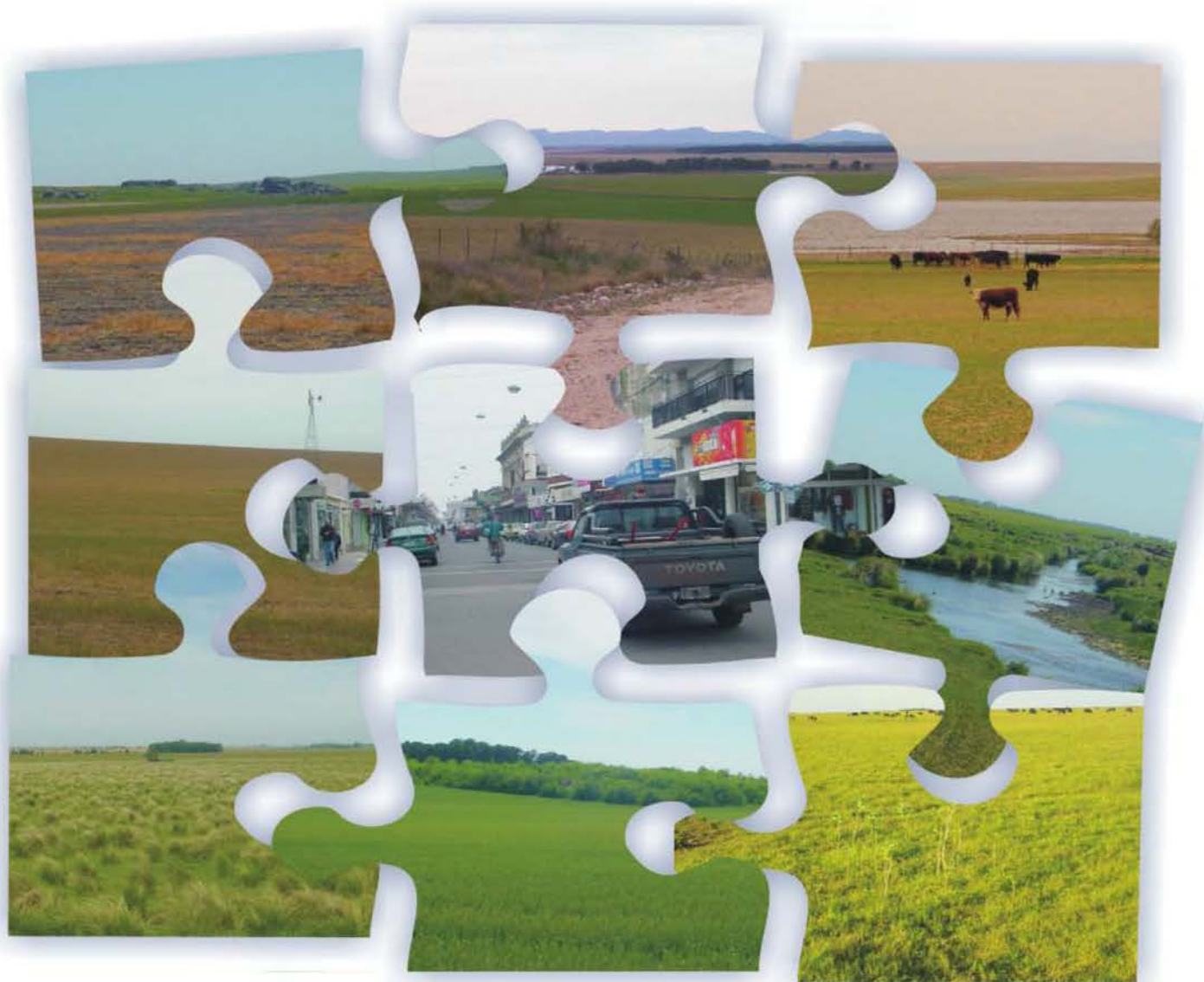


# LOS PAISAJES DE LA CUENCA del arroyo del Azul



**ihlla**  
Instituto de Hidrología de Llanuras  
*Dr. Eduardo Jorge Usunoff*



**Editoras**  
Ilda Entraigas  
Natalia Vercelli



# **Los paisajes de la cuenca del arroyo del Azul**



Ilda Entraigas - Natalia Vercelli  
Editoras

# Los paisajes de la cuenca del arroyo del Azul



EDITORIAL MARTIN

**Todos los derechos reservados. Permitida la reproducción total o parcial siempre que se nombre la fuente.**

**IMPRESO EN ARGENTINA**

**EDITORIAL MARTIN .- 2013**

**ISBN: 978-987-543-630-5**

**Se terminó de imprimir en los talleres gráficos de Editorial Martin sitos en calle Catamarca 3002 de la ciudad de Mar del Plata, en septiembre de 2013**

*En la llanura, por un arroyo y un cañadón  
sobreandan, como flores acuáticas,  
los ecos de una tribu.*

Hamlet Lima Quintana  
“La breve palabra”

Dedicado a quienes poseen  
la más sagrada de las vocaciones...



## Autores

***Ilda Entraigas.*** Doctora en Ciencias Naturales (UNLP). Magíster en Investigación Biológica Aplicada con Especialización en las Ciencias Agropecuarias (UNCPBA). Licenciada en Biología, orientación Ecología (UNLP). Investigadora del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”. Profesora Adjunta de Metodología de la Investigación y de Ecología General, y docente y miembro del Consejo de Gestión de la Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

***Natalia Vercelli.*** Profesora en Ciencias Biológicas (UNCPBA). Becaria de Estudio de la CIC con lugar de trabajo en el Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”. Ayudante de Primera de Botánica II y de Botánica Agrícola II (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

***Valeria Migueltoarena.*** Profesora en Ciencias Biológicas (UNCPBA). Becaria de Perfeccionamiento de la CIC con lugar de trabajo en el Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”. Ayudante de Primera de Ecología General (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

***Juan Argañaraz.*** Licenciado en Ecología y Conservación del Ambiente (UNSE). Becario de Doctorado del CONICET con lugar de trabajo en el Instituto de Diversidad y Ecología Animal (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC).

***Laura Chaito.*** Licenciada en Ciencias de la Educación (UBA). Profesora de Enseñanza Media y Superior en Ciencias de la Educación (UBA). Especialista en Formación de Formadores (UBA). Especialista en Nuevas Tecnologías, Multimedia y Educación (Universidad Autónoma de Barcelona). Asesora pedagógica y Profesora Titular de Asignaturas Pedagógicas en el Conservatorio Superior de Música “Manuel de Falla”, el Conservatorio Superior de Música de la Ciudad de Buenos Aires “Astor Piazzolla” y la Escuela Metropolitana de Arte Dramático.

## Lectores críticos

*Leandro Althaus.* Doctor en Astronomía (UNLP). Licenciado en Astronomía (UNLP). Profesor Asociado de Interiores Estelares (Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP). Investigador Principal del CONICET.

*María Guadalupe Ares.* Ingeniera Agrónoma (UNCPBA). Magíster en Ciencias del Suelo (UBA). Becaria de Doctorado del CONICET con lugar de trabajo en el Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”. Jefe de Trabajos Prácticos de Conservación y Manejo de Suelos (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

*Patricia S. Chaito.* Ingeniera Agrónoma (UBA). Directora del Centro de Educación Agraria N° 7 de Olavarría.

