

## Caracterización Ambiental de la Cuenca del Arroyo las Conchas, provincia de Entre Ríos

Andrés BORTOLUZZI<sup>1</sup>, Pablo ACEÑOLAZA<sup>1,2</sup>, Florencio G. ACEÑOLAZA<sup>3</sup>

**Abstract:** *ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF THE ARROYO LAS CONCHAS BASIN, PROVINCE OF ENTRE RÍOS.* The present paper summarizes environmental features of Arroyo Las Conchas basin (Entre Ríos, Argentina), obtained through bibliography revision, field work, remote sensing and geoprocessing tools. Characterization of physical (geology and soils) and natural vegetation status is done. It was found that natural vegetation covers less than the 13 percents of the total area. This situation should be considered at future studies jointly with other anthropic variables, for the evaluation of variables that affects natural resources conditions over the basin.

**Key words:** Basin characterization, GIS, remote sensing, hydrological modeling, native vegetation, Las Conchas, Entre Ríos.

**Resumen:** *CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL ARROYO LAS CONCHAS, PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.* En el presente trabajo se describen aspectos ambientales de la cuenca del Arroyo de Las Conchas (provincia de Entre Ríos), basado en antecedentes bibliográficos, revisión de campo, teledetección espacial y geoprocésamiento. Se brinda una caracterización de las condiciones físicas (geología y suelos) y una evaluación del estado de la vegetación natural. Se encontró baja cobertura de vegetación natural que, al presente, representa solo el 13 % del total del área en estudio. Esta situación deberá ser tenida en cuenta junto a otros aspectos de naturaleza antrópica para la evaluación de los factores que afectan el estado de los recursos naturales en la región.

**Palabras clave:** Caracterización de cuenca, SIG, teledetección, modelado hidrológico, vegetación natural, Las Conchas, Entre Ríos.

### Introducción

La cuenca del Arroyo Las Conchas se desarrolla al sur del departamento Paraná (Provincia de Entre Ríos) en una superficie estimada en 2.184 kilómetros cuadrados y longitud máxima del orden de los 50 kilómetros. Dentro se extiende una importante red hidrográfica que converge en el arroyo de nombre homónimo que tributa finalmente al Río Paraná a la altura de los 31° 41' latitud sur.

En el área de influencia de la cuenca se han establecido, desde la mitad del siglo 19, colonias con población mayoritariamente de origen europeo que llevaron adelante una intensa modificación del paisaje natural original hacia uno predominantemente agropecuario. Actualmente, existen poblaciones urbanas de diferente envergadura como Colonia Avellaneda, Villa Urquiza, Cerrito, María Grande, Tabossi, Seguí y Crespo, acompañadas por numerosas poblaciones menores. De acuerdo al censo nacional 2001,

<sup>1</sup> CICyTTP-CONICET España y Materi, Diamante Entre Ríos y CEREGEO-UADER. Argentina. andres\_bortoluzzi@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> FCA-UNER acenolaza@gmail.com

<sup>3</sup> INSUGEO. Miguel Lillo 205.- Tucumán. Argentina. insugeo@csnat.unt.edu.ar

la población total involucrada dentro de la cuenca es del orden 58.000 habitantes si se excluye la ciudad de Paraná (solo una porción de la ciudad forma parte de la misma), que posee 238.000.

### Las cuencas hidrográficas como unidades de estudio

De acuerdo al *Millenium Ecosystem Assessment* (2005), en los últimos 50 años la humanidad ha cambiado los ecosistemas más rápida y extensivamente que en cualquier período comparable de la historia humana. El mismo informe señala que a nivel global, la mayoría de las transformaciones han sido motivadas por un importante incremento en la demanda alimentos, agua, madera, fibras y combustibles, que si bien produjeron bienestar a gran cantidad de personas, también son acompañadas por el deterioro de los recursos naturales y pérdida de la biodiversidad. Este deterioro puede manifestarse tanto en la salud de poblaciones humanas, como en la disminución del potencial productivo de plantas, animales, problemas de desertización, aumento en la vulnerabilidad al cambio climático, ente muchos otros ejemplos (Seth y Fowler, 2000; Smith *et al.* 2000; Boutin *et al.* 2003; Gomes-Sal *et al.* 2003; Pinho *et al.* 2006).

Para abordar esta problemática, internacionalmente se ha ido consensuando la necesidad de aplicar una visión holística que permita evaluar el efecto del uso de los sistemas naturales en su propio funcionamiento y productividad. En este contexto, las cuencas hidrográficas son excelentes puntos de partida de esta visión, puesto que el agua es determinante de procesos ecológicos, económicos y sociales y a su vez es afectada por ellos (UNEP, 2004).

Numerosos estudios documentan las relaciones entre uso de la tierra y el estado de los cursos de agua (Allan, 2004), donde los impactos sobre la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos varían de acuerdo al conjunto de factores naturales y socioeconómicos de la cuenca (Calder, 2002). Entre las primeras se incluyen variables como el clima, topografía, estructura del suelo, tipo de vegetación, mientras que el segundo abarca los tipos de uso y prácticas de manejo de las tierras, tanto actuales como pasadas, desarrollo de infraestructura, entre otros. Por ejemplo, el uso agrícola de las tierras degrada los cursos de agua incrementando el ingreso de contaminantes de forma no puntual y alterando el hábitat ripario en su curso y flujo (Allan, 2004). Por otra parte, las áreas urbanas tienen asociadas incrementos en la cantidad y variedad de contaminantes en la escorrentía, una hidrología más errática debido al incremento de la superficie impermeable, aumento en la temperatura por pérdida de vegetación riparia, calentamiento por contacto de superficie expuesta y reducción en la estructura y hábitat del canal debido al ingreso de sedimentos, estabilización de bancos, canalización e interacciones restringidas entre el río y los márgenes de la tierra (Allan, 2004).

