

ZONIFICACION AGROECOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO QUEQUÉN GRANDE (PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA)

AGROECOLOGICAL ZONING OF THE QUEQUÉN RIVER BASIN (PROVINCE OF BUENOS AIRES, ARGENTINA)

Patricia Vazquez

UNCPBA/ Facultad de Agronomía/ CIISAS - Facultad de Ciencias Humanas/ CEPAL/Nodo CONICET/ Argentina.

patriciavazquez11@gmail.com

Mónica Sacido

UNCPBA-UNR/ Facultad de Agronomía/CIISAS/Argentina.

msacido@faa.unicen.edu.ar

Laura Zulaica

UNMdP / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño/CIAM-CONICET/Argentina.

laurazulaica@conicet.gov.ar

RESUMEN

La Región Pampeana Austral Argentina, manifiesta una fuerte tendencia a la expansión agrícola. Este trabajo pretende realizar una Zonificación Agroecológica (ZAE) de la Cuenca del río Quequén Grande (CrQG), diferenciando Unidades Agroecológicas (UAE) en dos períodos, 1988-1998 y 1998-2008. La metodología utilizada fue adaptada del concepto de zonas agroecológicas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura (FAO). Primeramente, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica, se caracterizaron Unidades Ecológicas (UEc) y Unidades de Agriculturización (UAg). Posteriormente se obtuvieron las UAE a partir de integrar las UEc y UAg. Se identificaron seis UAE, donde la agricultura avanza en detrimento de la ganadería, fundamentalmente en la UAE6 (49,9%) y UAE3 (45,5%) en el primer período; mientras que en el segundo período, avanza sobre la UAE1 (38%). Se concluye que la caracterización de UAE, facilita el ordenamiento ambiental del territorio, fundamental para tender a la sustentabilidad agroproductiva de la Cuenca.

Palabras-clave: transformaciones agroproductivas, sistemas de información geográfica, sensores remotos, ordenamiento ambiental.

ABSTRACT

The Southern Argentinean Pampas have a strong tendency to agricultural expansion. This paper aims at conducting an Agroecological Zoning (AEZ) of the Quequén Grande River Basin (QGrB), differing Agroecological Units (AEU) in two periods: 1988-1998 and 1998-2008. The methodology was adapted from the concept of agro-ecological zones of the Food and Agriculture Organization (FAO). First, by using a Geographic Information System, the Ecological Units (EcU) and Agriculturization Units (AgU) were characterized. Subsequently, the AEU were obtained from integrating the EcU and AgU. Six AEU were identified where agriculture advances to the detriment of livestock, mainly in AEU6 (49.9%) and AEU3 (45.5%) in the first period, while in the second period, they advance onto AEU1 (38%). It is concluded that the AEU characterization facilitates environmental planning, which is essential to tend to agroproductive sustainability of the Basin.

Key-words: agroproductive transformations, geographic information systems, remote sensing, environmental management.

INTRODUCCIÓN

Existen numerosas problemáticas ambientales actuales asociadas con el sector rural, las cuales provienen de la universalización del modelo productivo promovido por la llamada “revolución verde”. El mercado, por su parte, resulta incapaz de internalizar los costos derivados del agotamiento de los recursos y los daños ambientales, y la manipulación agrobiológica y química, ha separado artificialmente el proceso agrícola de sus conexiones con los ecosistemas naturales, desperdiciándose innumerables servicios que puede brindar la naturaleza. Es así que el hombre interviene los ecosistemas naturales para generar sistemas agrícolas extremadamente abiertos en términos de ciclos de la materia, sobresimplificados en cuanto a la estructura productiva, inestables y altamente dependientes de subsidios de energía traducidos en tecnologías de insumos (VIGLIZZO y FILIPPÍN, 1993). Por lo tanto, la continua necesidad de mejorar los procedimientos agrícolas y la producción, es decir, de incorporar tecnología ante crecientes demandas sociales, genera el riesgo de ocasionar disturbios ambientales severos, que pueden llegar a comprometer la misma producción, e incluso, afectar la diversidad de la vida (GHERSA, 2005).

Lo mencionado anteriormente, se sintetiza en el denominado proceso de “agriculturización”, definido como el uso creciente y continuo de las tierras para cultivos agrícolas en reemplazo de usos ganaderos o mixtos y, desde la perspectiva de la región pampeana, se lo vincula con cambios tecnológicos, intensificación ganadera, expansión de la frontera agropecuaria hacia regiones extrapampeanas y tendencia al monocultivo de soja o la combinación trigo-soja (MARTINEZ GUERSA y GHERSA, 2005).

Como resultado de este proceso, entre 1990 y 2006, la superficie de Argentina destinada a agricultura experimentó un incremento del 45% y la diversidad de cultivos sufrió una caída superior al 20%. Al final de dicho período, la soja llegó a ocupar la mitad de la superficie cultivada en una clara tendencia a la homogeneización del paisaje agrícola (AIZEN et al., 2009). También, los registros históricos muestran que la agricultura en la región pampeana produjo una drástica reducción de las áreas con vegetación natural (VIGLIZZO, 1994). 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 (precipitaciones) y del manejo (adopción de nuevas tecnologías) (GHERSA y MARTÍNEZ GHERSA, 1991; VIGLIZZO et al., 1997; GHERSA y LEÓN, 1999; SATORRE, 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 (GHERSA y LEÓN, 1999). Los agroecosistemas pueden verse como un sistema jerárquicamente organizado de factores bióticos y abióticos, en donde, la influencia de cada uno de ellos, depende de aquellos que operan a escalas más grandes de tiempo y espacio y tienden a limitar a los de menor influencia espacio-temporal (LAVELLE et al., 1993).

Es así que la Cuenca del río Quequén Grande (CrQG), inserta en la Pampa Austral, manifiesta un proceso de agriculturización analizado en estudios previos (VAZQUEZ y ZULAICA, 2011a; 2011b; VAZQUEZ et al., 2012) que demanda estrategias de intervención para asegurar la calidad de los recursos en la Cuenca.

El estudio integrado de la CrQG mediante la definición de unidades homogéneas, permitiría diferenciar áreas con características ecológicas y/o agroecológicas semejantes a fin de planificar alternativas de desarrollo del medio rural centradas en el paradigma de la agricultura sustentable (ALTIERI, 1992; SARANDÓN, 2002; VIGLIZZO et al., 2002).

Luego, el análisis integrado de la CrQG parte del concepto de paisaje, adoptado por la *Ecología del Paisaje*. BUREL y BAUDRY (2002) definen al paisaje como un nivel de organización de los sistemas ecológicos superior al ecosistema que se caracteriza esencialmente por su heterogeneidad y por su dinámica, controlada en gran parte por las actividades humanas. Su aplicación permite delimitar, identificar y caracterizar unidades que presentan cierta homogeneidad interna en la escala de análisis adoptada.