*Horacio A. de Dominicis.* Ingeniero Agrónomo (UNLP). Especialista en Gestión de la Cadena de Valor de la Carne Bovina (UBA-UNLZ). Profesor Adjunto de Producción Agropecuaria II, Bovinos para Carne y Leche, Introducción a la Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Materia Prima Agroindustrial y Tecnología de los Productos de Origen Animal (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

*Marcelo L. Gandini.* Doctor con orientación en Ciencias Biológicas (UBA). Licenciado en Ciencias Biológicas (UBA). Director de la Maestría en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica y del Laboratorio de Investigación y Servicios en Teledetección, y Profesor Adjunto de Ecología General y Agroecología (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

*Fabián Grosman.* Magíster en Gestión Ambiental (UNMDP). Licenciado en Biología, orientación Zoología (UNLP). Subdirector del Instituto Multidisciplinario sobre Ecosistemas y Desarrollo Sustentable (UNCPBA). Profesor Adjunto de Zoología I y II (Facultad de Agronomía de la UNCPBA) y de Producción Ictícola (Facultad de Ciencias Veterinarias de la UNCPBA).

*Bruno Lara.* Profesor en Ciencias Biológicas (UNCPBA). Becario de Estudio de la CIC con lugar de trabajo en el Laboratorio de Investigación y Servicios en Teledetección, y Ayudante de Primera de Ecología General (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

*Juan Pablo Nemoz.* Ingeniero Agrónomo (UNCPBA). Integrante de la Agencia de Extensión Rural de Azul (INTA).

*Ana Beatriz Quiroga.* Licenciada en Enseñanza de las Ciencias Naturales con especialidad en Biología (UNCPBA). Profesora de Ciencias Naturales (ISFD N° 22 “Adolfo Alsina”, Olavarría).

*Raúl Rivas.* Doctor en Física (Universidad de Valencia). Licenciado en Geología (UNLPam). Investigador Independiente de la CIC y Vice-director del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”. Integrante del Directorio de la CIC.

*Lorena Rodríguez.* Profesora en Ciencias Biológicas (UNCPBA). Magíster en Ecohidrología (UNLP). Ayudante de Primera de Zoología I y Problemática Ambiental (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

*Rosa Scaramuzzino.* Ingeniera Agrónoma (UNCPBA). Jefa de Trabajos Prácticos de Botánica Agrícola II y de Malezas (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

*Marcelo Varni.* Doctor en Ingeniería (UNR). Master en Hidrología Subterránea (Universidad Politécnica de Cataluña). Ingeniero Hidráulico (UNLP). Investigador del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”. Profesor Adjunto de Recursos Hídricos (Facultad de Ciencias Humanas de la UNCPBA).

## Agradecimientos

A los integrantes del Consejo Asesor de Desarrollo Educativo Superior de Azul (CADES) por financiar la publicación del presente libro. A los Dres. Luis Vives y Raúl Rivas, director y vice-director respectivamente del Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”, por apoyar esta actividad de extensión y difusión dentro del marco del proyecto institucional. A los investigadores y técnicos del IHLLA que nos han estimulado en el proceso de escritura y, particularmente a Enrique Queupán, Joaquín Rodríguez y Matías Silicani por acompañarnos en cada salida a campo, y a Fátima Altolaguirre, Natalia De Líbano y Daniel Arias por ayudarnos con cada determinación química. A Sergio Chiramberro y Nicolás Carretero que aceptaron la invitación al análisis de la vegetación. A Pablo Weinzettel, Mauro Holzman y Martín Mazza que cedieron generosamente sus fotos (Figuras 7; 12, 15 y 16; y 18, respectivamente). A los Ing. Agrs. Carlos D’Alfonso y Rosa Scaramuzzino de la Facultad de Agronomía que asistieron en la determinación botánica de numerosas especies. A Lucía y María Agustina Lapenda que ayudaron en el procesamiento digital de algunas figuras. A los lectores críticos que enriquecieron el texto con sus valiosos comentarios y a los que nos ofrecieron sus comunicaciones personales. A los productores agropecuarios que nos abrieron las tranqueras para que sus tierras sirvan como laboratorios naturales de nuestras investigaciones.

## Estructura del libro

Con la intención de facilitar su lectura, el presente texto ha sido organizado en 8 capítulos, de la siguiente manera: el primero, *“Introducción”*, tiene el espíritu de dar a conocer los motivos que llevaron a su escritura, como así también la perspectiva paradigmática adoptada y una descripción general de la cuenca del arroyo del Azul. El segundo capítulo, *“El arroyo del Azul”*, está dedicado al eje organizador de la cuenca; en él se describen el comportamiento hidrológico y las principales comunidades biológicas que lo habitan. El tercero, *“La ciudad de Azul”*, involucra al paisaje urbano de mayores dimensiones de la cuenca; allí se describen sus principales características, sus servicios, su arbolado público, su fauna cotidiana y esporádica, y la manera en que se lucha para hacer frente a las periódicas inundaciones que sufre. El cuarto capítulo, *“Paisajes serranos y periserranos”*, contempla a los relictos de pastizales naturales y a los cultivos agrícolas de la cuenca alta, haciendo especial hincapié en las comunidades vegetales y su fauna asociada. El quinto, *“Paisajes de llanura”*, describe a los pastizales, pajonales, cubetas de deflación y dunas que se desarrollan en la cuenca baja; en cada uno de esos ambientes se detallan las comunidades vegetales, su fauna, algunos aspectos de la naturaleza de sus suelos y el uso al que están destinadas las tierras. El sexto capítulo, *“El mosaico de paisajes”*, narra la conformación del damero paisajístico de la cuenca, su probable origen y la interrelación entre los distintos elementos que lo integran. El séptimo, *“Los paisajes de la cuenca al aula”*, contiene la propuesta pedagógica para la enseñanza de los paisajes regionales, acompañándola de un marco conceptual y algunas orientaciones para el docente. El último capítulo, *“Consideraciones finales”*, contiene reflexiones sobre la distancia que existe entre lo que a menudo ocurre en el aula y lo que todo docente sueña con que sucediera... Finalmente, el apartado de la *bibliografía* contempla el detalle de todos los textos y documentos citados en el cuerpo del libro, es decir, artículos de revistas científicas, trabajos publicados en actas de congresos, tesis de grado y de postgrado, informes técnicos, investigaciones escolares, etc.

En caso de necesitar profundizar el significado de términos específicos, se sugiere visitar alguno de los siguientes sitios de Internet que contienen diccionarios/glosarios disciplinares:

- Diccionario de Términos Biológicos  
[http://biociencias7.files.wordpress.com/2010/12/diccionario\\_akal\\_de\\_terminos\\_biologicos.pdf](http://biociencias7.files.wordpress.com/2010/12/diccionario_akal_de_terminos_biologicos.pdf)
- Diccionario de Biología  
<http://www.bioscripts.net/biodic/index.php?go=f&pagina=3&lang=es>
- Diccionario de Ecología  
<http://ecomedio.com.ar/inicio/articulos/27-eco-mundo/51-diccionario>
- Glosario Internacional de Hidrología  
<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/aglu.htm>
- Glosario Internacional de Hidrogeología  
<http://static.lexicool.com/dictionary/RU1FY112539.pdf>
- Glosario Geológico  
[http://www.icog.es/\\_portal/glosario/sp\\_search.asp](http://www.icog.es/_portal/glosario/sp_search.asp)

## Prólogo

En un mundo en que cada uno pasa por la vida sin ver qué es lo que tiene alrededor, un grupo de personas transmiten a su comunidad los conocimientos acerca del estado y dinámica del paisaje en que viven.