Como se mencionó anteriormente, el tipo de vegetación posee un papel clave en la *salud* y funcionamiento de las cuencas hidrográficas. En particular se destaca la vegetación natural por su importante participación en la colecta, retención, almacenamiento y purificación del agua, conservación del suelo, en procesos de ciclado de nutrientes y carbono e influencia en el clima local, además de ser soporte de otros elementos de la biodiversidad (Pinho *et al.* 2006; Smith *et al.* 2000, USDA, 2000).

Debido a que la cuenca del arroyo Las Conchas presenta un importante nivel

de intervención histórico a escala paisaje y a que continúan produciéndose cambios tanto en el sistema natural como antrópico, son esperables repercusiones en el funcionamiento del sistema. En este primer análisis realizaremos una aproximación descriptiva de la cuenca del arroyo de Las Conchas, aplicando técnicas de teledetección y geoprocésamiento. La información generada servirá de base para determinar el estado de salud de la cuenca en el marco de un trabajo mayor, con miras a establecer un modelo aplicable en otras cuencas de la provincia de Entre Ríos.

## Metodología

Para la caracterización de la cuenca, se realizaron tanto tareas de reconocimiento a campo y de laboratorio, como de revisión de bibliografía.

En primer lugar se llevó a cabo la definición de la red hidrográfica, mediante las herramientas de digitalización provistas por el software Spring (Cámara *et al.* 1996), aplicadas sobre composiciones color de imágenes satelitales Landsat 7 ETM y 5 TM, cartas del Instituto Geográfico Militar y trabajo de campo. Posteriormente, la cuenca fue delimitada y dividida en subcuencas mediante técnicas de modelación hidrológica disponibles en la extensión HEC GeoHMS (Doan, 2000) para ArcView Gis. Para ello se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MDE) derivado de datos altimétricos obtenidos por la Shuttle Radar Topographic Misión (SRTM, NASA). Estos datos, así como la metodología empleada constituyen una excelente aproximación para estudios a nivel regional (Moore, 2003; Jarvis *et al.* 2004; Verstraeten, 2006, Barbosa *et al.* 2007; Martins *et al.* 2007).

Con la base cartográfica resultante, se identificaron en campo las principales unidades geológicas sobre las que desarrolla la cuenca. Así por ejemplo se comprobó la distribución de los sedimentos formadores de suelos y los fenómenos de erosión que se aprecian en el sector.

Por otra parte, para identificar y cartografiar las áreas con vegetación natural, se emplearon en forma combinada, métodos de clasificación de tipo rígido, supervisados y no supervisados (Lillesand y Kiefer, 2000; Chuvieco, 2002) sobre imágenes del satélite Landsat 5 TM de septiembre 2006 y abril 2007. Los resultados fueron evaluados a campo mediante la colecta de puntos de control. La cartografía final se obtuvo a partir de la corrección en la asignación de categorías con estos datos y la eliminación de los fragmentos asignados como vegetación natural de superficie menor a 2 ha. En el presente trabajo se consideraron como vegetación natural los sitios no urbanos y no intervenidos para la agricultura o ganadería con pasturas implantadas, involucrando fisonomías vegetales tales como bosques, sabanas, arbustales, pajonales, etc. También se excluyó del análisis el área de los baños de Santa María, en la desembocadura de la cuenca al río Paraná.

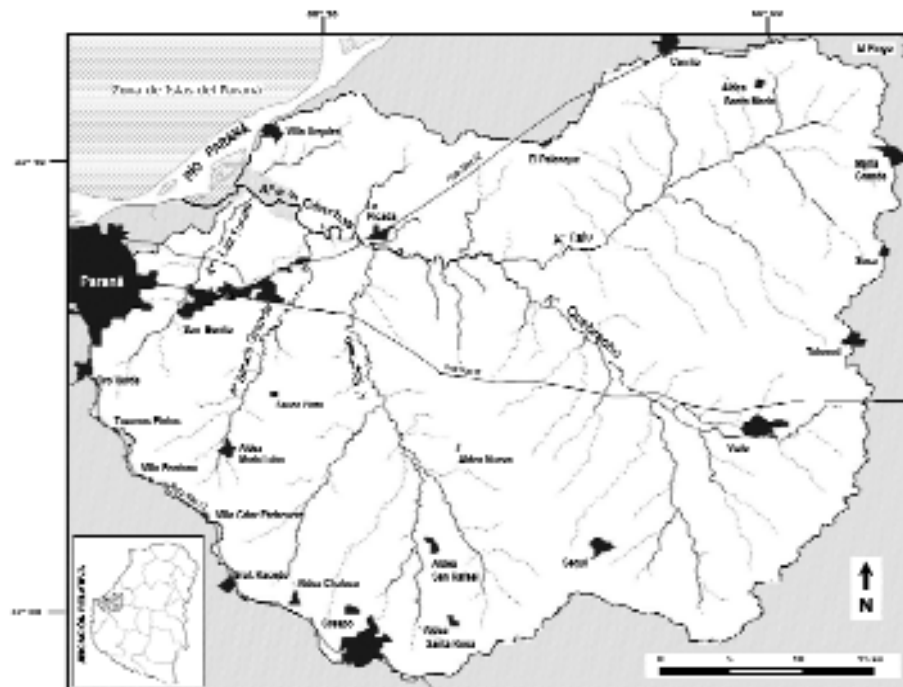
Sobre la base cartográfica anterior, para analizar el grado de cobertura vegetal natural en los márgenes de los cursos de agua, se crearon fajas de 150 metros a cada lado del eje principal de los tributarios del Arroyo Las Conchas. Este arroyo no fue incluido en el cálculo, porque su cauce posee importantes variaciones en su ancho, lo que dificulta la aproximación metodológica mediante imágenes Landsat (con píxel de 30 metros) y la posterior interpretación de resultados. Mediante el empleo del software Spring, se calculó el porcentaje de cobertura superponiendo las áreas definidas dentro de las fajas sobre la superficie de vegetación natural.

