geomorfológicos mencionados anteriormente. Ello motiva la descripción y localización de los mismos (Tabla 1 y Figura 2) a partir de los trabajos realizados por TERUGGI, L. y otros, (2004) y MARTÍNEZ, G. (2007).

Figura 2. Cuenca del río Quequén Grande: ambientes geomorfológicos



Fuente: MARTÍNEZ, D. y otros (2004); TERUGGI, L. y otros, (2004) y MARTÍNEZ, G. (2007).

Tabla 1. *Ambientes geomorfológicos de la Cuenca del río Quequén Grande*

| <i>Ambientes geomorfológicos</i> | <i>Descripción</i> |
|----------------------------------|---|
| Sierras y serranías | <p>Está constituido por elevaciones del sistema de Tandilia, cuya morfología se encuentra condicionada por el tipo de roca aflorante. Litológicamente pueden estar formados tanto por estratos subhorizontales de ortocuarcita de la Formación Balcarce, como por afloramientos del Basamento Cristalino igneometamórfico dando morfologías de colinas o serranías de morfología variada.</p> <p>La característica común de los afloramientos es que no forman cordones continuos sino que constituyen sierras y serranías aisladas o separadas por amplios valles entre sí. Las sierras más importantes conforman la divisoria principal de aguas entre las vertientes sur y norte. En estos sectores los cursos suelen ser de régimen temporario con valles estrechos o nacientes efímeras.</p> |
| Lomas periserranas | <p>Constituye un paisaje ondulado conformado por lomas de morfología compleja que bordea los cuerpos de las Sierras y serranías. En sectores los cuerpos serranos han actuado como una barrera orográfica aumentando localmente la sedimentación eólica.</p> <p>En algunas lomas el basamento rocoso no aflora pero controla subsuperficialmente la morfología de los relieves positivos. En otros casos su morfología está controlada por un manto de tosca («Paleosuperficie Tandil») que corona el techo de los sedimentos loésicos infrayacentes de edad Pleistoceno superior. Este manto de tosca ha sido cubierto nuevamente por loess que generalmente no sobrepasa el metro de espesor. En este sentido, el control paleotopográfico puede también estar determinado por la morfología de un relieve preexistente, sepultado por un manto de loess.</p> <p>Un tercer tipo de lomadas es de tipo construccional y han sido generadas por el último ciclo de depositación eólica (Holoceno tardío). El drenaje es poco denso debido a la pendiente y a la mayor infiltración que en los depósitos loésicos no consolidados. Estas características de buen drenaje han dado lugar a suelos de alto potencial agrícola.</p> |
| Lomas de divisorias con lagunas | <p>Este ambiente está constituido esencialmente por tres relieves positivos elongados con una dirección O-E que son perpendiculares a la pendiente regional y conforman la mayor parte de las divisorias de los afluentes del río Quequén del sector oeste.</p> <p>Estos altos topográficos son perpendiculares a la pendiente regional lo que obliga a las cuencas superiores del arroyo Pecado Castigado y el Quequén a desviarse hacia el este. Ello ha determinado en gran parte el sobredimensionamiento de la cuenca del río Quequén. Estas cubetas de deflación (actuales lagunas) presentan dunas de limo (<i>lunettes</i>) inmediatamente al este, indicando paleovientos del oeste en su construcción. En las divisorias del sector sur de esta unidad, existen procesos de capturas con valles con profunda incisión y alturas relativas de hasta 25 m y pendientes de hasta el 5%.</p> |

Tabla 1. *Ambientes geomorfológicos de la Cuenca del río Quequén Grande*

| <i>Ambientes geomorfológicos</i> | <i>Descripción</i> |
|----------------------------------|--|
| Lomas relictuales sin lagunas | Este ambiente puede considerarse como una continuidad de la unidad Lomas periserranas; no obstante, se la ha diferenciado por presentar características particulares. Conformar un paisaje antiguo que ha sido preservado por un encostramiento calcáreo. Esta unidad es atravesada por el cauce principal del río Quequén Grande en sus tramos medio e inferior. En distintos sectores de las divisorias, pero principalmente en las proximidades del cauce principal, se identifican restos de un antiguo nivel de planización disectado por procesos de incisión bastante profundos que indican un cambio de nivel de base importante. |
| Planicie baja mal drenada | Es un área caracterizada topográficamente por la escasa pendiente (0,2%). El paisaje es plano a suavemente ondulado. El drenaje corresponde a una serie de múltiples pequeños cursos temporarios subparalelos y lagunas subcirculares de escasas dimensiones. Los cauces principales han generado valles de relativa importancia, en cuyas divisorias aflora subsuperficialmente un manto de tosca espesa. Ocasionalmente se presentan lomadas subcirculares de loess de 2-2,5 m de altura relativa que apoyan sobre el manto calcáreo. |
| Llanuras aluviales | Es un ambiente conformado por las planicies aluviales de las cuencas media y superior del río Quequén Grande y el arroyo Pecado Castigado. Estas áreas bajas están drenadas por el cauce principal de dichos cursos y sus tributarios, en gran parte de régimen temporario. Se destacan acciones eólicas que se han preservado dejando una morfología de dunas longitudinales de dirección oeste-este, que se reconocen principalmente en las nacientes del arroyo Pecado Castigado. En ocasiones pueden formarse pequeñas lagunas con <i>lunettes</i> al este de las mismas. |

Fuente: TERUGGI, L. y otros, (2004) y MARTÍNEZ, G. (2007).

3.3. *Riesgo de contaminación por plaguicidas*

Para estimar el riesgo de contaminación por plaguicidas (RCP) se estimó mediante el cálculo de un indicador a partir del Software Agro-Eco-Index, versión 1.1, desarrollado por VIGLIZZO, E. y otros (2002), con modificaciones realizadas a partir de los datos disponibles. 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 1998, 1998 y 2008. Posteriormente, se utilizó la siguiente ecuación para estimar el riesgo relativo de los compuestos:

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

Donde: *DL 50*, es el promedio de la dosis letal de los principales plaguicidas utilizados, que determina la toxicidad de los compuestos; *Ksp*, es el promedio de la solubilidad en agua de los principales plaguicidas utilizados; *R*, expresa la permeabilidad del suelo en las capas superficiales; *Koc*, es el promedio de coeficientes de adsorción de los compuestos por la fase orgánica del suelo; *T*^{1/2}, es el promedio de la vida media de los productos utilizados; *C*, expresa la cantidad de producto aplicada por unidad de superficie; y *S*, es la superficie total en la cual se aplica el producto (en este caso, corresponde a las áreas agrícolas de la cuenca). Dado que el indicador de riesgo se calculó considerando un espacio regional, la ecuación se ajustó dividiendo el resultado final por diez millones, para lograr datos entre 0 y 1.