En una época en que los científicos se apropian del conocimiento encerrándose en su círculo disciplinar, un grupo interdisciplinario de investigadores no sólo comparten sus saberes entre sí, sino que están dispuestos a difundir un patrimonio intelectual que debería ser común a todos y no lo es tanto como uno desearía.

En un sistema en que la enseñanza de la ciencia en los colegios se limita a repetir conceptos y definiciones muchas veces incomprensibles para los estudiantes, una ventana se abre para dejar pasar no sólo conocimientos sino modos de pensar e integrar observaciones en torno a un objeto de estudio complejo, como lo es el paisaje.

Los tres hechos antes mencionados confluyen en la pequeña y profunda obra “Los paisajes de la cuenca del arroyo Azul”, en la cual los autores liderados por la Dra. Ilda Entraigas, han logrado volcar datos, información y conocimientos a un nivel asequible para el lego sin perder rigurosidad. Quizás el logro se deba, al menos en parte, a la actividad en equipo de profesionales que comparten intereses científico-técnicos y en enseñanza de las ciencias, con apoyo de organismos públicos, demostrando una vez más las ventajas del trabajo transdisciplinario; esto es, con el aporte mancomunado de la ciencia, la docencia y la gestión. Los participantes han comprendido la importancia de una interacción activa basada en el conocimiento de las interacciones entre los individuos y el medio natural y social en que se encuentran inmersos, para beneficio de la sustentabilidad del sistema ecológico-social. No se quedan con la comprensión, sino que la convierten en acción a través de un libro que reúne todas las condiciones para lograr el propósito de extensión y difusión propuesto. Su lectura es amena, a pesar de incluir conceptos científicos y técnicos complejos. Las descripciones son sencillas pero no simplificadas y los autores brindan la bibliografía para que aquel que lo desee pueda profundizar en los temas.

La estructura del texto es coherente y lógica, partiendo de conocimientos básicos requeridos para la comprensión de la estructura

y funcionamiento de los paisajes y sus elementos. Los primeros cinco capítulos se presentan en una secuencia de escalas decrecientes; esto es, se describen espacios cada vez menos extensos con mayor detalle. Así, el capítulo 1 describe a escala amplia de las características físico-bióticas y usos de la tierra del área de estudio, destacando el contexto de su ubicación, su origen geológico, su naturaleza plana hacia el Norte y serrana hacia el Sur, su clima y los suelos, y las consecuencias de estos factores sobre la cobertura natural y los usos de la tierra. Se resaltan las diferencias espaciales entre Norte y Sur de la cuenca, ocasionadas por la concentración de cultivos en el sector plano, diferencias que son visibles en las imágenes satelitales. En el capítulo siguiente la escala de análisis es el arroyo Azul; se detallan las características superficiales del drenaje y la dinámica hidrológica del arroyo y su influencia sobre la enorme diversidad de comunidades vegetales y animales, en especial aquellas que se asocian a las diferencias topográficas y los cambios hídricos espaciales y estacionales. En los tres capítulos siguientes se baja la escala y se incrementa aún más el detalle al tratar la ciudad de Azul, los paisajes serranos y periserranos y los paisajes de llanura. En cada caso se describen las características resaltantes y particulares de cada sitio, detallando la fisonomía de cada elemento natural o humanizado, en cada tipo de paisaje, y las especies vegetales y animales presentes en cada elemento. Por ejemplo, en la ciudad de Azul se destacan las áreas verdes urbanas, las especies exóticas presentes y los relictos de coberturas naturales. En los paisajes serranos y periserranos se describen los elementos naturales y los cultivos. En los paisajes de llanura, se enfatiza la heterogeneidad espacial causada por diferencias topográficas; los pastizales naturales y su alta heterogeneidad espacial asociada a las propiedades de los suelos y temporal según el grado de anegamiento, y los pajonales y su heterogeneidad espacial actual debida a la actividad humana y a la topografía. Cabe destacar que estos capítulos no se limitan a descripciones detalladas, sino que en cada uno de ellos se analizan las causas y consecuencias de los problemas ambientales particulares, se dan algunas pautas para su mitigación, y se describen las acciones tomadas por el Instituto de Hidrología de Llanuras para su mejor comprensión. Por ejemplo, en el arroyo Azul se discuten los temas vinculados a la contaminación del agua; en la ciudad de Azul se analizan las inundaciones; en los paisajes serranos y periserranos se describe el impacto de la intensificación y expansión de los cultivos de grano sobre otros tipos de producción, sobre el medio natural y sobre la sustentabilidad al nivel regional; en

los paisajes de llanura se describen los cambios históricos en la extensión y propiedades del pajonal a causa de la actividad ganadera. El enfoque muestra que las descripciones no son un mero ejercicio intelectual, sino que constituyen el soporte que permite explicar la dinámica de los ecosistemas y el establecimiento de los diversos tipos de uso de la tierra, y el marco para la planificación y gestión del manejo sustentable de los recursos.

En concordancia con uno de los paradigmas de la ecología de paisajes, que establece que el sistema sociedad-naturaleza debe ser descompuesto para entender sus partes y luego recompuesto para identificar las relaciones entre ellas (Opdam, 2007)<sup>1</sup>, el aspecto técnico-científico de la obra termina con el capítulo “El mosaico de paisajes”, en el cual los autores vuelven a la escala más amplia, pero ahora con el conocimiento de detalle que les permite comprender el origen y la dinámica actual del área de estudio, y comprobar que toda la cuenca es un sistema ambiental complejo que puede ser modificado por acciones puntuales localizadas en el espacio o en el tiempo. Este capítulo de síntesis es un ejemplo de integración de conceptos, procesos y escalas espaciales y temporales.

La intención de los autores queda plasmada en los dos últimos capítulos, en los cuales resaltan la importancia de promover una actitud activa y crítica, y las oportunidades que brinda la ciencia para practicar esta actitud. Sobre la base de los temas presentados en los primeros seis capítulos, proponen una serie de ejercicios en que los participantes no sólo podrán describir su entorno sino también explicar su dinámica, entender las razones de los diversos impactos de las actividades humanas en relación a la naturaleza del mosaico intervenido y hasta elaborar sus propias críticas y propuestas de manejo de recursos. No se trata sólo de un intento de enseñanza de las ciencias sino también de estimular la capacidad crítica para la aplicación de los conocimientos.