## La cuenca

El marco general de, lo que hoy conforma la cuenca del Arroyo Las Conchas, permite suponer que constituye el desarrollo trunco de un antiguo cauce que en los últimos 10.000 años se extendía más al oeste y que ha retrocedido al este por la acción del curso del Río Paraná. Esto permite justificar la existencia de una serie de cursos de agua cuyo diseño es aparentemente como es el caso de red fluvial menor que se encuentra instalado en la ciudad de Paraná (A<sup>a</sup> Las Viejas, La Santiagueña y Antoñico) como asimismo los que se encuentran en el frente de barrancas que se extiende al este de la zona de Aguas Corrientes hasta Núñez.

De esta situación se deriva la idea de que esta cuenca ha sido labrada durante un tiempo considerable lo que le permitió lograr el diseño de una amplia artesa algo asimétrica cuyo eje, el cauce principal, queda desplazado al norte de la misma. Ello implicó que la vertiente norte desarrolle un relieve algo más pronunciado que la del este y del sur. Dicho de otra manera, las cuchillas, que se generan a partir de la erosión fluvial, tengan laderas algo más pronunciadas en posición septentrional; mientras que las otras sean más extendidas.

La superficie total de la cuenca fue determinada en 218.393 ha con un perímetro de 310 km. Dentro, se delimitaron 13 subcuenas relacionadas a cauces de arroyos y cañadas y otras 8 cabeceras asociadas directamente con el cauce del Arroyo de las Conchas (Fig 2). Para las primeras se calcularon parámetros descriptores que están resumidos en la Tabla 1.



**Figura 1:** Área de estudio. Cuenca del Arroyo Las Conchas con indicación de localidades y diseño de la red hídrica

Subcuenca	Superficie (ha)	Perímetro (km)	Largo máx. tramo (km)
I (Las Tunas)	12.722	76,3	23,60
II (Sauce Grande)	17.615	93,1	27,01
III (El Espinillo)	49.300	144	46,50
IV (Cda. Mendizábal)	1.358	26,9	5,61
V	960	20,8	3,79
VI	2.276	35,6	9,77
VII (El Quebracho)	56.048	151	43,40
VIII (El Tala)	55.592	148	35,36
IX (Cda. del Sauce)	4.866	42,6	12,61
X	1.362	22,4	4,86
XI	747	18,2	10,37
XII (Cda. de las Piedras)	3.998	40,5	3,19
XIII (Cda. Bellmann)	4.686	38,1	10,25

**Tabla 1:** Listado de subcuencas y parámetros asociados. Entre paréntesis se detallan el nombre de los cursos asociados.

## Geología

El sector de referencia está geológicamente constituido por una serie de formaciones sedimentarias estratificadas que representan el lapso Terciario (Mioceno-Plioceno) y Cuaternario (Pleistoceno-Holoceno). No siempre son observables las unidades estratigráficas del Terciario (Aceñolaza, 1976), salvo en cortes profundos de cañadas o de los arroyos, especialmente en localidades que se encuentran por debajo de la cota de 35 metros (Aceñolaza y Sayago, 1980). De abajo a arriba son:

*Formación Paraná* (Mioceno): Es una unidad constituida por arcillas, arenas y calizas de origen marino cuyos afloramientos más notorios se encuentran en el pie de las barrancas del Río Paraná, en la ciudad homónima y en la zona de Villa Urquiza. También hay algunos afloramientos en la zona de La Picada y sobre el cauce del Arroyo Tala, aguas abajo del punto conocido como Paso de las Piedras. También hay asomos en las nacientes de Arroyo Espinillo en inmediaciones de Colonia Merou. Esta unidad no tiene expresión geomorfológica ya que constituye la base geológica visible en algunos puntos de la región. Fundamentalmente provee material arenoso a los sedimentos que origina en la cuenca.

*Formación Ituzaingó* (Plioceno): Recubre en discordancia a la formación anterior y está compuesta por arenas fluviales de colores que van desde el blanquecino al amarillento y hasta rojizo. Como la anterior tiene expresión en las barrancas del Paraná y es puesta de manifiesto en algunos cortes producidos por arroyos que van al cauce principal de Las Conchas. Como la anterior provee material arenoso, generalmente de color amarillento o pardo-amarillento, a la cuenca. Dicho material suele cementarse dando lugar a areniscas carbonáticas con buena expresión desde Paso de las Piedras aguas abajo. Tanto una como la anterior contienen en acuífero principal de la zona (Acuífero Ituzaingó-Puelches). En su techo suele disponerse de un banco arcilloso de color verdoso que sirve de capa impermeable para la freática.