3.4. Riesgo de intervención deL Hábitat

A fin de evaluar las consecuencias de las transformaciones agroproductivas sobre el hábitat, y por lo tanto sobre la flora nativa, se utilizó un indicador de sustentabilidad agroecológica y ambiental obtenido también a partir del Software Agro-Eco-Index, versión 1.1, desarrollado por E. VIGLIZZO y otros (2002). Dicho indicador, denominado riesgo de intervención del hábitat (RIH), fue calculado para las principales actividades desarrolladas en la cuenca y modificado para efectuar el análisis temporal a escala regional.

De acuerdo con E. VIGLIZZO y otros (2002), el cálculo de este indicador apunta a generar un índice relativo que valore el impacto negativo que impone un proceso productivo sobre la biodiversidad del lugar donde se realiza. Mediante el uso de determinados coeficientes, el indicador compara la vegetación actual con la vegetación potencial del mismo (la vegetación que se supone que habría si el hombre no hubiese intervenido en el proceso sucesional). La comparación se realiza a través de «Puntos de Impacto», donde las mayores puntuaciones pueden ser entendidas como mayores efectos negativos sobre la flora nativa y la biodiversidad.

Los coeficientes utilizados para lograr esta comparación son:

- *Cantidad de especies*: este es el coeficiente que se considera de mayor importancia relativa, y se asignan 10 puntos de impacto si existe un cambio significativo (tanto pérdida como ganancia de especies) en la cantidad de especies debido a la intervención humana y 0 puntos si no hay cambio.
- *Origen*: se asignan 7,5 puntos de impacto si una proporción significativa de las especies presentes en la vegetación actual son introducidas a un determinado ecosistema. Se parte del supuesto que la vegetación nativa, al haber coexistido con la fauna nativa, tiene mayor capacidad de servirle de hábitat que la

vegetación exótica. *Periodicidad*: referida a la vegetación dominante. Si la vegetación potencial era perenne y es reemplazada por especies anuales (aún si fueran nativas), se asignan al potrero correspondiente 5 puntos de impacto. Lo mismo sucede si la vegetación potencial era mayoritariamente anual y pasa a ser perenne.

- *Organización en estratos verticales*: se asume que una mayor cantidad de estratos se corresponde con una mayor disponibilidad de sitios para su utilización como hábitats naturales. Por consiguiente, un cambio en este número determina un cambio en la capacidad de provisión de refugio y alimento de los ecosistemas. Se asignan 2,5 puntos de impacto cuando esto ocurre.
- *Organización en sub-estratos verticales*: tiene un nivel de importancia relativa menor e incluye los cambios en la cantidad de sub-estratos dentro de alguno (o algunos) de los estratos principales.

Para obtener el valor del indicador de RIH de la Cuenca, en primera instancia, se suman los coeficientes obtenidos para cada actividad y se divide dicha sumatoria por 26 (para obtener un valor de cero a uno). Este procedimiento permite estimar el «riesgo parcial de intervención del hábitat» (RPIH), denominado así en el presente trabajo. El RPIH queda expresado como se muestra a continuación:

$$RPIH = \frac{Ce + Or + Pe + Oev + Osv}{26}$$

Donde: *RPIH*, es el indicador de RPIH; *Ce*, es el coeficiente relativo a la cantidad de especies; *Or*, indica el coeficiente referido al origen; *Pe*, expresa el coeficiente de periodicidad; *Oev*, es el coeficiente de organización de estratos verticales; y *Osv*, corresponde al coeficiente de estratos subverticales.

Posteriormente, los valores obtenidos para cada actividad (RPIH) se multiplican por un coeficiente de ponderación que expresa la superficie ocupada por cada actividad en la Cuenca. De esta manera, la sumatoria de los valores obtenidos expresa el RIH, el cual queda representado de la siguiente forma:

$$RIH = \sum cpSupAc * RPIH$$

Donde: *RIH*, es el indicador de RIH; *cpSupAc*, es el coeficiente de ponderación que indica la proporción de la superficie de la cuenca ocupada por la actividad; y *RPIH*, es el indicador de RPIH.

3.5. Aplicación de los indicadores de sustentabilidad (IS)

Dado que el objetivo de este trabajo es analizar la evolución de las transformaciones agroproductivas en cada ambiente geomorfológico, incorporando al análisis los principales efectos ambientales, se calcularon los indicadores de riesgo de intervención

del hábitat y contaminación por plaguicidas para 1988, 1998 y 2008, a partir de los datos aportados por la clasificación supervisada de las imágenes de satélite, sumado a datos de campaña.

Una vez clasificadas las imágenes de la CrQG según los usos de la tierra, se obtuvieron los estadísticos y resultados de las variaciones de los IS seleccionados por ambientes geomorfológicos, tanto para el primer período seleccionado como para segundo período. En su aplicación, se recurrió a trabajos previos realizados por VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2010a; 2010b; 2011).

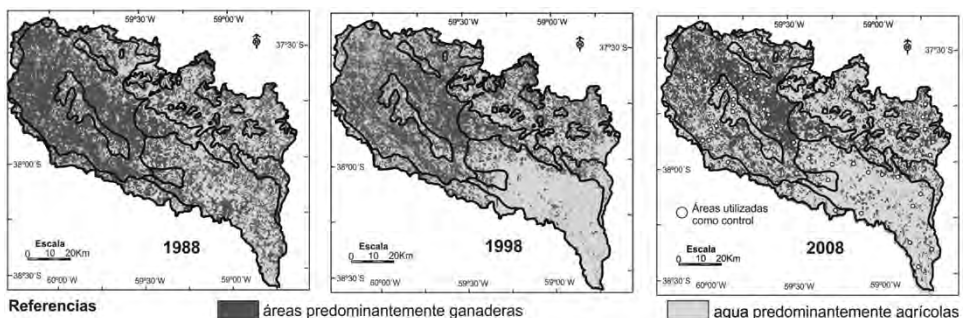
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Transformaciones agroproductivas en la CrQG

Como fue explicado en la metodología, a fin de realizar el análisis comparativo de los cambios en el uso de la tierra en los períodos 1988-1998 y 1998-2008, se aplicó el algoritmo de clasificación supervisada a partir del método de Clasificador de Máxima Probabilidad. De esta manera, se obtienen las imágenes clasificadas. La Figura 3, muestra, las áreas en las que predomina el desarrollo de la actividad ganadera (áreas con pastizales y pasturas) y aquellas destinadas a usos agrícolas (áreas cultivadas y cultivables). Asimismo, sobre la imagen a 2008 de la Figura citada, se localizan (de manera esquemática) las áreas de control de usos de la tierra relevadas en campo.