En el proceso de identificación de áreas con características propias (*paisajes*), la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) introduce una base metodológica en la búsqueda de soluciones a diferentes problemas de evaluación de recursos naturales como base para una agricultura sostenible, denominada Zonificación Agroecológica (ZAE). Las zonas agroecológicas, que pueden interpretarse como paisajes, se definen como aquellas que tienen combinaciones similares de clima y características de suelos y, por tanto, el mismo potencial biofísico en cuanto a la producción agrícola (FAO, 1997). En este marco se ubican las investigaciones de zonificación agroecológica que permiten identificar los usos de tipo agropecuario que causan menos impactos ambientales (FAO, 1996). Éstas se basan en la comparación de los requerimientos ambientales de un determinado uso del suelo con respecto a las características de una región dada (SSSA, 1995).

Existen diversas propuestas de zonificación con diferentes prioridades, sin embargo, en ellas prevalecen las condiciones ecológicas, tales como clima, suelo, topografía, entre otras, que permiten definir las unidades con una mayor uniformidad. Estas deben contemplar además, la necesidad de considerar el uso actual de la tierra y la necesidad de reservar áreas de

preservación, en casos de ecosistemas de especial fragilidad, tales como aquellos con suelos cuya degradación se anticipa en caso de someterse a nuevos sistemas de manejo.

La ZAE se convierte entonces en un instrumento que permite generar bases para resolver problemas ambientales fundados en la agricultura. Tal es el caso de la región pampeana Austral Argentina, donde en respuesta a la agudización de los problemas ambientales generados por la agricultura desde la revolución verde, entre 1980-1990 surgió y cobró importancia el paradigma de la agricultura sustentable con la idea de que el logro de sus objetivos dependen de una adecuada gestión social, política, económica, tecnológica y ambiental, basadas en valores éticos (ZAHEDI y GUDYNAS, 2008).

Sobre la base de lo enunciado y en la expectativa de identificar alternativas de desarrollo rural enmarcadas en la denominada agricultura sustentable, se pretende en este trabajo realizar una primera aproximación a la ZAE de la CrGQ, diferenciando Unidades Agroecológicas (UAE). Previo a ello será necesario definir y caracterizar Unidades Ecológicas (UEc) e integrarlas con Unidades de Agriculturización (UAg), requiriendo estas últimas del análisis de los cambios de usos de la tierra, en dos períodos seleccionados (1988-1998 y 1998-2008).

Área de estudio

La CrQG, ocupa una superficie de 9944 km² (Figura 1), se halla ubicada al sudeste de la provincia de Buenos Aires en la porción sur de la región pampeana de Argentina, perteneciente a los partidos de Adolfo Gonzáles Chaves, Benito Juárez, Lobería, Necochea, San Cayetano y Tandil.

El río que da nombre a la Cuenca, nace en el Sistema de Tandilia, el cual define una red hidrográfica de alcance regional, y desemboca en el puerto del núcleo urbano Necochea-Quequén (población cercana a 80.000 habitantes). De acuerdo con Píccolo y Perillo (1997), en general, el ancho del río Quequén es poco variable, de 150 a 200 m aproximadamente, llegando a unos 400 m en la zona portuaria; el caudal medio alcanza unos 11,3 m³/s (SALA, 1975). La red de avenamiento de la Cuenca se conforma bajo un diseño dendrítico (CAMPO DE FERRERAS y PÍCCOLO, 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 et al., 2004).

De acuerdo con el estudio realizado por Lastra et al. (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 y Willink (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.

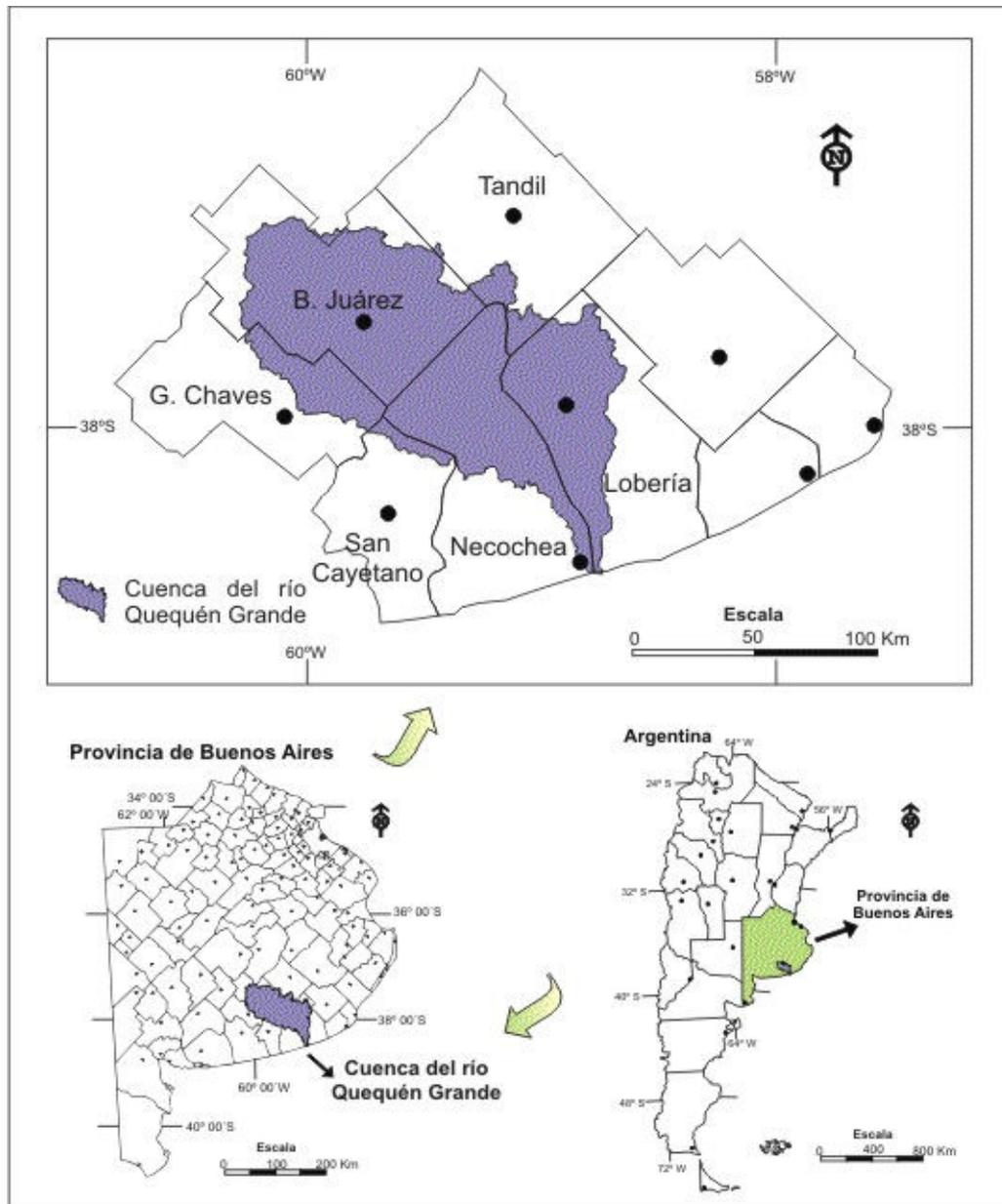


Figura 1. Localización de la Cuenca del río Quequén Grande.