*Formación General Alvear* (Pleistoceno): Se dispone discordantemente sobre la anterior y está compuesta por limos pardo-rojizos con un muy alto contenido de cenizas volcánicas. Presenta un tabicado subhorizontal a subvertical de carbonato de calcio, fruto de las oscilaciones de la capa freática. Esta unidad, en gran parte de la región, contiene el nivel de aguas freáticas en razón a que su infiltración está contenida por el banco arcilloso del techo de la formación anterior. Generalmente marca un relieve de corte abrupto, vertical, tanto en las barrancas del Paraná, como asimismo en algunos puntos del interior de la cuenca. El nombre vulgar es el de “brosa” y se explota para mejorar caminos o conformar el subrasante de los mismos.

*Formación Hernandarias* (Pleistoceno): También en discordancia sobre la precedentemente descrita se disponen arcillas verdosas, grises, pardo-rojizas a rojizas, que contienen en su interior abundantes niveles de tosquilla carbonática y, en algunos sectores como en el Espinillo, bancos de yeso. El espesor es variable entre pocos centímetros hasta unos 30 metros en la zona de Cerrito. Representa sedimentos formados en un ambiente lacustre a palustre (pantanos) en el que se depositaban arcillas y material loésico.

*Formación Tezanos Pintos* (Holoceno): Está representada por loess pardo-amarillento que se apoya discordantemente sobre la anterior unidad. Son depósitos eólicos desarrollados bajo condiciones climáticas relativamente áridas. Tiene un aspecto pulverulento, una estructura prismática y constituye la base sobre la que se desarrollan los suelos de la región. El espesor es variable entre centímetros y un par de metros dependiendo ello del paleorelieve en el que se depositó. En su contacto con la Formación Hernandarias, en épocas húmedas, se forma una freática “suspendida” que da lugar a pantanos y pequeños manantiales que son visibles en los bordes de los caminos.

*Rellenos de valles aluviales* (Holoceno-Actual): En general están constituidos por arcillas limos y arenas fruto de la remoción de las formaciones precedentemente descritas. Estos se formaron con posterioridad a la sedimentación de las arcillas de la Formación Hernandarias, en partes son contemporáneas a la Formación Tezanos Pintos, llegando a depositarse hasta la actualidad. Dan lugar a un par de terrazas en el tramo medio e inferior, siendo los mismos cortados por el curso del Arroyo Las Conchas. Los valles aluviales de la cuenca, constituyen formas constructivas en las que se han acumulado sedimentos de granulometría muy variable en el espacio y en el tiempo, pero en la actualidad pueden considerarse como terrenos predominantemente estables, salvo excepciones cuando devienen crecientes extraordinarias que alteran la ubicación del curso o acumulan sedimentos en sectores que hasta entonces no contaban.

Del conjunto de unidades geológicas precedentemente mencionadas, como dato adicional, debe señalarse aspectos que hacen a cuestiones hidrogeológicas tales como la presencia de niveles de freáticas en la interfase Formación Tezanos Pintos/Hernandarias y en la correspondiente a Hernandarias/General Alvear. En el primer caso su desarrollo ocurre en tiempos de elevada pluviosidad generando encharcamientos y vertientes de magnitud variable en los campos de la zona, afectando de esa manera la zona sometida a cultivos. En el segundo, con aguas más profundas (piso a  $\pm$  cota +35) solo se da la existencia de vertientes en los cauces fluviales cuando éstos descubren la base de la unidad General Alvear.

El agua de consumo mediante pozos generalmente proviene de acuíferos que se identifican con las formaciones Paraná e Ituzaingó.

## Suelos

En la región que abarca nuestro estudio podemos señalar la presencia de distintos tipos de suelos (Tasi, 1981). Agrupando a partir del mapa de suelos a escala 1:500.000, se pueden encontrar 5 unidades representadas con diferente importancia en la cuenca: Unidad 1 – Molisoles, Unidad 2 – Vertisoles, Unidad 3 – Alfisoles, Unidad 4 – Entisoles, Unidad 5 - Entisoles e Inceptisoles). La presencia de algunas asociaciones edáficas están condicionadas por la altura topográfica y las superficies geológicas que se ven denudadas (Vouilloud *et al.*, 2006).

Los Molisoles, se ubican en una franja paralela al río Paraná en zonas plano-onduladas con algunas áreas de pendientes pronunciadas. Están compuestos por limos y arcillas originados en el loess depositado durante el Cuaternario. Son los más aptos para el uso agrícola dentro de la provincia con ciertas limitaciones por la presencia de un horizonte B2 textural y el relieve quebrado.

Los Vertisoles, son suelos hidromórficos provenientes de limos y arcillas calcáreos de origen palustre o lacustre que constituyen la Formación Hernandarias. Son de color oscuro a negro, con alto contenido de arcillas expansibles que le confieren su característica “vértica”. Están sobre una planicie ondulada a muy suavemente ondulada (hidromórficos) más frecuentes en la porción NE de la cuenca.

Los Alfisoles son suelos que se ubican en las áreas altas planas a muy suavemente onduladas del centro y centro norte de la provincia. Estos suelos denominados también Planosoles, se encuentran en áreas planas, sin red de drenaje definida, con horizontes superficiales muy someros y lixiviados con un cambio muy abrupto del horizonte subsuperficial. Este es muy denso, oscuro y arcilloso; prácticamente impermeable e impenetrable para las raíces.