La obra tiene otros aspectos destacables y nada usuales entre las producciones científicas de nuestra época. Entre ellos, incorpora la experiencia de “amantes de la naturaleza” y observaciones de gente que trabaja en el campo, respetando este saber popular, el cual muy

---

<sup>1</sup>Opdam, P. 2007. Deconstructing and reassembling the landscape system. *Landscape Ecology* 22:1445-1446. DOI10.1007/s10980-007-9169-4

frecuentemente motiva la investigación científica. Otro aspecto a destacar es la atención puesta en el pasado; ante la situación actual de intenso y extenso cambio global, el conocimiento del estado y funcionamiento del sistema sociedad-naturaleza desde el Cuaternario, los cambios del sistema natural y las sucesivas estrategias de ocupación de la tierra durante el Holoceno, constituyen herramientas dilucidadoras para la planificación y gestión a futuro.

Después de leer esta obra nadie podrá decir que toda la pampa deprimida es un gran pastizal, sin ningún atractivo. Nos veremos impulsados a observar con mayor detenimiento y detalle, y empezaremos a apreciar la gran heterogeneidad natural espacial y temporal y su importancia para el manejo sustentable de los recursos.

Sin duda, una obra de este tipo no hubiera sido posible sin el apoyo de instituciones educativas y de investigación, así como de profesionales y productores con la suficiente sensibilidad como para comprender la importancia de difundir la sabiduría para mejorar las interrelaciones sociedad-naturaleza mediante una formación dinámica e integral desde temprano en la vida de los individuos.

Vayan mis felicitaciones a los autores, y a todos aquellos que directa e indirectamente contribuyeron a la concreción de esta obra.

*Silvia D. Matteucci \**

\* Silvia D. Matteucci es Licenciada en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (1967) y Doctor of Philosophy de Duke University, USA (1970), especializándose en Fisiología Vegetal. Actualmente es Investigadora Independiente del CONICET y su lugar de trabajo es la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Codirige con el Dr. Jorge Morello el Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente (UBA). Ha publicado numerosos artículos científicos en revistas nacionales e internacionales, como así también capítulos de libros y libros. Pertenece a las sociedades científicas: The Society of Sigma Xi, International Association of Landscape Ecology, Asociación Argentina de Ecología y Asociación Argentina de Ecología de Paisajes.

# 1. Introducción

*Ilda Entraigas - Natalia Vercelli - Valeria Migueltoarena*



## 1.1. Presentación

El Instituto de Hidrología de Llanuras "*Dr. Eduardo Usunoff*" (IHLLA) es una institución de investigación y desarrollo tecnológico radicada en la ciudad de Azul, dependiente de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) y la Municipalidad de Azul. Posee más de 25 años de experiencia en la Hidrología de Llanuras con injerencia e interés manifiesto en la formación educativa superior mediante el desarrollo y dirección de becarios y tesis de investigación (alumnos universitarios de grado y postgrado) en el contexto del sistema científico provincial y nacional.

En este libro se presentan algunos resultados alcanzados en el marco del proyecto "*Análisis de la interacción suelo-agua-vegetación en unidades del paisaje sometidas a diferentes usos en un sector de la Pampa Deprimida Bonaerense*" (Código 03/I031 del Programa de Incentivos a Docentes Investigadores), evaluado según la Resolución N° 1879/2008 del Ministerio de Educación y aprobado por la Secretaría de Ciencia, Arte y Tecnología (UNCPBA), como así también en numerosas tesis desarrolladas en el ámbito del IHLLA. Estos trabajos, de los que se nutre la presente publicación, tienen en común el área de estudio, es decir, se han llevado a cabo en diferentes sitios de la cuenca del arroyo del Azul, contemplando diversos aspectos del ambiente que, en conjunto, ayudan al mejor entendimiento de la estructura, el funcionamiento y la dinámica de este sistema natural. Este libro también cuenta con numerosas acotaciones, observaciones y aportes que han sido expresadas bajo el modo de "comunicaciones personales", ya que dicha información aún no ha sido publicada convenientemente o ha sido recabada por personas amantes de la

naturaleza, con el simple (pero valioso) fin de profundizar sus propios conocimientos y que terminan colaborando con el de todos.

Asimismo, se citan numerosas publicaciones de docentes de la Facultad de Agronomía (UNCPBA) que desarrollan sus investigaciones en la región y, también, se hace referencia a conceptos y consideraciones teóricas desarrolladas por los más reconocidos ecólogos del país y de diversas partes del mundo que echan luz sobre este humilde texto. Así, se pretende acercar al lector al variado universo de artículos científicos y técnicos que se han publicado contemplando diferentes aspectos de nuestra región; de allí el cuidadoso esmero que se ha tenido al momento de confeccionar el apartado “Bibliografía citada”. Al mismo tiempo, se ha pretendido elaborar un documento con un nivel adecuado de profundidad en los conceptos y explicaciones vertidos, es decir, sin la formalidad y la estructura de un texto estrictamente científico, pero con el detalle y la minuciosidad que merece tener un texto que será utilizado por estudiantes del nivel superior de educación y docentes en ejercicio. Por citar un ejemplo, vale destacar que se utilizan los nombres científicos (además de los vulgares) de cada especie citada, como una manera de reflejar la naturaleza del lenguaje utilizado en la Ciencia, que está conformado por términos unívocos, que no permiten la ambigüedad de significados. A ellos, entonces, está dedicado este libro..., a estudiantes y docentes que deseen llevar a sus aulas el estudio y el análisis de estos paisajes tan pampeanos, tan queridos, tan nuestros...

## 1.2. Perspectiva paradigmática

Siempre que se utiliza el concepto de paradigma se lo considera como “*visión del mundo*”, esto es, que los fenómenos pueden ser analizados de diversas formas según la disciplina dentro de la cual se enmarque fundamentalmente la investigación, es decir, según la “*manera de mirar*” que tenga el investigador.

El contenido de este libro se encuadra dentro de una rama joven de la Ecología moderna que es la denominada Ecología de Paisajes, la cual se ocupa del estudio de áreas espacialmente heterogéneas en escalas de decenas a cientos de kilómetros, compuestas de agrupamientos de sistemas conteniendo parches de distintas formas, cantidades, clases, configuraciones y funciones (Forman y Godron, 1981). Estos mismos autores, en 1986, la definieron

como el estudio de las relaciones físico-biológicas que gobiernan las distintas unidades de una región, considerando tanto las relaciones verticales (dentro de una unidad espacial) como las horizontales (entre unidades espaciales).

Teniendo en cuenta las definiciones mencionadas anteriormente, podría decirse que la Ecología clásica supone que los procesos ecológicos son relativamente independientes de las relaciones espaciales u ocurren en un espacio homogéneo; en contraste, la Ecología de Paisajes incluye explícitamente la heterogeneidad espacial y la escala espacial como objetos de estudio, por lo cual, puede decirse que esta disciplina estudia los procesos ecológicos en relación al espacio.

En esta nueva rama se distinguen, al menos, tres escalas de análisis que presentan cierta jerarquía, las cuales según Matteucci (1998a) conforman un sistema de interconexiones donde el nivel superior impone restricciones a los niveles inferiores (Figura 1).

La *región* es un área geográfica extensa que tiene un macroclima y una esfera de actividades e intereses humanos comunes (Köppen, 1931). Debido a que sus elementos están unidos fuertemente por el transporte, la comunicación y la cultura, posee una gran cohesión interna, pero con frecuencia es ecológicamente diversa. Por su parte, Forman y Godron (1986) expresan que la región está determinada por un complejo de características climáticas, fisiográficas, biológicas, económicas, sociales y culturales que las diferencian de su vecindad.