Fuente: Elaboración propia (VAZQUEZ *et al.*, 2012).

Biogeográficamente se ubica en la Provincia Pampeana (Dominio Chaqueño, Región Neotropical), más precisamente en el Distrito Pampeano Austral, que se extiende por el sur de Buenos Aires, desde las Sierras Septentrionales (Olavarría, Tandil y Balcarce) hasta Bahía Blanca, incluyendo las Sierras Australes. Se caracteriza por ser una llanura horizontal o suavemente ondulada con serranías que alcanzan altitudes máximas de 500 m sm en Tandilia

y 1200 msm en Ventania. La vegetación originaria es la pseudoestepa de gramíneas con dominancia de los géneros *Stipa* y *Piptochaetium* (CABRERA, 1976), la cual ha sido sustituida en más del 50% de la CrQG por agroecosistemas. Este hecho se vincula con la presencia de suelos con aptitud para el desarrollo de esas actividades.

En relación con ese aspecto, el análisis de informaciones publicadas por SAGyP-INTA (1989) revela que los suelos del área integran, en su mayoría, el Orden Molisoles. 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*.

Teruggi et al. (2004) y Martínez (2007) identifican y describen las unidades geomorfológicas de la CrQG, donde distinguen seis principales, que presentan una disposición general en franjas elongadas en sentido NW-SE: Sierras y serranías, Lomas periserranas, Llanuras aluviales, Lomas relictuales sin lagunas, Lomas de divisorias con lagunas y Planicie baja mal drenada.

METODOLOGÍA

La primera aproximación a la ZAE de la CrQG, demandó la aplicación de los conceptos y metodologías de la FAO (1997), adaptándolos a este caso de estudio en función de la disponibilidad de información viable de adquirir y procesar. La ZAE permite diferenciar Unidades Agroecológicas (UAE) en la Cuenca a partir de la integración de Unidades Ecológicas (UEc) y Unidades de Agriculturización (UAg) en los dos períodos seleccionados (1988-1998 y 1998-2008).

Entonces, como primera medida se definieron UEc, tomando como base las unidades geomorfológicas de los estudios antecedentes de Teruggi et al. (2004) y Martínez (2007), y otros aspectos obtenidos de las cartas de suelos de SAGyP-INTA (1989), las cartas topográficas de escala 1:250.000 (Instituto Geográfico Militar). Las UEc surgen de la integración de distintos aspectos ecológicos: geoformas, alturas, pendientes, aspectos hidrológicos, drenaje superficial e interno y suelos. El clima no fue considerado porque no se evidencian diferenciaciones internas importantes en la Cuenca. Tampoco se incorporó la vegetación dado que no se dispone de estudios específicos del área que permitan establecer diferenciaciones a nivel de unidades agroecológicas en la escala de trabajo (1: 250.000).

Luego se definieron las UAg a partir del análisis del indicador porcentaje de incremento de la superficie agrícola en los dos períodos seleccionados. Las unidades obedecen a la

configuración espacial obtenida a partir de la clasificación de ese indicador en intervalos por *cortes naturales*; es decir, los intervalos se definen considerando las diferencias importantes (saltos) en la distribución de las frecuencias del indicador. Para ello se utilizó el Software ArcView 3.2. A dichos intervalos les fueron asignadas categorías cualitativas relativas al proceso de agriculturización (baja o nula, media, alta y muy alta).

El indicador de incremento de la superficie agrícola se obtuvo a partir del análisis de imágenes satelitales clasificadas de la Cuenca. Las imágenes fueron adquiridas del sitio web <http://www.inpe.br/>, página correspondiente al Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) del Ministerio de Ciencia e Tecnología de Brasil. Se procesaron 9 imágenes captadas por el sensor TM de la misión Landsat 5, con Path/Row (225/86, 224/87 y 224/86), 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. La metodología de procesamiento aplicada fue la calibración de 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 (SOUDANI et al., 2006).

Posteriormente, las imágenes se georreferenciaron utilizando como imagen base la provista por el recorte de un mosaico de imágenes (2135) del sensor ETM+, obtenido de la Global Land Cover Facility, Earth Science Data Interface (www.landcover.org). El modo de operación de georreferenciación consistió en una técnica basada en la obtención de 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).

Se obtuvieron conocimientos del área de estudio y para ello se realizaron campañas de campo, donde se obtuvieron puntos de GPS (Global Position System) o sea la ubicación satelital terrestre de áreas, 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 (Región of Interés) que luego se utilizan para aplicar en el algoritmo.

Para detectar los ROIs se utilizaron diferentes técnicas de visualización de las imágenes y bandas que permitan diferenciar de la mejor manera posible las clases asociadas en la Cuenca. A partir de la información multi-espectral que generan la mayor parte de los sensores espaciales pueden obtenerse distintas composiciones de color. Basta para ello aplicar cada uno

de los tres colores primarios (rojo, verde y azul) a una banda distinta de la imagen, seleccionada con el criterio y el orden que se considere más oportuno. La composición utilizada, y que es la más habitual, fue la llamada falso color o infrarrojo color, fruto de aplicar los cañones de valor rojo, verde y azul sobre las bandas correspondientes al infrarrojo cercano, rojo y verde, respectivamente. Esta composición facilita la cartografía de masas vegetales, láminas de agua, ciudades, entre otros (CHUVIECO, 2007).

Para cada uno de los ROIs que se generaron en todas las imágenes procesadas a lo largo de la zona de estudio, se estimaron las reflectividades medias para cada banda y los desvíos estándar en cada uno de los ROIs elegidos.

Se obtuvieron las firmas espectrales para los ROIs en cada imagen, en donde se expresan los valores de reflectividad de superficie promedio en cada ROI en función de las banda espectrales (en el eje de las abscisas se colocan los centros de bandas espectrales en μm). En la construcción de las firmas espectrales se utilizaron de las bandas 1-5 del sensor empleado (TM).

Sobre las imágenes procesadas se realizó una clasificación supervisada (Clasificador de Máxima Probabilidad). Una vez obtenidas las imágenes clasificadas en distintas áreas, se aplicó un filtro de Mediana (3*3), técnica que permite mejorar el contraste espacial de la imagen (SOBRINO, 2000). 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.