Los Entisoles son suelos muy poco evolucionados con propiedades determinadas principalmente por el material original. En el área de estudio se localizan de forma saltuaria como áreas de re-deposición de sedimentos transportados por los arroyos y ríos de la cuenca (ver “rellenos de valles aluviales”). En este sentido se pueden encontrar como suelos arenosos con intercalaciones de limos y por lo general sin la conformación de horizontes edáficos. La desembocadura del Arroyo Las Conchas conforma un área de deposición sedimentaria con sedimentos de variada granulometría y origen, pudiendo incluir depósitos de crecientes extraordinarias del Paraná.

## Vegetación

Al evaluar los antecedentes que incluyen estudios de vegetación original de la cuenca del Arroyo Las Conchas se encuentra, de manera recurrente desde el primer cuarto del siglo pasado, que la misma conforma un límite de dos formaciones: una estepa de gramíneas y una formación boscosa (Kuhn, 1930). Cabrera con posterioridad (1953, 1971 y 1976) las discrimina como dos Provincias fitogeográficas diferentes, si bien por las características de paisaje, ondulado y sin barreras geográficas marcadas, no se puede determinar un límite neto entre ambas unidades. Esto se puede apreciar en un análisis de la cartografía histórica, que en sucesivos mapas posiciona este límite de manera errante. En todos, queda claro que la porción norte de la cuenca posee una mayor dominancia bosques y sabanas asignados a la Provincia Fitogeográfica del Espinal, mientras que

cubriendo la porción Sur, se encuentra la pradera de gramíneas la Provincia Pampeana (Cabrera, 1976).

Del análisis realizado para el presente trabajo, podemos distinguir para el área de estudio 3 unidades fitogeográficas (Aceñolaza y Manghesi, 1993). Dos de ellas cubren gran parte de las tierras altas de la cuenca: la asociación de fisonomías y formaciones del Distrito del Ñandubay (dentro de la Provincia Fitogeográfica del Espinal), y el Pastizal Pampeano (Cabrera, 1976). La tercera unidad posee un muy escaso desarrollo espacial dentro de la cuenca y corresponde a los bosques de barranca asociados al río Paraná.

En el paisaje dominado por las unidades del Distrito del Ñandubay se pueden encontrar como parches de bosques más o menos cerrados, de diferente altura y densidad, con presencia de Ñandubay (*Prosopis affinis*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*), espinillo (*Acacia caven*), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*) y ombú (*Phytolacca dioica*). Hacia las partes bajas y más cercanas a cursos de agua permanente o temporarios, suelen encontrarse acompañando guaraniná (*Sideroxylon obtusifolius*), tembetarí (*Fagara hymenalis*), guayabo (*Myrcianthes cisplatensis*), curupí (*Sapium haemospermum*), caranday (*Trithrinax campestris*) y virajú (*Achatocarpus praecox*). Pueden encontrarse asimismo situaciones sucesionales dominadas por espinillares de *Acacia caven*, arbustales de *Eupatorium* spp. o chiclales (*Baccharis* spp.) (Aceñolaza, 2000).

La otra unidad fitogeográfica, el Pastizal Pampeano (Cabrera, 1976), corresponde a una estepa de gramíneas con dominancia de pastos especialmente de las tribus Estípeas, Poeas y Eragrósteas. Las Clorídeas y Paníceas y Andropogóneas están representadas por menor número de especies, pero sus individuos pueden ser localmente abundantes. El “flechillar” constituye la comunidad característica de los campos altos, con *Stipa neesiana*, *S. hyalina* y *S. papposa* entre otras especies. Son abundantes *Briza subaristata* (lágrimas), *Melica macra* (espartillo de la vía, indicadora de disturbio), *Piptochaetium stipoides*, *Aristida* spp., *Paspalum notatum* (pasto horqueta), *Paspalum dilatatum* (pasto miel), *Schizachyrium microstachyum* etc. y numerosas especies herbáceas no graminiformes, como *Polygala linoides*, varias especies de *Oxalis* y de *Conyza*. Pueden encontrarse arbustales de *Baccharis coridifolia* (mio mio), *Baccharis articulata* (carquejilla), *Baccharis notoserigila*, *Eupatorium buniifolium* (chilca) y *Heimia salicifolia* (quebra arado), entre otras.

La tercera y última unidad es la correspondiente a los bosques de barranca asociados al río Paraná. Estos bosques poseen una distribución restringida a la porción final del arroyo de Las Conchas, en su desembocadura al río Paraná (Santa María). Posee una composición donde se encuentran especies propias del Espinal (*P. nigra*, *P. dioica*, *A. quebracho-blanco*) y otras asociadas a los cursos de agua del Espinal, o al corredor generado por el río Paraná (*Eugenia uniflora*, *Coccoloba argentinensis*, *Myrsine laetevirens*, *Rupretchia laxiflora*, *Nectandra angustifolia*, *Erythrina crista-galli*, *Hexaclamys edulis*).

### Situación actual de la vegetación natural

La cuenca del Arroyo Las Conchas constituye una de las primeras áreas de colonización regional. A lo largo del tiempo, el uso de la tierra fue cambiando de mayoritariamente ganadero durante el siglo XIX, hacia uno agrícola/ganadero durante el siglo pasado que en los últimos tiempos manifiesta un aumento del uso agrícola. Por lo tanto, la vegetación actual debe ser analizada en este contexto.