El *paisaje*, según la escala a la que se trabaje, puede ser considerado como un ecosistema grande, o como un conjunto de ecosistemas (Matteucci, 1998a). Forman (1983) define al paisaje como un conjunto de ecosistemas relativamente homogéneos tales como campos, prados, bosques, pueblos y ciudades, etc., compuestos por una matriz englobante, manchas y corredores. *“Ya sea que la clasificación se realice en función de una única variable descriptora (por ejemplo, vegetación, suelo o uso de la tierra) o de un conjunto de variables (por ejemplo, asociaciones suelo-topografía-vegetación), el paisaje es un fenómeno multidimensional y multivariado. Es originado y evoluciona por la acción de un conjunto de variables y procesos físicos, bióticos y sociales que se interrelacionan; es decir, es un sistema”* (Matteucci, 1998a, 124). Ese conjunto de ecosistemas o de tipos de uso de la tierra, a su vez, se organiza en un *patrón*

recurrente. Según Matteucci (1998b) el patrón es el arreglo espacial o temporal de la variable que se estudia; es decir, es la configuración, dentro de un territorio dado, de los diversos fragmentos de relativa homogeneidad interna en cuanto a funciones ecosistémicas o usos de la tierra. El paisaje, entonces, es un conjunto de ecosistemas que se dispone en el espacio conformando un patrón particular, posee un funcionamiento común y está sometido a un proceso de cambios determinado.

Según los ecólogos europeos, la jerarquía inferior es un elemento del paisaje o *ecotopo*. Puede decirse que funcionalmente un ecotopo es un ecosistema que incluye todos los componentes y es internamente uniforme en cuanto a las interacciones entre ellos (Whittaker et al., 1975). Se introduce este término porque la palabra ecosistema tiene un significado muy amplio, no implica jerarquía alguna y se ha usado en un sentido abstracto y también como unidad concreta; como menciona Sánchez (2009) el término ecotopo responde a una idea más objetiva que la de ecosistema. Teniendo en cuenta las definiciones anteriores, entonces, es lógico considerar que un conjunto de ecotopos forman el paisaje y que un conjunto de paisajes forman la región.



Figura 1. Niveles jerárquicos en el espacio (Matteucci, 2008).

Forman y Godron (1986) postulan que el paisaje se encuentra conformado por tres elementos principales y característicos: *matriz*, *parche* y *corredor* (Figura 2). La *matriz* es la parte más extendida del paisaje, y juega un papel dominante; puede estar constituida por un solo elemento o por elementos ampliamente conectados entre sí. Odum et al. (2006) manifiestan que esta es un área amplia con tipos de vegetación o ecosistemas similares en la cual están embebidos los parches y corredores. La *matriz* es el elemento que presenta la mayor conectividad, es decir, la mayor continuidad del paisaje, podría decirse que forma el “fondo” del patrón. Este elemento es el que ejerce el mayor control sobre la dinámica del paisaje y juega un papel preponderante en el funcionamiento del mosaico; su grado de fragmentación determina la conectividad del mosaico.

En cuanto a los *parches* diferentes autores (por ejemplo, Forman y Godron, 1986; Matteucci, 1998b; Dajoz y Leiva Morales, 2003; Odum et al., 2006) proponen diversas alternativas para denominarlos, tales como parches, islas, manchas, ambientes, elementos del paisaje, parcelas o fragmentos. Dajoz y Leiva Morales (2003) postulan que el parche es una superficie del paisaje no lineal que difiere, por su fisonomía, de los elementos de la matriz que le rodea por ambos lados; mientras que Odum et al. (2006) lo definen como un área relativamente homogénea que se diferencia de la matriz circundante.

El *corredor* es una estructura lineal que difiere de la matriz que le rodea por ambos lados y que frecuentemente une entre sí a dos o varios parches (Dajoz y Leiva Morales, 2003). Odum et al. (2006) lo definen de manera muy similar, destacando que los corredores se reconocen cada vez más como elementos importantes del paisaje desde el momento que suministran un medio para permitir la dispersión de animales, facilitar la transferencia de información genética entre parches, suministrar hábitat a determinadas especies, entre otros ejemplos.

Aquí es importante recordar que el concepto de ecosistema puede ser aplicado a cualquier nivel de las escalas espaciales mencionadas. Sin embargo, dentro del marco de la Ecología de Paisajes, el ecosistema, también denominado ambiente o elemento del paisaje, se limita haciendo referencia a áreas relativamente homogéneas dentro de un paisaje. Además puede ocurrir que dentro de un paisaje, un ecosistema particular ocupe la mayor parte de la

superficie y/o defina la conectividad y funcionamiento de todo el paisaje, con lo cual ese ecosistema se transforma en la matriz del paisaje. Si no es así, a los ecosistemas también se los suele denominar parches. Sea cual fuere la situación, generalmente la naturaleza se presenta conformando un gran mosaico, donde se establecen relaciones horizontales y donde los elementos conforman un patrón.

Forman y Godron (1986), al momento de definir el paisaje consideran tres características básicas: *estructura*, *función* y *cambio* (Figura 3). La primera se refiere a las relaciones espaciales entre los parches, es decir, estudia los tamaños, las formas, las cantidades, las clases y las configuraciones de los elementos, así como también su arreglo espacial. Alude a la distribución de materia, energía y especies, en relación con las características, el número y la configuración espacial de los elementos. La estructura del paisaje resulta de interacciones complejas entre fuerzas físicas, bióticas y sociales y, a su vez, el patrón del paisaje influye en los procesos ecológicos y sociales. La identificación y cuantificación de la estructura puede ayudar a comprender las relaciones dialécticas entre la complejidad espacial y los procesos subyacentes.

Por su parte, la función se refiere a las interacciones entre las unidades espaciales; esto es, el flujo de energía, materia y organismos entre los elementos.

Finalmente, el cambio hace referencia a las modificaciones de la estructura y la función del mosaico ecológico a través del tiempo.

Por último, cabe señalar que la Ecología de Paisajes se enmarca dentro de una nueva concepción al reconocer la heterogeneidad espacial y temporal del ambiente y la importancia del patrón en los procesos ecológicos verticales y horizontales. La Ecología de Paisajes contrasta con los paradigmas científicos convencionales, orientados a la monodisciplina (generalmente reduccionista) y los reemplaza por enfoques y métodos más integrativos, holísticos, transdisciplinarios, basados en una visión sistémica (Matteucci, 1998c).