La clasificación supervisada permitió identificar diferentes usos de la tierra: urbana, áreas con pastizales y pasturas, áreas cultivables (sin cultivos en el momento en

Figura 3. Usos ganaderos y agrícolas en la Cuenca del río Quequén Grande, por ambientes geomorfológicos (1988, 1998 y 2008)



Fuente: Elaboración propia a partir de la clasificación supervisada de las imágenes satelitales (1988, 1998 y 2008).

que fue tomada la imagen), áreas cultivadas y agua. Las áreas cultivables y cultivadas representan en conjunto el total de tierras agrícolas, mientras que las ocupadas con pastizales y pasturas las ganaderas.

Una vez identificadas las diferentes «clases» correspondientes a usos de la tierra en la CrQG, se obtuvieron las superficies ocupadas por cada una de ellas en los ambientes geomorfológicos caracterizados previamente (Tabla 2).

Los resultados obtenidos a partir de información satelital muestran que en los últimos 20 años la agricultura aumenta un 37,7% en la CrQG, en función del reemplazo de la ganadería.

Se observa comparativamente, que en el primer período seleccionado de 10 años (1988-1998), los usos agrícolas se ven favorecidos, aumentando un 26,1%, en detrimento de los usos ganaderos, que disminuyen en proporción equivalente. En el segundo período consecutivo, también de 10 años (1998-2008), si bien las tendencias continúan afianzándose, los usos agrícolas solo aumentaron un 10,7%, es decir, menos de la mitad del incremento respecto del anterior. Ese crecimiento se produce nuevamente a expensas de las áreas ganaderas, las cuales disminuyeron un 13,7%.

El mayor crecimiento de la agricultura en el primer período (1988-1998), se produce sobre las áreas ganaderas, es decir, a expensas de las áreas ocupadas a pastizales y pasturas en 1988. En el período 1998-2008, la agricultura aumenta en menor proporción; esto es consecuencia de la intensificación de la actividad mediante la utilización de la técnica de doble cultivo, basada en la siembra no convencional. Esto se condice con lo expresado por GHERSA, C. y GHERSA, M. (1991), PARUELO, J. y otros (2005), VITTA, J. y otros (2004), quienes afirman que el cultivo de soja cobró un nuevo salto en Argentina a partir de 1996 con el lanzamiento al mercado de variedades de soja transgénica y su asociación con la siembra directa. Este proceso ha generado que la asociación trigo-soja adquiera un papel cada vez más dominante en la rotación de los establecimientos agropecuarios, con doble cultivo anual.

Respecto de las superficies ocupadas por cuerpos de agua superficiales, aumentaron en un 148% en el entre 1988-1998, mientras que son significativamente menores en el período 1998-2008, donde disminuyeron en un 68,8%. Esto es consecuencia de la presencia de régimen de precipitaciones mayor en 1998 (Informes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), año correspondiente a un ciclo húmedo (CARBONE, M. y otros, 2004).

Por último, el uso referido a asentamientos urbanos, se caracteriza por una expansión del 51,7% entre 1988-1998. Entre 1998 y 2008, el crecimiento fue del 132,3%. El segundo período mencionado es el que propulsa un mayor crecimiento urbano.

Los resultados obtenidos en la clasificación supervisada de las imágenes satelitales se consideran representativos de los cambios agroproductivos de la región. En la CrQG, se puede observar a partir de los mapas temáticos generados, que las transformaciones coinciden con los modelos vigentes en la región. 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, P. y RIVAS, R., 2009).

Tabla 2. Superficie ocupada por cada clase en los distintos ambientes geomorfológicos de la Cuenca del río Quequén Grande (1988-1998 y 1998-2008)

| Clases (usos de la tierra) – Superficie (km ²) | | Ambientes geomorfológicos | | | | | | |
|--|------|---------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------------------|---------------------------|--------|
| | | Sierras y serranías | Lomas periserranas | Lomas relic. sin lagunas | Llanuras aluviales | Lomas de divis. con lagunas. | Planicie baja mal drenada | CrQG |
| Usos urbanos | 1988 | 0,7 | 2,3 | 16,3 | 1,0 | 2,9 | 0,2 | 23,4 |
| | 1998 | 1,0 | 3,0 | 27 | 1,2 | 3,0 | 0,3 | 35,5 |
| | 2008 | 3,0 | 19,0 | 35,0 | 9,5 | 12,8 | 3,2 | 82,5 |
| Áreas con pastizales y pasturas | 1988 | 118,3 | 925,4 | 946,5 | 2226,8 | 600,5 | 362,7 | 5180,2 |
| | 1998 | 135,0 | 900,5 | 441,0 | 1690,0 | 355,0 | 300,5 | 3822,0 |
| | 2008 | 87,8 | 564,0 | 354,0 | 1714,0 | 298,0 | 282,4 | 3300,2 |
| Áreas cultivadas | 1988 | 27,3 | 258,5 | 440,2 | 41,0 | 26,3 | 99,0 | 892,3 |
| | 1998 | 23,0 | 240,0 | 380,0 | 279,0 | 86,0 | 102,0 | 1110,0 |
| | 2008 | 44,1 | 607,0 | 577,0 | 238,7 | 190,0 | 91,5 | 1748,3 |
| Áreas cultivables | 1988 | 115,1 | 1088,7 | 875,7 | 941,5 | 431,5 | 306,3 | 3758,8 |
| | 1998 | 101,0 | 1109,0 | 1413,0 | 1194,0 | 580,0 | 358,0 | 4755,0 |
| | 2008 | 127,0 | 1092,0 | 1299,0 | 1279,0 | 559,8 | 387,1 | 4743,9 |
| Agua | 1988 | 0,6 | 11,1 | 6,3 | 43,9 | 25,8 | 1,6 | 89,3 |
| | 1998 | 2,0 | 33,5 | 24,0 | 90,0 | 63,0 | 9,0 | 221,5 |
| | 2008 | 0,1 | 4,0 | 20,1 | 13,0 | 26,4 | 5,6 | 69,2 |

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Riesgo de contaminación por plaguicidas

En el cálculo del RCP, 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 la cuenca en distintos años.

Siguiendo el procedimiento especificado en la metodología, el indicador de riesgo de contaminación aumentó en el primer período (1988-1998) 120%, mientras que en el segundo período (1998-2008) 903,6% (Tablas 3, 4 y 5). Los resultados obtenidos nuevamente permiten verificar que el primer período se caracteriza por una intensa expansión agrícola sobre las áreas destinadas a pastoreo; mientras que en el segundo período, se produce una fuerte intensificación de la agricultura, con la introducción de innovaciones tecnológicas y doble cultivo al año.