Mediante la función *Geoprocessing* de ArcView 3.2, se integraron las UEc con las UAg, dando como resultados un mapa de UAE.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en tres apartados, en el primero se caracterizan las UEc, en el segundo se definen las UAg, mientras que el último corresponde a la Zonificación Agroecológica de la Cuenca, que permitió diferenciar las UAE.

Unidades Ecológicas (UEc)

La aplicación del procedimiento expresado en la metodología permitió definir seis UEc (Figura 2) cuyos atributos se sintetizan en la Tabla 1. Luego, las UEc surgen de la integración de distintos aspectos mencionados en la metodología.

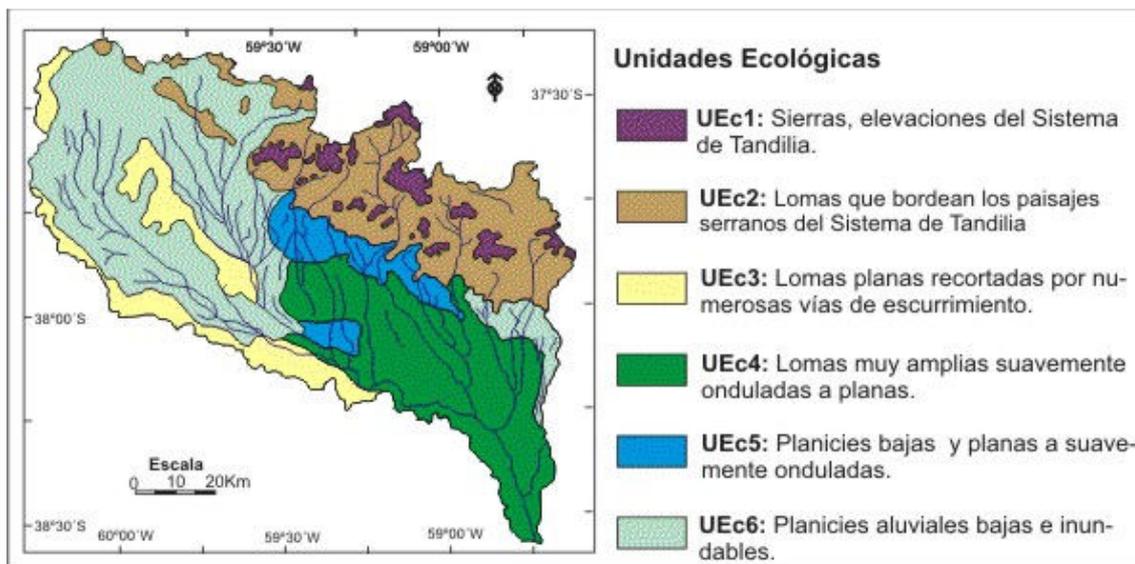


Figura 2. Unidades Ecológicas en la Cuenca del río Quequén Grande.

Fuente: Elaboración propia a partir de Teruggi et al. (2004), Martínez (2007) y Vazquez et al. (2012).

Tabla 1. Unidades Ecológicas en la Cuenca del río Quequén Grande

Atributos		UEc1	UEc2	UEc3	UEc4	UEc5	UEc6
Paisaje		Serrano. Elevaciones del sistema de Tandilia.	Lomas que bordean los paisajes serranos del sistema de Tandilia.	Lomas planas recortadas por numerosas vías de escurrimiento.	Lomas muy amplias suavemente onduladas a planas	Planicies bajas y planas a suavemente onduladas	Planicies aluviales bajas e inundables
Alturas		300 a 400m.	250 a 300m.	100 a 200m.	10 a 150 m.	100 a 200m.	100 a 250 m.
Pendientes		Más de 50%.	1 a 5%.	0.1%.	0,2%	0.2%	0.1%
Aspectos hidrológicos		Cursos de régimen temporario en valles estrechos o nacientes efimeras.	Cursos de régimen temporario con drenaje de escasa densidad.	Cursos de agua permanentes con valles profundos y presencia importante de lagunas.	Cursos de agua permanentes pertenecientes al cause principal en sus tramos medio e inferior.	Cursos de agua temporarios y lagunas de escasas dimensiones.	Cursos de agua temporarios en valles encausados
Drenaje superficial e interno		Excesivamente drenado y bien drenado.	Bien drenado	Imperfectamente drenado.	Bien drenado	Imperfectamente drenado a pobrementemente drenado.	Imperfectamente drenado a pobrementemente drenado.
Suelos	Subgrupos dominantes	Roca Hapludoles líticos Hapludoles típicos	Argiudoles típicos Hapludoles petrocálcicos	Argiudoles ácuicos Argiudoles típicos Natracuoles típicos	Argiudoles típicos Natracuoles típicos	Natracuoles típicos Argiudoles típicos Natracualfes típicos	Argiacuoles típicos Natracuoles típicos Natracualfes típicos
	Textura superficial	Franco a Franco Arenosa	Franca limosa	Franca limosa	Franca limosa	Franca limosa a Franca	Franco limosa
	Textura subsuperficial	Franca	Franco arcillo limoso	Arcillo limosa	Franco Arcillo limoso	Arcillosa	Franco arcillo limosa
	Régimen de humedad	Údico	Údico	Údico y Ácuico	Údico y Ácuico	Údico y Ácuico	Ácuico
	Limitantes	Profundidad Roca superficial Pedregosidad	Profundidad Suceptibilidad a la erosión hídrica	Drenaje Sodicidad	Suceptibilidad a la erosión Sodicidad	Drenaje Sodicidad	Drenaje Sodicidad
	Capacidad de uso*	VIII, IV, III	II, IV	III, II, VI	II, VI	VI, II, VII	III,VI,VIII
	Índice de Productividad	Menor a 36.	49	36	54-74	32	32

*Sistema de evaluación utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (KLINGEBIEL y MONTGOMERY, 1961).

Fuente: Elaboración propia.

Superficies ocupadas por los distintos de usos de suelo en las UEc

Sobre la base del estudio realizado por Vazquez et al. (2012), la clasificación supervisada de las imágenes satelitales (Figura 3), permite identificar diferentes usos de las tierras para los años 1988, 1998 y 2008: usos 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 tierras agrícolas.

Respecto del concepto de tierra, la FAO (1996) define a la “tierra” como el área de superficie terrestre cuyas características comprenden a todos los atributos razonablemente estables o predeciblemente cíclicos de la biosfera, verticalmente por encima o por debajo de ella y los de la atmosfera, el suelo y el substrato geológico, las poblaciones vegetales y animales y los resultados de la actividad humana pasada y presente, hasta el punto en que dichos atributos ejerzan una influencia significativa sobre los usos actuales y futuros de la tierra para el hombre. En la Tabla 2, se muestran las superficies correspondientes a cada una de las clases.