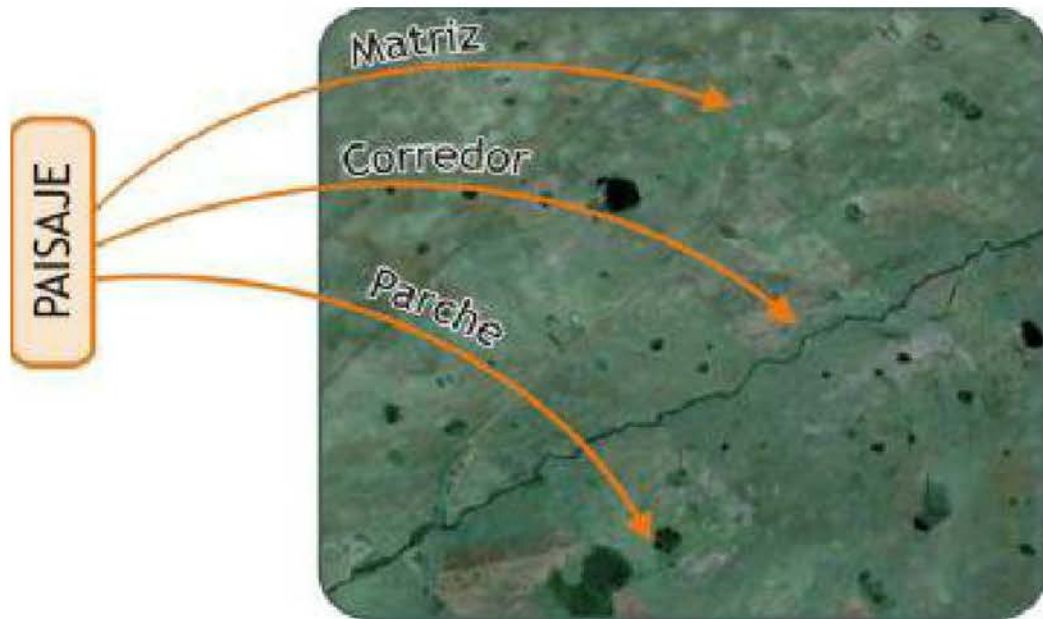


Figura 2. Estructura fundamental de los paisajes.



Figura 3. Características que definen a los paisajes (Texto de la figura extraído de Matteucci, 2008)

### 1.3. Área de estudio

El área general de estudio es una llanura donde la mayoría del relieve topográfico no es suficiente para definir claramente divisorias de aguas o redes de drenaje superficiales. De todas maneras, debe reconocerse que en el sector sur del área de aporte al arroyo del Azul, el relieve permite definir divisorias de aguas superficiales, mientras que en el sector norte los límites son difusos, el sentido de escurrimiento superficial depende de la situación de acumulación local y regional de agua, y algunos cursos de agua terminan perdiéndose en bañados. De allí que no resulte tarea sencilla la determinación de los límites para la cuenca del arroyo del Azul. El delineamiento propuesto en el presente libro ha sido definido a partir de la consideración del trazado de las curvas de nivel topográfico.

La cuenca del arroyo del Azul se ubica en la zona central de la provincia de Buenos Aires, entre los 58° 51' y 60° 10' de longitud oeste y 36° 09' y 37° 19' de latitud sur y es uno de los ambientes hidrológicos del país más monitoreados y analizados desde distintas perspectivas disciplinarias. Abarca una superficie de 6.237 km<sup>2</sup>, cubriendo la casi totalidad del partido de Azul, junto con algunos sectores de los partidos de Las Flores, Rauch, Tapalqué, Olavarría y Benito Juárez. Como formas destacables se reconocen un sub-ambiente serrano hacia el sur de la cuenca con altitudes por sobre los 200 msnm (10 % del total del área), y un sub-ambiente de llanura hacia el norte, por debajo de los 130 msnm, con una zona de transición entre ambos, caracterizada por suaves ondulaciones. En su conjunto, la región se comporta globalmente como un ambiente de llanura.

La cuenca está surcada por distintas vías de agua permanentes de las cuales la principal es el arroyo del Azul que nace en las cercanías de la localidad de Chillar y atraviesa en dirección sur-norte el partido homónimo, donde recibe en su margen oriental las aguas de sus principales tributarios, los arroyos Videla y Santa Catalina. Luego el arroyo del Azul continúa con dirección noreste (cambiando su nombre en el tramo inferior por arroyo Gualicho) hasta desembocar en el Canal 11, unos pocos kilómetros al sudoeste de la ciudad de Las Flores. Este Canal representa un corte artificial de la cuenca de drenaje, ya que en condiciones naturales, el arroyo del Azul seguiría su curso, hasta perderse en depresiones y lagunas temporarias. También están los arroyos La Corina y Cortaderas cuyos tramos inferiores son temporarios y se pierden antes de llegar al Canal 11 (Figura 4).

Sala et al. (1987) postulan que, de acuerdo a las condiciones hidrogeológicas, la cuenca del arroyo del Azul presenta una manifiesta heterogeneidad, especialmente entre las cabeceras (con pendiente media del terreno del 5 %) y el sector de la llanura distal (con pendientes que varían entre 0,5 y 0,8 %), lo que hace factible subdividirla en superior, intermedia e inferior, o alta, media y baja.

El perfil geológico del área de estudio está compuesto por los sedimentos de las formaciones Pampeano y Post-Pampeano, que constituyen el principal almacén de agua subterránea para sus diversos usos. El máximo espesor del Pampeano es de unos 90 m en el límite norte de la cuenca (Weinzettel, 2005) y el acuífero que se desarrolla en su seno, se compone de arenas limosas y limos arenosos con una fracción de arcilla relativamente escasa. El Post-Pampeano aflora a manera de manto continuo en casi toda la cuenca y también está constituido por sedimentos eólicos, principalmente arenas limosas y limos arenosos (Gentile et al., 1987).

Es importante destacar que los sedimentos del Pampeano, más allá de denominaciones locales de ciertas variaciones en su composición granulométrica y mineralógica, constituyen lo que se conoce -incluso a nivel internacional- como loess pampeano o argentino. Al respecto, Teruggi et al. (1957) plantearon que, en base al escaso grado de separación de las fracciones arena, limo y arcilla, a su distribución uniforme sobre extensas áreas de la región pampeana, y a la integridad de las trizas de vidrio encontradas en su seno, se confirma su origen volcánico, con transporte principalmente eólico y un posterior retrabajado por acción fluvial. Por otro lado, en relación a las concreciones calcáreas que en la región de estudio conforman capas cercanas a la superficie (en algunos casos de extraordinaria dureza), los autores -citando a Arellano, 1953- manifiestan que *“...la formación de tosca ha sido atribuída, entre otras causas, a depositación por aguas freáticas o cambios climáticos; en el último caso, que parece ser muy probable, se atribuye a climas secos, pero no hay acuerdo entre los investigadores sobre si los mismos han sido cálidos o frígidos, ni tampoco sobre si el origen de la tosca se debe a procesos geológicos o edáficos.”* (Teruggi et al., 1957, pág. 245). En suma, los supuestos se plantean en (al menos) dos hipótesis: la que responde al modelo llamado *“per ascensum”* y que lo atribuye a la evaporación de aguas carbonatadas subterráneas; y la que responde al modelo denominado *“per descensum”* en el que la tosca se debería a la acumulación de carbonato por iluviación en sentido descendente.

El sentido general del escurrimiento del flujo subterráneo es de SO a NE. El IHLLA dispone de 2 redes de pozos para el control piezométrico, una de pozos someros (6 m de profundidad media) y otra de pozos complementarios (30 m de profundidad media). La superficie freática se encuentra cerca de la superficie del terreno (2-5 m) en casi toda la cuenca. Con el objetivo de estudiar el origen de gran parte de la composición química (fondo químico natural y contaminación) del agua subterránea del acuífero que subyace a la cuenca del arroyo del Azul, se han llevado a cabo numerosas campañas de muestreos para conocer las características del agua existente y su distribución espacial, así como para identificar las fuentes y los procesos de incorporación al agua de los solutos mayoritarios y algunos minoritarios (Zabala et al., 2010).