En este sentido, Muñoz *et al.* (2005) plantea la problemática de la pérdida de

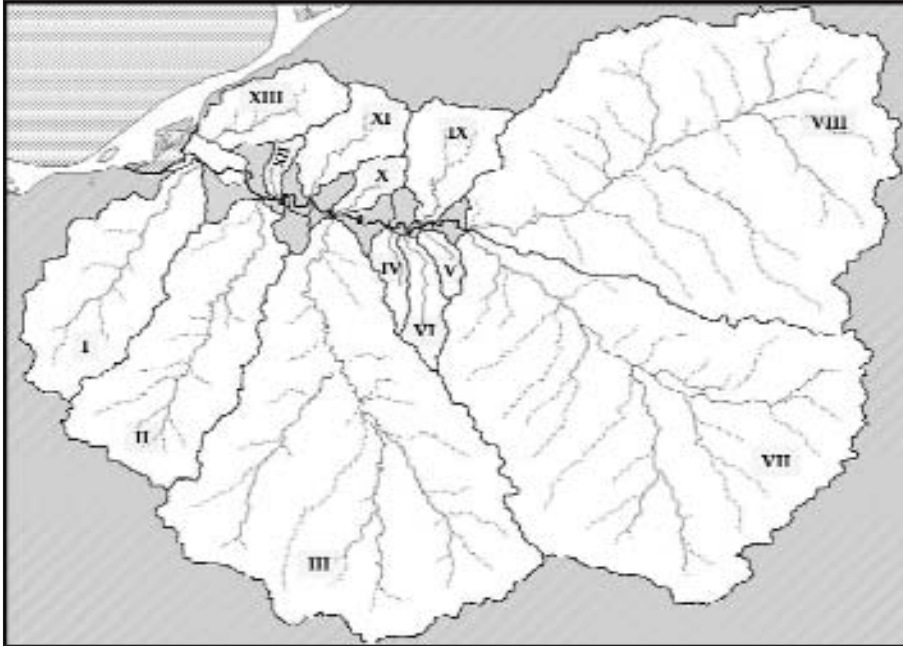


las masas boscosas en la Provincia de Entre Ríos. El uso del área, no solo produjo cambios asociados a la fragmentación y disminución de las superficies continuas forestadas, sino que originó parches con diferentes grados de degradación (Aceñolaza, 2000). Los bosques son utilizados como áreas de pastoreo extensivo y han sido objeto de la extracción selectiva de maderas para aserrado (*Prosopis nigra*), para postes (*Prosopis affinis*) o leña (*P. affinis*, *P. nigra*, *A. caven*, etc.) (Roskopf *et al.*, 2007). Esto produjo en parte del área una tendencia hacia la conversión del paisaje de bosque a parque, es decir con árboles dispersos en una matriz herbáceo/arbustiva continua, sobre todo en las áreas que conservaron el uso ganadero. Por otra parte, el pastizal pampeano también ha sido alterado por el avance de las actividades agrícolas, correspondiendo mayormente a la porción centro sur de la cuenca sobre su posición media. Sobre el pastizal, la ganadería extensiva también impactó sobre su composición y estructura original, ya que su uso se basó en el manejo de campos naturales con intersembrado de gramíneas y leguminosas forrajeras o su total reemplazo por pasturas implantadas.

Por último, la zona de barrancas, presenta uso ganadero de baja carga y esporádico, que determina cierto grado de alteración.

En los procesos de degradación del bosque nativo están presentes especies arbóreas exóticas, las cuales tienen alta constancia en toda la cuenca y pueden presentarse como localmente importantes invadiendo grandes áreas. Ya desde la segunda mitad del siglo pasado, el paraíso (*Melia azederach*) fue colonizando bordes de caminos y campos abandonados, a lo que con posterioridad se le sumó la mora (*Morus alba*), el siempre verde (*Ligustrum lucidum*), la acacia negra (*Gleditsia triacanthos*), la higuera (*Broussonetia papyrifera*) y más recientemente la ligustrina (*Ligustrum sinense*) y el árbol del pan (*Maclura pomifera*). Cada una de estas especies posee particularidades de dispersión y colonización que permiten caracterizar su distribución. Así el paraíso es frecuente como invasora de bordes de caminos secundarios en la porción centro norte de la cuenca, siendo más frecuente la aparición de *Bauhinia forficata*, *Robinia pseudoacacia* o *Manihot flabellifolia* en la porción sur de la misma. *Morus alba* es una especie de amplia distribución que por las características de su distribución ornitócora fue invadiendo gran parte de las fisonomías boscosas. En los bosques asociados a bordes de arroyos y barrancas pueden encontrarse tanto esta especie como *Ligustrum lucidum*. Gran parte de las casas abandonadas en el área rural, fueron invadidas por *Broussonetia papyrifera*, *Ligustrum lucidum* y/o paraíso, mientras que existe un núcleo importante de *Gleditsia triacanthos* asociado a la porción baja del Arroyo Las Conchas. Esta última especie está invadiendo bajos, bordes de caminos y alambrados por toda la cuenca.