Tabla 2. Superficies ocupadas por los distintos de usos de la tierra en las unidades ecológicas.

Usos actuales km ²	Tipos de usos	UEc1	UEc2	UEc3	UEc4	UEc5	UEc6
1988	Agrícolas	142,4	1347,2	457,8	1315,9	405,3	982,5
	Ganaderos	118,3	925,4	600,5	946,5	362,7	2226,8
	Urbanos	0,7	2,3	2,9	16,3	0,2	1,0
	Agua	0,6	11,1	25,8	6,3	1,6	43,9
1998	Agrícolas	124,0	1349,0	666,0	1793,0	460,0	1473,0
	Ganaderos	135,0	900,5	355,0	441,0	305,0	1690,0
	Urbanos	1,0	3,0	3,0	27,0	0,3	1,2
	Agua	2,0	33,5	63,0	24,0	9,0	90,0
2008	Agrícolas	171,1	1699,0	749,8	1876,0	478,6	1517,7
	Ganaderos	87,8	564,0	298,0	354,0	282,0	1714,0
	Urbanos	3,0	19,0	12,8	35,0	3,2	9,5
	Agua	0,1	4,0	26,4	21,1	5,6	13,0
Sup. total de la UEc		262,0	2286,0	1087,0	2285,0	769,8	3254,2

Fuente: Elaboración propia (VAZQUEZ et al., 2012).

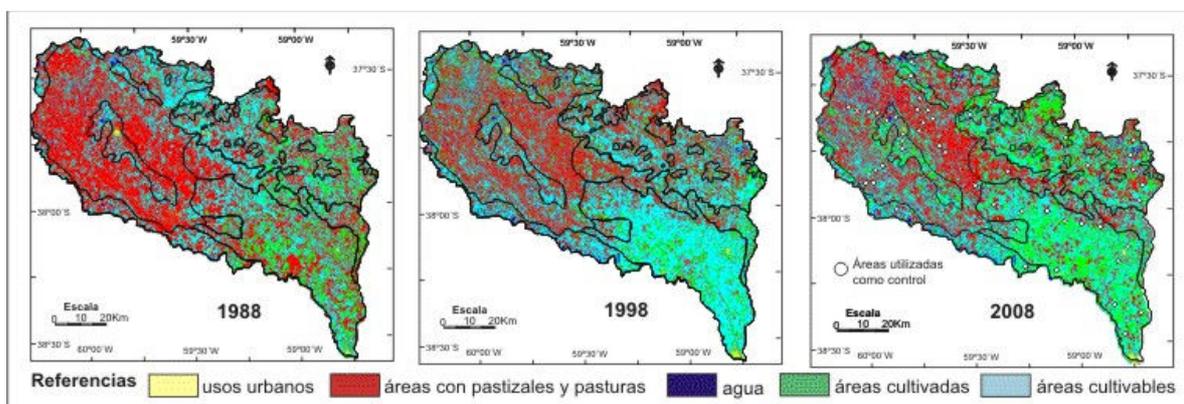


Figura 3. Usos de la tierra en la Cuenca del río Quequén Grande, por Unidades Ecológicas (1988, 1998 y 2008).

Fuente: Elaboración propia (VAZQUEZ et al., 2012).

El análisis de los datos de superficies ocupadas por cada tipo de uso de la tierra permite afirmar que en el año 1988, la agricultura superaba el 50% en la UE1, UE2, UE4 y UE5, con un máximo de 58,9%. En 1998, la superficie agrícola se extiende en casi un 60% o más de las UE2, UE3, UE4 y UE5, con un valor máximo de 78,5%. Finalmente, en el último año (2008) todas las unidades excepto la UE6 (Planicies aluviales bajas e inundables), presentan una media de 70,6% de superficie destinada a cultivos agrícolas, alcanzando la UE4 (Lomas muy amplias suavemente onduladas a planas) un 82,1%.

Por último, se detallan en la Tabla 3, los porcentajes de incremento o decrecimiento del uso referido a agricultura, en la clasificación de imágenes satelitales, para los períodos seleccionados (1988-1998 y 1998-2008), con la finalidad de obtener posteriormente las Unidades de Agriculturización.

Tabla 3. Porcentajes de incremento o decrecimiento del uso agrícola.

Incremento de superficies agrícolas (%)	UEc1	UEc2	UEc3	UEc4	UEc5	UEc6
1988-1998	-12,9	0,1	45,5	36,3	13,5	49,9
1998- 2008	38,0	25,0	12,6	4,6	4,0	3,0

Fuente: Elaboración propia (VAZQUEZ et al., 2012).

La identificación y caracterización de las UEc de la CrQG mostró en el primer período seleccionado (1988-1998), que la agriculturización avanzó principalmente en la UEc6 de planicies aluviales bajas e inundables, en un 49,9%; en segundo orden se incrementó en la UEc3, de lomas planas recortadas por numerosas vías de escurrimiento, donde se produjo un aumento de la agricultura del 45,5%, Mientras que en lo referido a ganadería disminuye respectivamente en un UEc6 (24,1%) y la UEc (40,9%). En el segundo período seleccionado (1998-2008) se observa que el avance más significativo de la agricultura en detrimento del pastoreo, se efectúa sobre UEc1 (38%).

Unidades de Agriculturización

Ahora bien, al analizar la Figura 4, se observa que quedan representadas cuatro unidades de agriculturización en el primer período (Agpp). Como fue explicado en la metodología, se integran en intervalos los valores de agriculturización del primer período. Como resultado, la UAg3 y la UAg6, correspondientes a la UEc de lomas planas recortadas por numerosas vías de escurrimiento y planicies aluviales bajas e inundables, respectivamente, se fusionan en la UAgpp4, que representa a un proceso de agriculturización muy alto.

Luego, la UAg4 correspondiente a la UEc de lomas muy amplias suavemente onduladas o planas, queda constituida por la UAgpp3 indicando un alto proceso de agriculturización, y la UAg5 en la UAgpp2 (agriculturización media); esta unidad se corresponde con la UEc de planicies bajas y planas a suavemente onduladas. Por último, la UAg1 y la UAg2 quedan agrupadas en la UAgpp1, la cual muestra un proceso de agriculturización bajo a nulo, las mismas integran las unidades ecológicas de Sierras y elevaciones del sistema de Tandilia y pedemonte o lomas que bordean los paisajes periserranos de Tandilia.