El efecto de las lluvias en las distintas zonas de la cuenca es diferente en función de la pendiente. Las precipitaciones que caen en la zona sur generan escurrimientos superficiales que se concentran rápidamente en los cauces de los arroyos, mientras que en la zona norte el agua se acumula en forma de charcos o lagunas sobre la superficie. Así, el agua antes de infiltrarse se traslada en forma de manto o levemente canalizada, movilizada por la suave pendiente local (Fuschini Mejía, 1994). En estos sistemas, entonces, no se tiene la superficie tributaria definida, sino una anarquía entre los diferentes niveles de disipación. Desde el punto de vista hidrológico, lo más notable del comportamiento del agua en cuencas tan deprimidas como la del Azul es la acumulación del agua sobre la superficie, y la interacción que se establece entre las aguas superficiales y las subterráneas, conformando un Sistema Hidrológico No Típico (Fertonani y Prendes, 1983).

Según los registros de la estación Azul Aero del Servicio Meteorológico Nacional, la precipitación media anual (período 1901-2011) es de 911 mm, con una media mensual máxima, medida como lámina de agua, que se produce en marzo (120 mm), y una mínima que ocurre en agosto (44 mm); en cuanto a las temperaturas (período 1966-2011), la media anual es de 14,4 °C, con la máxima media mensual en enero con 21,5 °C y la mínima media mensual en julio con 7,5 °C (Varni et al., 2012). En base a ello y según la clasificación climática de Thornthwaite y Mather (1955), el clima de la región es subhúmedo-húmedo, mesotermal, con poca o nula deficiencia de agua.

Este conjunto de características climáticas, a su vez, es uno de los artífices (conjuntamente con las características de los suelos y del relieve) para que la formación vegetal predominante en el área de estudio se corresponda con una estepa de gramíneas generalmente cespitosas, ubicada según Cabrera (1971) en la provincia fitogeográfica denominada Pampeana. El sector norte de la cuenca, que presenta un relieve sumamente plano, se corresponde específicamente con el distrito Pampeano Oriental, con el flechillar de *Piptochaetium montevidense* (flechilla mansa o fina), *Nassella neesiana* (flechilla brava) y *Bothriochloa laguroides* (plumerillo blanco o cola de zorro) como comunidad climáxica; mientras que la cabecera de la cuenca, donde se localizan las mayores pendientes del área de estudio, pertenece al distrito Pampeano Austral, con la estepa de flechillas (con especies de los géneros *Piptochaetium*, *Nassella* y *Stipa*), las estepas de paja vizcachera (*Amelichloa caudata*) y paja colorada (*Paspalum quadrifarium*), y los arbustales de *Baccharis tandilensis* (chilca), como comunidades climáxicas.

En cuanto al uso al que se destinan los suelos, en líneas generales, la cuenca alta del arroyo del Azul (exceptuando las áreas con afloramientos rocosos en las que se observan pastizales naturales), debido a sus suelos más desarrollados y con propiedades favorables para el crecimiento vegetal, presenta un uso agrícola extensivo con cultivos de cosecha (especialmente soja, maíz, cebada y trigo) y doble cultivo (trigo/soja, cebada/soja) implementados, en su mayoría, bajo un sistema de siembra directa. En la cuenca baja, sumamente llana, con sus suelos nátricos y drenaje deficiente, se desarrolla principalmente la cría ganadera extensiva, con una carga animal promedio de 0,48 vacas por hectárea, de las cuales el 85% pertenece a razas británicas o sus cruza, de biotipo moderado (de Dominicus, 2010). Estos usos le otorgan una fisonomía al paisaje que, analizados en una imagen satelital, se traducen en una textura particular. Así, en imágenes pertenecientes al sector sur de la cuenca, se observa un claro apotramamiento de la tierra, mientras que en aquellas del sector norte se destaca una matriz más homogénea, interrumpida por las numerosas cubetas y lagunas de carácter mayoritariamente semi-permanente (Figura 5).

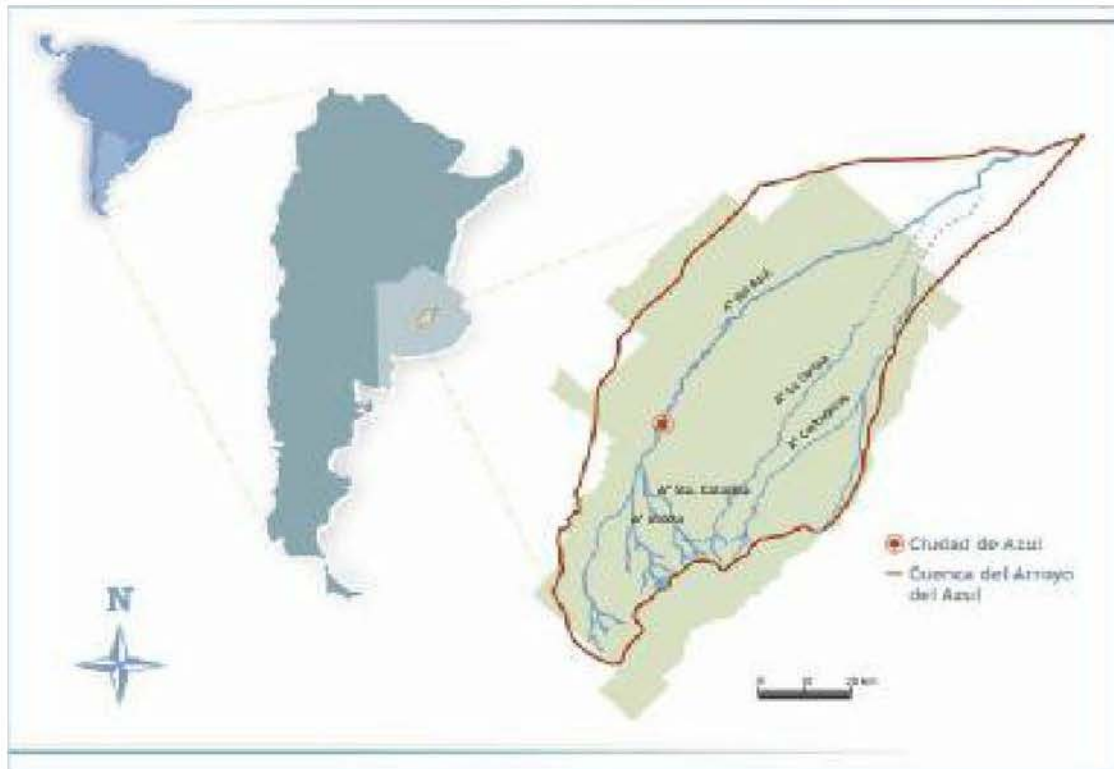


Figura 4. Ubicación relativa de la cuenca del arroyo del Azul y el partido homónimo.