Cabe aclarar que para realizar la estimación, se determinaron mediante entrevistas, algunos de los principales agroquímicos utilizados en los establecimientos agrícolas de la CrQG en los períodos 1988-1998 y 1998-2008 (Tablas 3, 4 y 5). Los resultados revelan que algunos de los principios activos de los compuestos químicos aplicados en el primer período (1988-1998) corresponden a agroquímicos de primera generación. En relación con ello, se observa que en 1988, se utilizaban plaguicidas de altísima peligrosidad e impacto sobre el ambiente como es el caso del DDT (Dicloro Difencil Tricloroetano). Por otra parte, y con mayor predominancia respecto de los iniciales, se utilizaban agroquímicos de segunda generación.

Los agroquímicos utilizados en el segundo período (1998-2008), forman parte de los de segunda generación, variando sólo entre los años seleccionados, la marca comercial y los valores de venta de los productos. Asimismo, cambia la cantidad aplicada por unidad de superficie en el año y la superficie en la que se emplean.

Lo enunciado anteriormente, se corrobora con lo expresado por E. VIGLIZZO y otros (2002), quienes confirman que la implementación de la técnica *siembra directa*, si bien conforma el mejor sistema para evitar la erosión del suelo, exige mayor control químico, en especial de malezas, que se refleja en un incremento de la cantidad de productos aplicados por unidad de superficie a lo largo del año.

El efecto de los agroquímicos sobre el terreno sembrado tiene efectos en el suelo, aire, agua, contaminando las napas subterráneas y superficiales, flora, fauna y hasta los propios alimentos. Por esto, se hace necesario reducir el uso de los mismos y analizar otras alternativas orgánicas que disminuyan los perjuicios sobre el ambiente (FERRARO, D. y PIMENTEL, D., 2000).

Como fue mencionado anteriormente, los resultados obtenidos revelan que este incremento del 2108% entre 1988 y 2008 en el valor del indicador, se asocia directamente con el proceso de agriculturización descripto.

Tabla 3. Principales Plaguicidas empleados en 1988 EN la CrQG, características, cantidades aplicadas y superficies en las que se utilizan

| <i>Plaguicidas</i> | <i>DL 50</i> | <i>Ksp</i> | <i>R</i> | <i>Koc</i> | <i>T 1/2</i> | <i>C 1988</i> | <i>S 1988</i> | <i>RCP 1988</i> | |
|----------------------------|--------------|------------|----------|------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|--|
| 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 | | | | |
| <i>Herbicidas</i> | | | | | | | 0,20 | | |
| Propiconazole | 0,125 | 3 | 4 | 4 | 3 | | | | |
| Tebuconazole | 0,063 | 2 | 4 | 2 | 2 | | | | |
| <i>Funguicidas</i> | | | | | | | 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 | | | | |
| <i>Insecticidas</i> | | | | | | | 0,10 | | |
| <i>Promedios y totales</i> | 7,712 | 2,6 | 4,0 | 3,4 | 2,7 | 0,45 | 465110 | 0,025 | |

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*½: vida media de los productos utilizados (días); *C 1988*: cantidad de producto aplicada anualmente por hectárea (l/ha); *S 1988*: superficie de áreas agrícolas en la Cuenca (ha); y *RCP 1988*: Riesgo de contaminación por plaguicidas en el año señalado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Principales Plaguicidas empleados en 1998 EN la CrQG, características, cantidades aplicadas y superficies en las que se utilizan

| <i>Plaguicidas</i> | <i>DL 50</i> | <i>Ksp</i> | <i>R</i> | <i>Koc</i> | <i>T 1/2</i> | <i>C 1998</i> | <i>S 1998</i> | <i>RCP 1998</i> |
|----------------------------|--------------|------------|------------|------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| 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 | | | |
| <i>Herbicidas</i> | | | | | | <i>0,30</i> | | |
| Propiconazole | 0,125 | 3 | 4 | 4 | 3 | | | |
| Tebuconazole | 0,063 | 2 | 4 | 2 | 2 | | | |
| <i>Funguicidas</i> | | | | | | <i>0,20</i> | | |
| 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 | | | |
| <i>Insecticidas</i> | | | | | | <i>0,10</i> | | |
| <i>Promedios y totales</i> | <i>5,810</i> | <i>2,7</i> | <i>4,0</i> | <i>3,0</i> | <i>2,8</i> | <i>0,60</i> | <i>586500</i> | <i>0,055</i> |

Referencias

DL 50: dosis letal 50 (ton/g); *Ksp*: solubilidad (g/g); *R*: permeabilidad (4 corresponde al valor establecido para la Pampa Austral); *Koc*: coeficiente de adsorción del compuesto por la fase orgánica del suelo (g/g); *T½*: vida media de los productos utilizados (días); *C 1998*: cantidad de producto aplicada anualmente por hectárea (l/ha); *S 1998*: superficie de áreas agrícolas en la Cuenca (ha); y *RCP 1998*: Riesgo de contaminación por plaguicidas en el año señalado.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Principales Plaguicidas empleados en 2008 EN la CrQG, características, cantidades aplicadas y superficies en las que se utilizan

| <i>Plaguicidas</i> | <i>DL 50</i> | <i>Ksp</i> | <i>R</i> | <i>Koc</i> | <i>T 1/2</i> | <i>C 2008</i> | <i>S 2008</i> | <i>RCP 2008</i> |
|----------------------------|--------------|------------|----------|------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| 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 | | | |
| <i>Herbicidas</i> | | | | | | 4,90 | | |
| Propiconazole | 0,125 | 3 | 4 | 4 | 3 | | | |
| Tebuconazole | 0,063 | 2 | 4 | 2 | 2 | | | |
| <i>Funguicidas</i> | | | | | | 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 | | | |
| <i>Insecticidas</i> | | | | | | 0,20 | | |
| <i>Promedios y totales</i> | 5,810 | 2,7 | 4,0 | 3,0 | 2,8 | 5,40 | 649220 | 0,552 |

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*½: vida media de los productos utilizados (días); *C 2008*: cantidad de producto aplicada anualmente por hectárea (l/ha); *S 2008*: superficie de áreas agrícolas en la Cuenca (ha); y *RCP 2008*: Riesgo de contaminación por plaguicidas en el año señalado.

Fuente: Elaboración propia.