La Figura 4, muestra el importante avance de la agricultura sobre la UAgpp4. Dicho proceso asociado con la pérdida de pastizales nativos, tendría un impacto ambiental negativo sobre los establecimientos agropecuarios, dado que los mismos se encuentran condicionados por la elevada dependencia de las condiciones meteorológicas de la región (VAZQUEZ, 2013). En general, esta unidad presenta suelos característicos de paisajes muy planos, bajos, bordes de vías de escurrimiento, lagunas, etc. sometidos a encharcamientos o anegamientos periódicos. La capacidad de uso de gran proporción de las tierras de la unidad, está caracterizada por

presentar limitaciones muy graves, que hacen que los suelos sean generalmente ineptos para el cultivo, debiéndose restringirse casi exclusivamente al pastoreo, forestación o conservación de la fauna silvestre. Sin embargo, el proceso de agriculturización no se limita a estos condicionantes, debido a que no respeta las características físicas y/o químicas de los suelos.

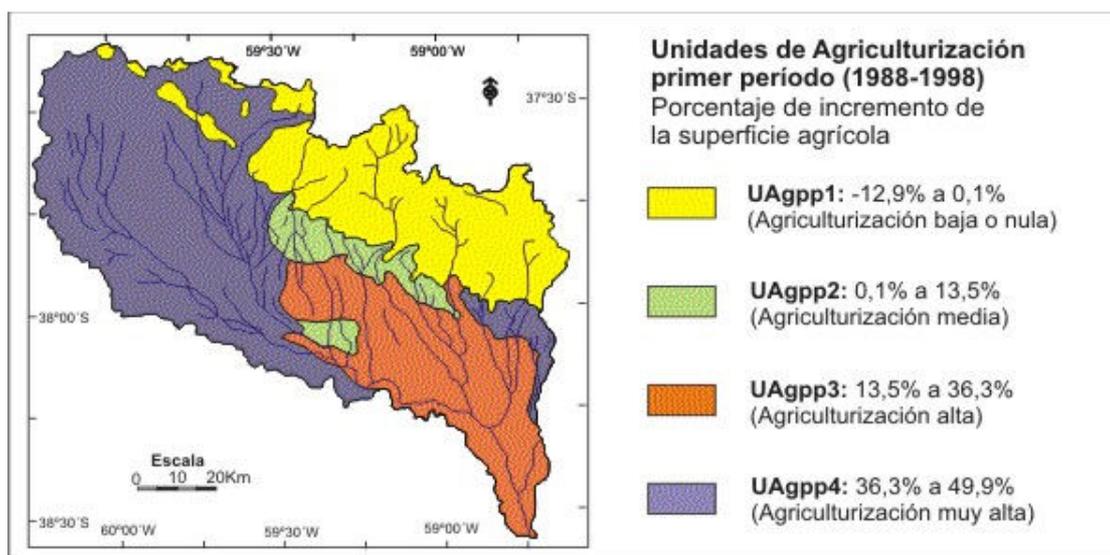


Figura 4. Unidades de Agriculturización del primer período (1988-1998).

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 5, muestra que las unidades de agriculturización del segundo período seleccionado (UAgsp, 1998-2008) quedan representadas también en cuatro unidades. Se observa que la UAg1, se corresponde con la UAgsp4 indicando un muy alto proceso de agriculturización, mientras que la UAg2, lo hace con la UAgsp3, la cual expresa un valor alto de agriculturización. La UAg3, integrada en la UAgsp2, indica un valor medio de agriculturización, en tanto que la UAg4, UAg5 y UAg6, quedan agrupadas en la UAgpp1, la cual muestra un proceso de agriculturización entre bajo a nulo

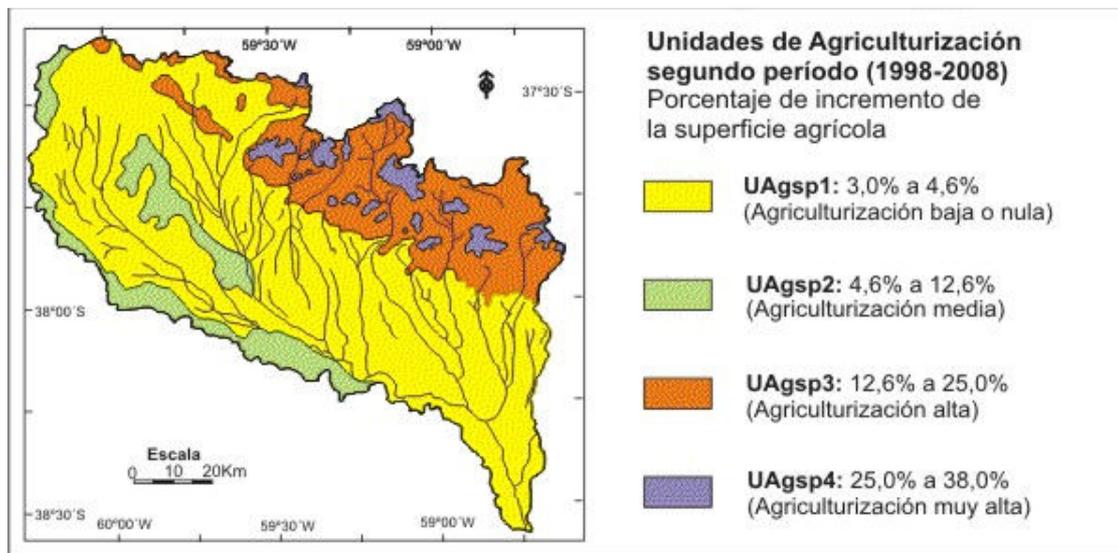


Figura 5. Unidades de Agriculturización del segundo período (1998-2008).

Fuente: Elaboración propia.

En este período se observa que el avance más significativo de la agricultura en detrimento del pastoreo, se efectúa sobre UAgsp4, correspondiente a las áreas serranas, lo que estaría implicando un riesgo importante debido a que son zonas donde existe erosión hídrica principalmente por tener las pendientes más elevadas del terreno. En estas áreas el manejo de cultivos debiera ser de tipo conservacionista, con el fin de procurar la preservación de los recursos hídricos en las cabeceras de la Cuenca, procurando proteger la fauna y flora silvestre.

Unidades Agroecológicas (UAE)

Finalmente se obtiene a mediante la función Geoprocessing de ArcView 3.2, la integración de las UEc con las UAg, dando como resultados un mapa de UAE de la CrQG (Figura 6).