De la interpretación y clasificación de las imágenes satelitales, se estimó que sólo el 12,71% de la superficie total la cuenca corresponde a cobertura vegetal natural (tierra no cultivada). En esta categoría se desatacan bloques de vegetación en la cabecera del Arroyo El Tala (en cercanías de María Grande), en el tramo medio del arroyo Las Conchas, correspondientes al área natural protegida "Parque General San Martín" (próximo a La Picada) y en la desembocadura de la cuenca en el Río Paraná (Fig. 1). El resto de los remanentes, corresponden en general a pequeños y dispersos fragmentos, principalmente asociados a los márgenes de cursos de agua y cabeceras de cuencas.



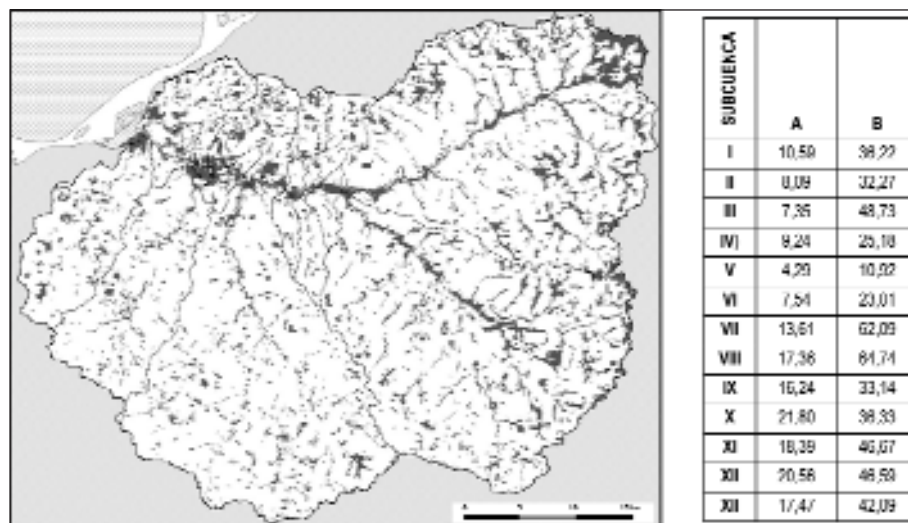
**Figura 2:** Subcuencas delimitadas. El área central sombreada corresponde a cabeceras asociadas directamente al Arroyo de Las Conchas.

Las estimaciones por subcuenca, determinaron las mayores proporciones de cobertura vegetal natural en la subcuenca **X** con 21,80% y la **XII** con 20,56. El primer caso se explica por su relativa pequeña superficie (1.358 ha) y la presencia de un único fragmento de remanentes de espinillos (*Acacia caven*) y ñandubay (*Prosopis affinis*) correspondiente a una explotación ganadera. Por otra parte, el análisis del porcentaje de cobertura de vegetación riparia definida dentro de los 150 metros a cada lado del curso de agua reveló valores menores al 50%, con excepciones de las subcuencas **VII** y la **VIII** (Fig. 3).

## Conclusiones

La baja superficie cubierta con vegetación natural producto de su conversión principalmente hacia tierras para explotaciones agrícolas y ganaderas, puede tomarse como un primer indicador de baja calidad ambiental.

En toda la cuenca fueron identificados tres sitios con vegetación natural importante en cuanto a superficie y continuidad. Mientras que uno se encuentra dentro de un área natural protegida, en los otros sería importante medir su valor para la conservación de la biodiversidad y derivar acciones de manejo que eviten su pérdida o degradación. El resto de los remanentes de vegetación natural son pequeños a medianos fragmentos, dispersos o asociados a las márgenes de cabeceras y cursos de agua. En este sentido, el bajo porcentaje de cobertura vegetal natural detectado para las áreas de ribera demuestra una alta vulnerabilidad a procesos erosivos. El avance sobre esta vegetación, además de exponer en potencial riesgo incluso a las mismas actividades agropecuarias por pérdida de suelo, es un factor de alto impacto sobre la flora y fauna local.



**Figura 3:** Distribución de la vegetación natural. A: porcentaje de vegetación natural sobre el total de la superficie de la subcuenca. B: porcentaje de superficie con vegetación natural dentro de faja de 150 a los lados del curso de agua. (Nombre de las subcuencas en Tabla 1).

La situación descrita, sumada a la heterogeneidad en la composición florística y estructural de los remanentes de vegetación natural así como su distribución espacial, hacen suponer una correlativa variación en su influencia sobre el funcionamiento de la cuenca. Próximos estudios deberán analizar en detalle las relaciones entre estos factores, incluyendo también variables relacionadas con los asentamientos poblacionales, actividades industriales, infraestructura, etc, con el objetivo de guiar tareas de conservación y de restauración de ambientes naturales para la preservación del recurso hídrico.

#### Agradecimientos:

A la Dirección General de Ciencia y Técnica de la Provincia de Entre Ríos (DIGeCyT) y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) por la sesión de las imágenes. Parcialmente financiado por PICT-ANPCyT 11928, PIDA-UADER 625/07 y PID-CONICET 6374.

#### Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. 1976. Consideraciones bioestratigráficas sobre el Terciario Marino de Paraná y alrededores. *Acta Geológica lilloana* XIII (2): 91-108.
- Aceñolaza, F.G. y Sayago, J. 1980. Análisis preliminar sobre la estratigrafía, morfodinámica y morfogénesis de la región de Villa Urquiza, provincia de Entre Ríos. *Acta Geológica lilloana*, 15 (2) 139- 154. Tucumán.
- Aceñolaza, P. G. 2000. Variabilidad estructural de una comunidad forestal sobre suelos vérticos de la provincia de Entre Ríos. *Revista Facultad de Agronomía* 20 (1): 123 - 130. BsAs
- Aceñolaza, P. y Manghesi, E. 1993. Flora arbórea de la zona de Villa Urquiza, Distrito Tala, Departamento Paraná, Entre Ríos. Ed. Fund. Col. Las Conchas. 122 pp.
- Allan, D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annu. Review Ecology, Evolution and Systematic* 35: 257-284.
- Barbosa, F., Silva, M., Teixeira, A., do Prado, A., Warren, M. y Ribeiro, R. 2007. Delimitação de ottobacias a

- partir de modelo digital de elevación hidrológicamente consistente para a bacia do Verde Grande. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Brasil, INPE. p. 3271-3278.
- Boutin, C., Jobin, B. y Bélanger, L. 2003. Importance of riparian habitats to flora conservation in farming landscapes of southern Québec, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94: 73-87.
- Cabrera, A.L. 1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. *Revista del Museo de La Plata* 8: 87-168.
- Cabrera, A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42.
- Cabrera, A.L. 1976. *Regiones fitogeográficas Argentinas*. Enc. Arg. De Agric. y Jard. 2da. Ed. Editorial ACME. 85 pp.
- Calder, I. 2002. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos. En: *Relaciones tierra-agua en cuencas hidrográficas rurales*. FAO. Roma. 102 pp.
- Câmara G., Souza R., Freitas U. y Garrido J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*. 20 (3): 395-403.
- Cammerat, E. 2004. Scale dependent thresholds in hydrological and erosion response of a semi-arid catchment in southeast Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 317-332.
- Chuvieco, E. 2002. *Fundamentos de Teledetección ambiental*. Ed. Ariel Ciencia. Madrid. 584p.
- Doan, J. *Geospatial Hydrologic Modeling Extension, HEC-GeoHMS Users Manual*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Gomes-Sal, A., Belmontes, J. y Nicolau, J. 2003. Assessing landscape values: a proposal for multidimensional conceptual model. *Ecological modelling* 168: 319-341.
- Jarvis, A., Rubiano, J., Nelson, A., Farrow, A. y Mulligan M. 2004. *Practical use of SRTM data in the tropics: Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 32p.
- Kuhn, F. 1930. *Geografía de la Argentina*. 1era. Ed. Edit. Labor, 417 pp.
- Lillesand, T. M. y Kiefer, R. W. 2000. *Remote sensing and image interpretation*. Jonh Wiley & Sons. New York. 724p.
- Millenium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press. Washington DC. 155p.
- Martins, E., Martins, P., da Costa, F y Alves, P. G. 2007. Extração automatizada e caracterização da rede de drenagem e das bacias hidrográficas do nordeste do Pará ao noroeste do Maranhão a partir de imagens SRTM. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Brasil-INPE. p. 6827-6834.
- Moore, F. 2003. Comparación de dos modelos digitales de elevación construidos a partir de dos fuentes diferentes (SRTM e IGM). <http://www.inta.gov.ar/mjuarez/info/documentos/Agprecis/comp03res.htm>. Acceso en Marzo 2007.
- Muñoz, J. de D., Milera, S., Romero, C. y Brizuela, A. 2005. Bosques Nativos y selvas ribereñas en la Provincia de Entre Ríos. *INSUGEO, Serie Miscelanea* 14: 169-183.
- NASA/JPL SRTM: <http://www.jpl.nasa.gov/srtm>. Acceso en junio de 2007.
- Pinho, A., de Matos A., da Costa, L.; Morris, L. y Martinez, M. 2006. Modelagem da retenção de herbicidas em zonas ripárias. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10 (4): 896-902.
- Seth, J. y Fowler, L. 2000. *Protecting Streams and corridors. Creating effective local riparian buffers ordinances*. Carl Vinson Institute of Government. University of Georgia. 79p.
- Smith, P, Wilson, B, Nadolny, C. y Lang, D. 2000. *The ecological role of the native vegetation of New South Wales*. Native Vegetation Advisory Council of New South Wales, Background Paper Number 2. NVAC, Sydney. 60p.
- Roskopf, R., Riegelhaupt, E., Aceñolaza, P. y Rosenberger, J. 2007. *Patrón local de uso para combustibles de madera en una localidad rural entrerriana*. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Actas. 10 pp.
- Tasi, H. 1981. Suelos de la Provincia de Entre Ríos a Nivel de Orden. *Publicación Técnica N° 5 de la EEA del INTA Paraná*. 8 pp.
- UNEP. 2004. *Integrated Watershed Management. Ecology & Phytotechnology*. Zalewski, M e I Wagner-Lotkowska. (Eds). 246p.
- USDA. 2000. *Conservation buffer to reduce pesticide losses*. Natural Resources Conservation Service. 25pp.
- Verstraeten, G. 2006. Regional scale modeling of hillslope sediment delivery with SRTM elevation data. *Geomorphology* 81: 128-140.
- Vouilloud, F., Aceñolaza, P., Rosenberger, J. y Brizuela, A. 2006. Los sistemas de información geográfica como herramienta de delimitación de áreas forestales potenciales en el Oeste de Entre Ríos. Actas XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos. 6pp.

Recibido: 15 de septiembre de 2007  
Aprobado: 25 de noviembre de 2007