4.3. Riesgo DE intervención deL Hábitat

Este indicador varía en función de las transformaciones agropecuarias generadas en la CrGQ, como consecuencia del importante incremento en el tiempo de la agricultura en detrimento de la ganadería. En este proceso, la vegetación nativa se ve fuertemente afectada, tal como lo demuestra el cálculo del indicador de RIH. En la Tabla 6 se especifican los coeficientes aplicados para cada año y los resultados de RIH obtenidos para los distintos períodos (VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L, 2011).

Tabla 6. Cuenca del río Quequén Grande: RIH en 1988, 1998 y 2008.

| Actividades | | <i>cpSupAc</i> | <i>Ce</i> | <i>Or</i> | <i>Pe</i> | <i>Oev</i> | <i>Osv</i> | <i>RPIH</i> | <i>RIH</i> |
|-------------|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------|------------|
| 1988 | Agrícolas | 0,468 | 10 | 7,5 | 5 | 0 | 0 | 0,865 | 0,405 |
| | Ganaderas | 0,521 | 5 | 7,5 | 0 | 0 | 0 | 0,481 | 0,250 |
| | Urbanas | 0,002 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | 1 | 1,000 | 0,002 |
| | <i>Total</i> | | | | | | | | |
| 1998 | Agrícolas | 0,59 | 10 | 7,5 | 5 | 0 | 0 | 0,865 | 0,511 |
| | Ganaderas | 0,384 | 5 | 7,5 | 0 | 0 | 0 | 0,481 | 0,185 |
| | Urbanas | 0,004 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | 1 | 1,000 | 0,004 |
| | <i>Total</i> | | | | | | | | |
| 2008 | Agrícolas | 0,65 | 10 | 7,5 | 5 | 0 | 0 | 0,865 | 0,563 |
| | Ganaderas | 0,332 | 5 | 7,5 | 0 | 0 | 0 | 0,481 | 0,160 |
| | Urbanas | 0,008 | 10 | 7,5 | 5 | 2,5 | 1 | 1,000 | 0,008 |
| | <i>Total</i> | | | | | | | | |

Referencias

cpSupAc: coeficiente de ponderación que indica la proporción de la superficie de la cuenca ocupada por la actividad; *Ce*: coeficiente relativo a la cantidad de especies; *Or*: coeficiente referido al origen; *Pe*: coeficiente de periodicidad; *Oev*: coeficiente de organización de estratos verticales; y *Osv*: coeficiente de estratos subverticales; *RPIH*: indicador de riesgo parcial de intervención del hábitat; y *RIH*: indicador de riesgo de intervención del hábitat.

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo del indicador de RPIH revela que, entre las actividades rurales, las agrícolas ocasionan un mayor impacto sobre la flora nativa. Como la ganadería sustituye parcialmente la vegetación nativa, el coeficiente correspondiente a la cantidad de

especies se reduce y el relativo a periodicidad no se considera dado que, en general, las especies utilizadas como forraje son perennes. No obstante, es importante resaltar que en los sectores de la Cuenca en los cuales la ganadería se desarrolla sobre pastos naturales (aproximadamente el 80% según datos obtenidos en campañas, ubicados principalmente en los sectores de fuertes pendientes de las Sierras y Serranías, Planicies bajas mal drenadas y las llanuras aluviales), el RIH se reduce a un valor de 0,115 mientras que cuando se trata de pastos cultivados, el indicador podría alcanzar 0,673. Tal como lo indican C. GHERSA y R. LEÓN (1999), el pastoreo es una actividad obligada en algunas áreas de esta región y su importancia relativa depende de la impronta impuesta por el paisaje, principalmente el desarrollo de un sistema de drenaje.

Lógicamente, el indicador de riesgo parcial correspondiente a usos urbanos alcanza el máximo valor (1). Esto se debe a que el ecosistema natural se encuentra completamente sustituido. En este trabajo no se estima el RPIH asociado con las áreas ocupadas por agua.

Dado que no se realizaron para este trabajo estudios específicos en los cuerpos de agua, se asume que en esta clase de uso, el riesgo es mínimo o nulo ya que la presencia de agua limita las distintas intervenciones.

Cuando se incorporan los datos relativos a la superficie de las actividades desarrolladas en la Cuenca en los distintos años, se verifica que entre 1988 y 2008 existe un incremento en el valor del RIH, el cual asciende de 0,657 a 0,730. Entre 1988-1998 el RIH se incrementa en un 6,34% mientras que en el período 1998-2008 ese incremento es del 4,42%. Esto se correlaciona con el aumento de la agricultura en desmedro de la ganadería ya que las áreas agrícolas se incrementaron un 26,1% entre 1988 y 1998, mientras que aumentaron en menor proporción, 10,7%, entre 1998 y 2008. Este aumento se tradujo en una reducción del 26,2% y 13,7% de las áreas con pastizales y pasturas, respectivamente.

Tal como fue expresado anteriormente, los resultados comprueban que estos problemas son comunes a la expansión de los «agroecosistemas» en el mundo, siendo la característica central la partición de los hábitats naturales en «fragmentos» remanentes (WILCOX, B., 1980), siendo una de las principales consecuencias biológicas que los mismos son incapaces de sostener la igual cantidad de especies que contenían originalmente cuando estaban contiguos unos con otros (BOLGER, D. y otros, 1997).

Luego, los ambientes que conservan aun vegetación prístina, son los que se desarrollan en los bordes de alambrados, banquinas, terraplenes y márgenes de cursos de agua, representando los elementos del paisaje de los agroecosistemas que más se asemejan a los hábitats originales (VAZQUEZ, P. y otros, 2009; VAZQUEZ, P. y otros, 2011).

4.4. Riesgos por ambientes geomorfológicos

Para ambos períodos seleccionados, 1988-1998 y 1998-2008, los resultados muestran que se genera un incremento de la agricultura diferencial sobre las diversas unidades geomorfológicas de la CrGQ, obtenidos estos a partir de datos estadísticos basados en sensores remotos.

Además, al hacer referencia específica a los indicadores de RCP y RIH, se observa que presentan valores más elevados en ambos parámetros (Tabla 7) en la unidad de *sierras y serranías*. Continúan en el orden de importancia, los valores obtenidos para las *planicies bajas mal drenadas* y las *lomas con divisorias con lagunas*.

Los resultados obtenidos, permiten afirmar que los riesgos están mayormente focalizados en las zonas de *sierras y serranías*, donde sería conveniente elaborar una estrategia de planificación del uso de los recursos naturales, proponiendo la conservación de espacios nativos. Esto conforma un objetivo inaplazable, dado que en este ambiente se encuentran la mayor parte de las nacientes de las vertientes.

Asimismo, se considera prioritario establecer un plan de monitoreo temporal para alcanzar el uso sostenible de los recursos naturales.