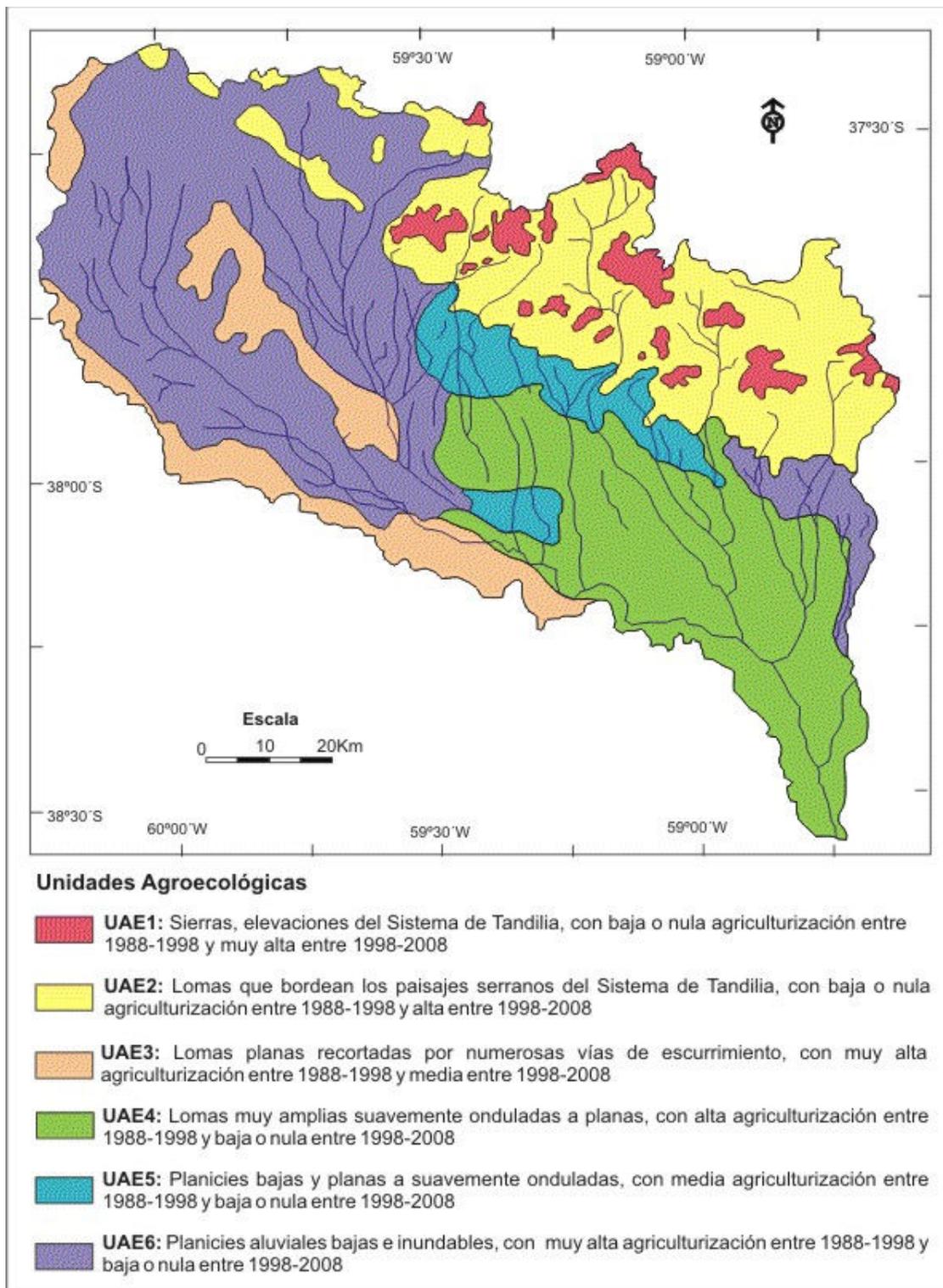


Figura 6. Unidades Agroecológicas de la Cuenca del río Quequén Grande.

Fuente: Elaboración propia.

En el primer período se verifican las mayores transformaciones en el uso de la tierra en las distintas unidades agroecológicas asociadas con la expansión de la agricultura. Es importante precisar además que, en ambos períodos, el proceso de agriculturización tuvo lugar de forma diferenciada, ya que las unidades más afectadas no fueron las mismas.

Teniendo en cuenta trabajos antecedentes (VAZQUEZ y ZULAICA, 2011a; 2011b, VAZQUEZ et al., 2012), en el último período, la actividad agrícola se ve intensificada debido al incremento de tecnología agrícola (maquinarias, insumos, personal capacitado, entre otros). Esto hace que predomine la expansión vertical de la agricultura, por sobre la horizontal con usos más intensivos como por ejemplo el doble cultivo anual (soja/cereal).

CONSIDERACIONES FINALES

La ZAE se convierte entonces en un instrumento que permite generar bases para resolver problemas ambientales fundados en la agricultura. Tal es el caso de la CrQG, donde se produce un proceso de agriculturización, el cual se incrementa aceleradamente con la introducción de la soja transgénica. Esto trae aparejado un aumento importante en el uso de agroquímicos y la siembra directa, que 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.

La ZAE preliminar de la CrQG, permitió identificar seis UAE disímiles, debido a las características del medio físico de cada una de ellas y al avance de la agricultura. Dichas unidades conforman una base diagnóstica central para la formulación de planes ordenamiento ambiental acordes con los principios de la sustentabilidad, que contemplen las potencialidades y restricciones agroecológicas. Asimismo, el procedimiento empleado en la definición de UAE permite identificar las tendencias en los usos de las tierras de la Cuenca, fundamentales para generar propuestas de gestión y conservación de los recursos naturales del área.

En síntesis, se concluye que el estudio integrado de la Cuenca, a partir de la caracterización de UAE, facilita el ordenamiento ambiental del territorio, fundamental para planificar alternativas de desarrollo rural centradas en el paradigma de la agricultura sustentable.

REFERÊNCIAS

- AIZEN, M. A., GARIBALDI, L. A. y M. DONDO. Expansión de la soja y diversidad de la agricultura argentina. **Ecología Austral**, n.19, 45-54, 2009.
- ALTIERI, M. A. Sustainable agricultural development in Latin America: exploring the possibilities. Agriculture. **Ecosystems & Environment**, n. 39, 1-21, 1992.
- ARMAND, M. **Téledétection, urbanisme et aménagement. Groupement pour le développement de la téledétection aérospatiale (GDTA)**, Toulouse: 1995.
- BUREL, F. y J. BAUDRY. **Ecología de paisajes: conceptos, métodos y aplicaciones**. Madrid: Editorial mundi-prensa. 2002.
- CABRERA, A. L. **Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería**. Buenos Aires: Editorial: ACME (TOMO II.), 1976.
- CABRERA, A. y A. WILLINK. **Biogeografía de América Latina**, Washington: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. 1973.
- CAMPO DE FERRERAS, A. M. y M. C. PÍCCOLO. Hidroquímica de la cuenca del arroyo Pescado Castigado. In: ACTAS III JORNADAS NACIONALES DE GEOGRAFÍA FÍSICA. Santa Fe. 2002.
- CHANDER, G. y B. MARKHAM. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, IEEE, vol.41, n.11, 2674-2677, 2003.
- CHANDER, G.; MARKHAM, B. y J. BARSÍ. Revised Landsat-5 Thematic Mapper Radiometric Calibration. **Geoscience and Remote Sensing Letters**, IEEE, vol.4, n.3, 490-494. 2007.
- CHUVIECO, E. **Teledetección Ambiental. La observación de la tierra desde el espacio**, Barcelona: Ediciones Ariel Ciencia, 2007.
- FAO. **Agro-ecological zoning. Soils Bulletin 73**, Roma: FAO, 1996.
- FAO. **Non-wood forest products: tropical palms**, Bangkok: FAO. 1997.
- GHERSA, C. M. La sucesión ecológica en los agroecosistemas pampeanos: sus modelos y significado agronómico. En: **La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas. Un homenaje a Rolando León J. C.**, Oesterheld, Aguiar, Guerza, Paruelo (comps.): 195-212. Ed. Facultad de Agronomía. 2005.
- GHERSA, C. M. y M. A. MARTÍNEZ GHERSA. Cambios Ecológicos en los Agroecosistemas de la Pampa Ondulada. Efectos de la Introducción de la Soja. **Ciencia e Investigación**, n. 5, 182-188, 1991.
- GHERSA, C. y R. LEÓN. Successional changes in agroecosystems of the rolling pampa. In: ECOSYSTEMS OF THE WORLD. ECOSYSTEMS OF DISTURBED GROUND. L. R. Walker, editor, Elsevier, 1999.