Tabla 7. Resultados de RIH y RCP en los ambientes geomorfológicos de la CrQG

| IS | Años | Sierras y serranías | Lomas periserranas | Lomas relictuales sin lagunas | Llanuras aluviales | Lomas de divisorias con lagunas | Planicie baja mal drenada |
|-----|------|---------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------|
| RIH | 1988 | 0,285 | 0,032 | 0,030 | 0,041 | 0,088 | 0,100 |
| | 1998 | 0,358 | 0,038 | 0,038 | 0,052 | 0,111 | 0,126 |
| | 2008 | 0,395 | 0,041 | 0,042 | 0,057 | 0,123 | 0,139 |
| RCP | 1988 | 0,017 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,006 |
| | 1998 | 0,038 | 0,004 | 0,004 | 0,005 | 0,012 | 0,013 |
| | 2008 | 0,386 | 0,040 | 0,041 | 0,055 | 0,120 | 0,135 |

Referencias

IS: indicadores de sustentabilidad; RIH: indicador de riesgo de intervención del hábitat; y RCP: indicador de riesgo de contaminación por plaguicidas.

Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados se condicen con lo expresado por M. 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, pérdida 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, basadas en valores éticos (ZAHEDI, K. y GUDYNAS, E., 2008).

5. CONCLUSIONES

La información basada en el uso de sensores remotos tiende a ser un instrumento notable para el caso de estudios temporales de cuencas, como la CrGQ, netamente agropecuaria, donde en los últimos 20 años, se puede apreciar que la agricultura aumenta un 37,7%, en función del reemplazo de la ganadería.

El actual modelo agroproductivo de la cuenca, demanda la aplicación sostenida de plaguicidas, generalmente de segunda generación, de baja a moderada persistencia. Esta nueva modalidad productiva permite ampliar la superficie real a sembrar, incrementando la cantidad de productos fitosanitarios aplicada por unidad de superficie en el año. Esta nueva técnica genera además un impacto inmediato sobre la flora nativa, la cual es reemplazada por monocultivos y pastoreo. Los resultados finales obtenidos tanto para el indicador RIH como para el indicador de RCP revelan que, en el primer período estudiado, las consecuencias de las transformaciones agroproductivas son más relevantes que en el segundo. Esto se debe a que el proceso de agriculturización ha sido mucho más pronunciado entre 1988 y 1998.

Finalmente, se hace necesario el logro de un manejo tendiente a la sustentabilidad de la producción agropecuaria, donde se procure minimizar el impacto de las técnicas agrícolas sobre la flora nativa, y asimismo disminuir la contaminación por pesticidas sobre suelos, aguas superficiales y subterráneas, y minimice los riesgos sobre la salud humana (especialmente el caso de los operadores). Para esto, es necesario que los gobiernos, productores e instituciones referentes adviertan la importancia de no perturbar sectores que permanecen en su estado natural, tales como manantiales, bordes de alambrados, de caminos, de arroyos y lagunas, como también los parches naturales del sector de sierras con afloramientos rocosos, entre otros, especialmente en este caso donde el ambiente geomorfológico de *sierras y serranías* que presenta el mayor riesgo de RCP y RIH. Preservar estos sectores es fundamental y está dentro de las posibilidades ante las amenazas que impone el mercado actual que avanza sobre los pastizales pampeanos, basándose en las grandes ventajas comparativas que presenta la región.

Ante todo lo mencionado, y la creciente preocupación por un desarrollo sustentable, se hace necesario la aplicación de nuevas experiencias, tal es el caso de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), las cuales constituyen una herramienta tendiente a la sustentabilidad de las explotaciones agropecuarias (OEA, 2004; ANDREANI, P., 2008). Actualmente, las posibilidades de certificación de este tipo de prácticas, plantean un desafío para los productores rurales y la comunidad científica, promoviendo nuevas modalidades agroproductivas, con implicancias notorias respecto de la preservación de la biodiversidad con la disminución de RIH, además de una notoria disminución de la contaminación de suelos, aguas superficiales y subterráneas, riesgos en la salud humana con la reducción de RCP.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ALPERÍN, M.; BORGES, V.; y SARANDÓN, R. (2002). «Caracterización Espacial de los Tipos de Cobertura de Suelo usando Técnicas Geoestadísticas a partir de Información Satelital», *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105 (1), pp. 40-51.
- 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; 71-83.
- ALTIERI, M. (2002). Los impactos ecológicos de los cultivos transgénicos y las razones por la que la biotecnología agrícola es incompatible con una agricultura sostenible. En: Sarandón (ed.). *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Cap. 11; 223-247. E.C.A.
- ANDREANI, P. (2008). «Mercado del complejo soja & Análisis de la competitividad de los países exportadores», Programa de inserción Agrícola, Apoyo a los procesos de apertura e integración al comercio internacional. ATN/ME-9565-RG BID-FOMIN.
- ARMAND, M. (1995). Télédétection, urbanisme et aménagement. Toulouse: Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale (GDTA).
- ATLAS AMBIENTAL DE BUENOS AIRES, <http://www.atlasdebuenosaires.gov.ar>. Consulta realizada el 17 de marzo de 2007.
- BAEZA, S.; PARUELO, J. y ALTESOR, A. (2006). «Caracterización funcional de la vegetación del Uruguay mediante el uso de sensores remotos», *Interciencia*, v. 31, n. 5, pp. 382-388.
- BILENCA, D. y MIÑARRO, F. (2004). Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y sur de Brasil. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires.
- BOLGER, D.; ALBERTS, A.; SAUVAJOT, R.; POTENZA, P.; MCCALVIN, C.; TRAN, D.; MAZZONI, S. y SOULÉ, M. (1997). «Response of rodents to habitat fragmentation in coastal Southern California». *Ecological Applications* 7; 552-563.
- CABRERA, A. y WILLINK, A. (1973). *Biogeografía de América Latina*. Washington, Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos.
- CANEVARI, P. y FERNÁNDEZ BALBOA, C. (2003). *100 Mamíferos argentinos*. Buenos Aires, Editorial Albatros, pp. 160.
- CAMPO DE FERRERAS, A. y PICCOLO, M. (2002). Hidroquímica de la cuenca del arroyo Pescado Castigado. *Actas III Jornadas Nacionales de Geografía Física.: 97-103. Santa Fe*.
- CARMONA, F. (2009). «Análisis del curso inferior del Río Quequén Grande a través de imágenes de satélite». Licenciatura en Tecnología Ambiental, Departamento de Ciencias Físicas y Ambientales, Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tesis de Grado.
- CARBONE, M.; PICCOLO, M. y SCIAN, B. (2004). «Análisis de los períodos secos y húmedos en la cuenca del arroyo Claromecó, Argentina», *Papeles de Geografía*, n. 40, pp. 25-35.
- 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, pp. 2674-2677.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. y BARSÍ, J. (2007). «Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration», *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 4, n. 3, pp. 490-494.
- CHUVIECO, E. (2007). *Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio*. Barcelona, Editorial Ariel Ciencia.
- COX, G. Y ATKINS, M. (1979). *Agricultural Ecology*. W.H. Freeman, San Francisco.
- FRANGI, J. (1975). *Sinopsis de las comunidades vegetales y el medio de las sierras de Tandil (provincia de Buenos Aires)*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. 4; 297-318.

- FRANGI, J. y BARRERA, M. (1996). Biodiversidad y dinámica de pastizales en la Sierra de la Ventana, Provincia de Buenos Aires, Argentina. pp.: 133-164 En: *Biodiversidad y funcionamiento de pastizales y sabanas en América Latina*. G. SARMIENTO, CABIDO M (editores), CYTED, CIELAT, pp. 318.
- FERRARO, D. y PIMENTEL, D. (2000). «Pesticide use in agroecosystems: a review of its effects on the structure and functions of soil organisms». *Pesticides, People and Nature* 2:79-91.
- 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 Agricultura en la Región Pampeana Argentina». *Revista de la Facultad de Agronomía*, 105 (1): 52-67. La Plata
- FRANK, F. (2007). Impacto agro-ecológico del uso de la tierra a diferentes escalas en la región pampeana argentina. Tesis de Magister Scientiae. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Balcarce. pp. 164.
- GALLIARI, C. y GOIN, F. (1993). Conservación de la biodiversidad en la Argentina: el caso de los mamíferos. En: *Elementos de Política Ambiental*. GOIN F. y GOIN R. (Editores). Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. pp. 367-400.
- GHERSA, C. y GHERSA, M. (1991). «Cambios Ecológicos en los Agroecosistemas de la Pampa Ondulada. Efectos de la Introducción de la Soja». *Ciencia e Investigación* 5:182-188.
- GHERSA, C. y LEÓN, R. (1999). «Successional changes in agroecosystems of the rolling pampa». pp. 487-502 in L. R. Walker, editor. *Ecosystems of the World. Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier.
- HALL, A.; REBELLA, C.; GHERSA, C. y CULOT, P. (1992). Filed-Crop Systems of the Pampas. pp. 413-449 in C. J. Pearson, editor. *Ecosystems of the World*. Elsevier, The Netherlands.
- KRUSE, E. (1993). El agua subterránea y los procesos fluviales en la región centro oriental de la provincia de Buenos Aires. *CIC*. 15; 13-31. La Plata.
- KRUSE, E.; ROJO, A. y LAURENCENA, P. (1993). Aspectos geohidrológicos de la zona sur de Mar del Plata (Buenos Aires). VI: 216-221. Mendoza.
- KRUSE, E.; DELUCHI, M.; VARELA, L. Y LAURENCENA, P. (1997). Aspectos hidrológicos de la zona sur de Mar del Plata (Buenos Aires). *Actas XII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, VI: 216-221. Mendoza.
- LASTRA, G.; PEREYRA, M.; MARINO, B. y THOMAS, L. (2008). «Análisis del uso del agua en la Cuenca del río Quequén Grande», en *Contribuciones Científicas, Congreso Nacional de Geografía*, 69 Semana de Geografía. Buenos Aires, Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, pp. 197-212.
- LEÓN, R., RUSCH, G. y OESTERHELD, M. (1984). «Los pastizales pampeanos, impacto agropecuario». *Phytocoenología* 12(2/3): 201-218.
- MARTÍNEZ, D.; MASSONE, H.; MARTÍNEZ, G.; FERRANTE, A.; TERUGGI, L. y FARENGA, M. (2004) «Hidroquímica y flujo subterráneo en la Cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires, Argentina», en XXXIII Congreso Internacional de Hidrogeología. Zacatecas, Actas del Congreso. Zacatecas AIH-ALHSUD, pp. 18-23.
- MARTÍNEZ G (2007). Mapeo geomorfológico con imágenes Landsat 7 y Radarsat 1 en la cuenca del río Quequén Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina, en XII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Mar del Plata, Actas del Congreso.
- MATSON, P.; PARTON, W.; POWER, A. y SWIFT, M. (1997). «Agricultural Intensification and Ecosystem Properties». *Science* 277:504-509.
- MORELLO, J. y SOLBRIG, O. (1997). *Argentina granero del mundo: hasta cuándo? La degradación del sistema agroproductivo de la pampa húmeda y sugerencias para su recuperación*. CEA, UBA, Harvard University, INTA, Bs. As. pp. 280.

- MORELLO, J.; BUZAI, G.; BAXENDALE, C.; RODRÍGUEZ, A.; MATTEUCCI, S.; GODAGNONE, R. y CASAS, R. (2000). «Urbanization and the consumption of fertile land and other ecological changes: the case of Buenos Aires. *Environment & Urbanization*» 12 (2): 119-131.
- PARODI, L. (1947). «La estepa pampeana. La vegetación de la República Argentina. Geografía de la República Argentina». *An. Sociedad Argentina Estudios Geográficos* 8; 143-207.
- OEA (2004). *Las Buenas Prácticas Agrícolas*. Santiago de Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- PARUELO, J.; GUERSCHMAN, J.; BALDI, G. y DI BELLA, C. (2004). «La estimación de la superficie agrícola; antecedentes y una propuesta metodológica», *Interciencia*, n. 29, pp. 421-427.
- PARUELO, J., GUERSCHMAN, J. y VERÓN, S. (2005). «Expansión agrícola y cambios en el uso del suelo», *CienciaHoy*, vol. 15, N° 87.
- PICCOLO, M. y PERILLO, G. (1997). «Geomorfología e hidrografía de los estuarios». *El Mar Argentino y sus Recursos Pesqueros*. N° 1. pp. 133-161.
- PIMENTEL, D. (1992). Ecological effects of pesticides of Non-Target species in terrestrial ecosystems. pp. 171-190 in R. G. Tardiff, editor. *Methods to Assess Adverse Effects of Pesticides on Non-target Organisms*. John Wiley & Sons, New York.
- PIMENTEL, D.; McLAUGHLIN, L.; ZEPP, A.; LAKITAN, B.; KRAUS, T.; KLEINMAN, P.; VANCINI, F.; ROACH, W.; GRAAP, E.; KEETON, W. y SELIG, G. (1991). Environmental and economic effects of reducing pesticide use. In: Pimentel, D. (Ed.). *Handbook of Pest Management in Agriculture*, 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL., pp. 679-718
- RABINOVICH, J. y TORRES, F. (2004). Caracterización de los síndromes de sostenibilidad del desarrollo: El caso de Argentina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Documento LC/L.2155-P. Santiago, Chile, pp. 97.
- SALA, J. (1975). «Recursos hídricos», en *Relatorio del Congreso Geológico Argentino*. pp. 169-193.
- SARANDÓN, S. (2002). El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. En: Sarandón (ed.). *Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable*. Cap 20; 393-414. E.C.A. Argentina.
- SATORRE, E. (2001). Production Systems in the Argentine Pampas and their Ecological Impact. pp. 81-102 in O. Solbrig, R. Paalberg, and F. Di 120 Castri, editors. *Globalization and the Rural Environment*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- SAGyP-INTA (1989). Mapa de Suelos de la Provincia de Buenos Aires; Proyecto PNUD Argentina 85/019. Buenos Aires, Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca - Instituto de Tecnología Agropecuaria.
- SOBRINO, J. (2000). *Teledetección*. Valencia, Universidad de Valencia.
- 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*, n. 103, pp. 16-26.
- SORIANO, A. y AGUIAR, M. (1998). «Estructura y funcionamiento de los agroecosistemas». *Ciencia e Investigación* 50; 63-73.
- SORIANO, A.; LEÓN, R.; SALA, O.; LAVADO, R.; DEREGIBUS, V.; CAHUÉPÉ, M.; SCAGLIA, O.; VELÁZQUEZ, C. y LEMCOFF, J. (1991). Río de la Plata grasslands. pp. 367-407 in RT Coupland, editor. *Ecosystems of the world 8A. Natural grasslands. Introduction and western hemisphere*. New York, Elsevier.
- SOUDANI, K.; FRANCOIS, C.; LE MAIRE, G.; LE DANTEC, V. y DUFRÈNE, 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, pp. 161-175.
- SWIFT, M. y ANDERSON, J. (1993). *Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems*. Springer-Verlag, Berlin.