KLINGEBIEL, A y P. MONTGOMERY. Land capability classification, USDA, SCS, **Agr. Handbook**, n. 210, Washington D.C., 1961.

LAVELLE, P.; BLANCHART E.; MARTIN A.; MARTIN S.; BAROIS L.; TOUTAIN F.; SPAIN A. y R. SCHAEFER. A hierarchical model for decompoestablecimienton in terrestrial ecosystems. Application to soils in the humid tropics. **Biotropica**, n. 25, 130–150, 1993.

LASTRA, G., PEREYRA, M., MARINO, B. y L. THOMAS. Análisis del uso del agua en la Cuenca del río Quequén Grande. In: CONTRIBUCIONES CIENTÍFICAS, CONGRESO NACIONAL DE GEOGRAFÍA, 69 SEMANA DE GEOGRAFÍA. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Estudios Geográficos, 2008.

MARTÍNEZ, G. Mapeo geomorfológico con imágenes Landsat 7 y Radarsat 1 en la cuenca del río Quequén Grande, Provincia de Buenos Aires, Argentina. In: XII CONGRESO DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE TELEDETECCIÓN. Mar del Plata, Actas del Congreso, 2007.

MARTÍNEZ, D.E.; MASSONE, H.E.; MARTÍNEZ, G.A.; FERRANTE, A.; TERUGGI, L. Y M.O. FARENGA. Hidroquímica y flujo subterráneo en la Cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires, Argentina. In: XXXIII CONGRESO INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGÍA. Zacatecas: Actas del Congreso. Zacatecas AIH-ALHSUD. 2004.

MARTINEZ GUERSA, A. y C. GHERSA. Consecuencias de los recientes cambios agrícolas. **Revista Ciencia Hoy**. vol. 15. n. 87. 37-45. 2005.

PÍCCOLO, M. C. y G. M. E. PERILLO. Geomorfología e hidrografía de los estuarios. In: EL MAR ARGENTINO Y SUS RECURSOS PESQUEROS. Boschi, E. E. (Editor). Mar del Plata: INIDEP-SAGPyA, 1997.

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

SALA, J.M. Recursos hídricos. In: RELATORIO DEL CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO. 1975.

SARANDÓN, S. **El camino hacia una agricultura sustentable**, La Plata: Ediciones Científicas Americanas. 2002.

SATORRE, E. H. Production Systems in the Argentine Pampas and their Ecological Impact. In: GLOBALIZATION AND THE RURAL ENVIRONMENT. Solbrig, O.; Paalberg R. y F. Di Castri (editors). Cambridge: Harvard University Press, 2001.

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

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

SSSA. SSSA statement on soil quality. **Agron. News**, v. 6, n. 7, 1995.

TERUGGI L.B., MARTÍNEZ G.A., BILLI P. Y E. PRECISO. Geomorphologic units and sediment transport in a very low relief basin: Rio Quequén Grande, Argentina. In: GEOMORPHOLOGICAL Revista Eletrônica Geoaraguaia. Barra do Garças-MT. V 3, n.2, p 26 - 45. agosto/desembro. 2013.

PROCESSES AND HUMAN IMPACTS IN RIVER BASINS. Spain: Proceedings of the International Conference held at Solsona, Catalonia, IAHS Publ. 299, 2004.

VAZQUEZ, P. Comparación de índices de estrés hídrico a partir de información captada por el sensor MODIS en la Región Pampeana. **Cuadernos Geográficos**. V. 53, N. 1, 46-69. 2013.

VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. Cambios agroproductivos y problemas ambientales en la Cuenca del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires, Argentina). **Revista Geografía, Associação de Geografia Teórica**, v. 36, n. 2, 283-296. 2011a.

VAZQUEZ, P. y ZULAICA, L. 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 Geografia em Questão, Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Local - Marechal Cândido Rondon**, v. 4, n. 2, 270-289, 2011b.

VAZQUEZ, P., M. SACIDO y L. ZULAICA. Técnicas de análisis para el ordenamiento territorial de cuencas agropecuarias: Aplicaciones en la Pampa Austral, Argentina. **Scripta Nova. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. vol. 16, n. 392. 2012. <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-392.htm>.

VIGLIZZO, E. Y C. FILIPPÍN. Los agroecosistemas de la Argentina. In: ELEMENTOS PARA UNA POLÍTICA AMBIENTAL. F. Goin y R. Goñi (editores). Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, 1993.

VIGLIZZO, E. F. The response of low-input agricultural systems to environmental variability: a theoretical approach. **Agricultural Systems**, n. 44, 1-17, 1994.

VIGLIZZO, E. F., ROBERTO Z. E., LETORA F., LOPEZ GAY E. Y J. BERNARDOS. Climate and land-use. Change in field-crop ecosystems of Argentina. **Agric. Ecosys. Environ**, n. 66, 61-70, 1997.

VIGLIZZO, E., PORDOMINGO, A., CASTRO M. y F. LÉRTORA. La sustentabilidad ambiental de la agricultura pampeana ¿oportunidad o pesadilla?”. **Ciencia Hoy**. v. 12, n.68. 38–51. 2002.

ZAHEDI, K. Y E. GUDYNAS. Ética y desarrollo sostenible. América Latina frente al debate internacional. In: REFLEXIONES SOBRE LA ÉTICA Y LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO: LOS RETOS DEL SIGLO XXI. Gottsbacher México (DF): Lucatello (editor) Instituto Mora, 2008.

Recebido para publicação em 05/08/2013

Aceito para publicação em 07/10/2013