- TERUGGI, L.; MARTÍNEZ, G.; BILLI, P. Y PRECISO, E. (2004). «Geomorphologic units and sediment transport in a very low relief basin: Río Quequén Grande, Argentina», *Geomorphological Processes and Human Impacts in River Basins. Proceedings of the International Conference held at Solsona, Catalonia, Spain, May 2004*, IAHS Publ. 299, pp. 154-160.
- VARELA, L. y TERUGGI, L. (2002). Caracterización hidrológica de la cuenca del río Quequén Grande, Provincia de Buenos Aires, en Teruggi, LB (ed.): *Manejo integral de cuencas hidrográficas y planificación territorial*. Mar del Plata, Centro de Geología de Costas y del Cuaternario, FCEyN, UNMDP, pp. 19-29.
- VAZQUEZ, P. (2004). Comparación temporal de dos modalidades de producción en una estancia del sudeste pampeano (Tandil, Argentina). Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Humanas. UNCPBA. Tandil.
- VAZQUEZ, P. y RIVAS, R. (2009). «Transferencia de Información Basada en Sensores Remotos para la Toma de Decisiones de Usuarios No Expertos». *Revista Ciencia*. Vol.4, N° 8; 49-59. Universidad de Catamarca.
- VAZQUEZ, P.; KRISTENSEN, M. y GIARRATANO, M. (2009). Loss of remnant biological corridors in the pampas environment due to changes in agricultural practices (Tandil, Buenos Aires, Argentina). *Diversitas OSC2 Biodiversity and Society. Understanding connections, adapting to change*. Cape Town, South Africa.
- VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2010a). «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. En prensa.
- VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2010b). «Análisis comparativo de los cambios en el uso del tierra (1988-2008) por ambientes geomorfológicos en la Cuenca del río Quequén Grande (provincia de Buenos Aires) mediante sensores remotos». En: María Elizabeth Carbone, Walter Daniel Melo, Guillermo Raúl Ángeles (Editores). *Tecnologías de Información Geográficas del Sur Argentino*. Capítulo 2; 15-31.
- VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2010c). «Implicancias ambientales de las transformaciones agroproductivas en la Cuenca del río Quequén Grande» (Provincia de Buenos Aires, Argentina). *En Actas X Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. ALHSUD* núm 45. Caracas. Venezuela.
- VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. (2011). «Aplicación de sensores remotos al estudio de los cambios en el uso de la tierra y su incidencia sobre el hábitat, en la cuenca del río Quequén Grande» (Provincia Buenos Aires, Argentina), *Revista Geografía en Cuestión*. En prensa.
- VAZQUEZ, P.; ZULAICA, L. y SACIDO, M. (2011). Loss of patches and biological corridors in southern Pampa (Tandil County, Buenos Aires Province, Argentina). *En Actas IX International Rangeland Congress. Diverse Rangelands for a Sustainable Society. Rosario*. pp. 171.
- VILLAMIL, C.; DELUCCHI, G. y LONG, M. (1996). Cincuenta especies prioritarias para su conservación en la provincia de Buenos Aires. *XXV Jornadas Argentinas de Botánica, Mendoza, Noviembre de 1996*.
- VIGLIZZO, E. (1994). «The response of low-input agricultural systems to environmental variability: a theoretical approach». *Agricultural Systems* 44:1-17.
- VIGLIZZO, E.; ROBERTO, Z.; LETORA, F.; LOPEZ GAY, E. y BERNARDOS, J. (1997). «Climate and land-use. Change in field-crop ecosystems of Argentina». *Agric. Ecosys. Environ.* 66:61-70.
- VIGLIZZO, E.; PORDOMINGO, A.; CASTRO, M. y LÉTORA, F. (2002). «La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla?» *Ciencia Hoy* 12 (68): 38-51.
- VITTA, J.; TUESC, D. Y PURICELLI, E. (2004). «Widespread use of glyphosate tolerant soybean and weed community richness in Argentina». *Agriculture, Ecosystems & Environment* 103, pp. 621-624.

- WCED. (1987). *Our common future*. Oxford University Press, Oxford.
- WILSON, C. y TISDELL, C. (2001). «Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs». *Ecological Economics* 39:449-462.
- WILCOX, B. (1980). Insular ecology and conservation. pp. 95-117 En: *Conservation Biology: an Evolutionary-Ecological Perspective* (eds. ME Soulé y BA Wilcox). Sinauer Associates, Sunderland, MA
- ZAHEDI, K. y GUDYNAS, E. (2008). Ética y desarrollo sostenible. América Latina frente al debate internacional. En: Gottsbacher y Lucatello (comp.) *Reflexiones sobre la ética y la cooperación internacional para el desarrollo: los retos del siglo XXI*. Instituto Mora, México, DF. pp. 273–292.