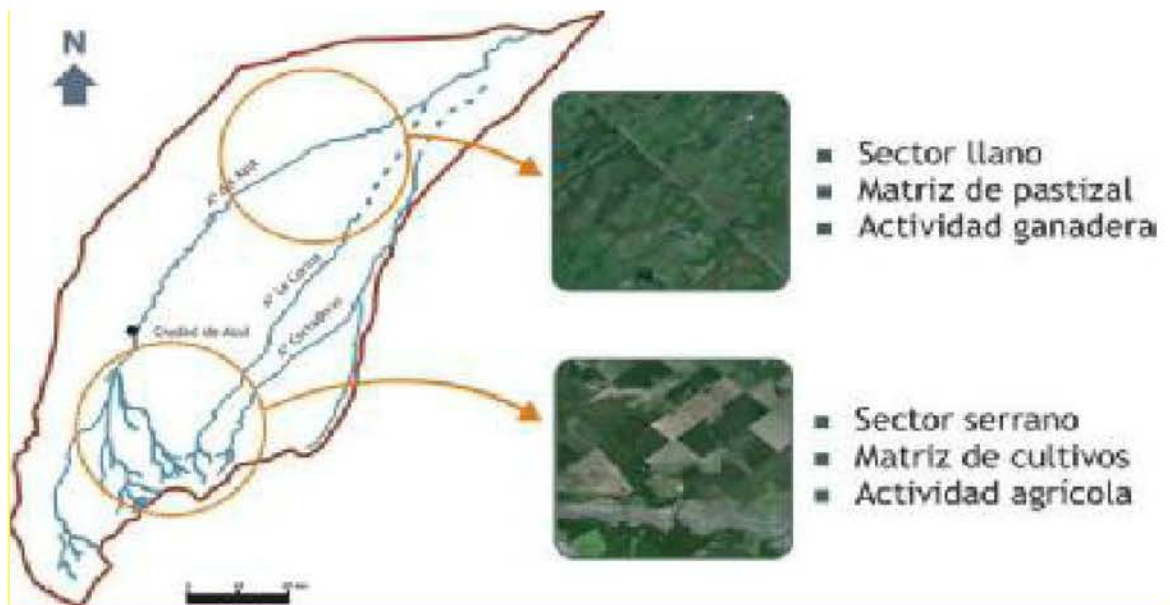


Figura 5. Detalles de los sectores llano y serrano de la cuenca del arroyo del Azul visto en imágenes satelitales tomadas de Google Earth.

## 2. El arroyo del Azul

Ilda Entraigas



El arroyo del Azul (o Callvu Leovu, según la lengua de los nativos *pampas*) es el protagonista de estos paisajes porque es el eje central del área de estudio analizada, es el elemento que convoca a la definición de esta cuenca y el organizador de los demás elementos del paisaje. Al mismo tiempo, es el principal corredor biológico que surca la matriz del paisaje, a veces conformada por cultivos y otras por pastizales naturales (Figura 6).

En la cuenca superior del arroyo del Azul (que corresponde a los sectores serranos e interserranos) el diseño de drenaje es dendrítico con una textura relativamente gruesa, mientras que en la cuenca intermedia (que involucra a las zonas de transición hacia la llanura) la textura de la red es más gruesa y se desdibuja el carácter integrado que presenta en la zona serrana. En este último sector, el arroyo del Azul recibe las aguas de los arroyos Videla y Santa Catalina. El comportamiento de la cuenca superior es activo ya que este sector actúa como área generadora, mientras que la cuenca intermedia actúa fundamentalmente como conducción de los excesos de la cuenca superior, aunque también existe adición de caudales locales subterráneos. Por otro lado, la cuenca inferior del arroyo del Azul tiene un comportamiento pasivo, con una red de drenaje que no está integrada y que es menos densa que en los sectores anteriormente descritos. Debido al escaso escurrimiento superficial, el arroyo simplemente conduce los caudales alóctonos que recibe.

Esta cuenca definida a partir del arroyo del Azul es el objeto de estudio primordial del Instituto de Hidrología de Llanuras. Para analizar el comportamiento de sistemas hidrológicos en zonas de llanura se utilizan modelos matemáticos que permiten representar la respuesta de estos sistemas ante un evento, pero el principal inconveniente en zonas donde el relieve es muy suave es que los conceptos de divisorias de aguas y convergencia del flujo hacia una

red de drenaje, con frecuencia no son válidos. Como consecuencia, los modelos hidrológicos clásicos, y las correspondientes metodologías de implementación y calibración tienen poca o ninguna aplicabilidad. Scioli et al. (2010) argumentan que en estos sistemas no es simple definir cuencas y redes de drenaje para la aplicación de dichas metodologías, y es necesario lidiar con los siguientes fenómenos:

- frecuentemente los cauces y las divisorias de agua no están bien definidos, y como consecuencia el escurrimiento puede tomar caminos diferentes dependiendo de la altura de agua;
- cambios pequeños en la elevación del relieve ocasionados por las acciones antrópicas (camino, canales o hasta los surcos de maquinaria agrícola) pueden causar efectos importantes en la dinámica hídrica de la zona;
- en eventos de inundación, es frecuente el escurrimiento en lámina (muchas veces aún más que el encauzado);
- el peso relativo del movimiento vertical del agua es mayor que en sistemas hidrológicos típicos.

Fertonani y Prendes (1983) postulan que en zonas de bajo relieve, el agua sobre el terreno no tiene una única dirección de escurrimiento, sino que se mueve en forma desordenada, indefinida e imprevisible, siendo los escurrimientos en este caso areales y mantiformes. Esto provoca que, durante las inundaciones, el concepto de convergencia del deslizamiento hacia una red de drenaje que es la principal vía de movimiento del agua, no sea aplicable. La capacidad de los cauces es muy pequeña, y el valle de inundación no está bien definido. Además, se produce un fenómeno de llenado y encadenamiento de áreas bajas y el agua ocupa, de manera discontinua, superficies del orden de centenas o miles de kilómetros cuadrados. Así, los anegamientos son de poca profundidad, generalmente menos de un metro, y con un tiempo de permanencia muy largo en relación al área de aporte (no es rara una lámina de agua de algunas decenas de centímetros durante 10, 15, 20 o más días).

A medida que el arroyo del Azul surca el paisaje (a lo largo de 160 kilómetros, aproximadamente), va siendo acompañado en sus riberas por vegetación característica de cuerpos de agua lóticos, como por ejemplo la disposición típica de ejemplares arbóreos de mimbre negro (*Salix fragilis*), una especie naturalizada que delata el recorrido del arroyo a través de gran parte de la llanura (Figura 7). En otros

fragmentos, el curso de agua presenta grandes matas de paja vizcachera (*Amelichloa caudata*) llegando hasta sus orillas, acompañadas por otras especies del pastizal. Esta situación se da en aquellos márgenes que atraviesan los ambientes menos intervenidos del paisaje y, entonces, dichas riberas se transforman en verdaderos corredores para muchas especies de la región.

En el arroyo también se desarrolla toda una comunidad de macrófitas que ha sido descripta desde distintas ópticas, ya sea en su dinámica espacio-temporal (Entraigas et al., 1997), su función como soporte de la comunidad del bafon (Entraigas, et al., 2004a), su interés económico (Farina y Orfila, 2000), o su relevamiento en la traza urbana (Rudzik, 2006). A partir del análisis de dichos trabajos, surge que las especies más abundantes de plantas vasculares en las orillas y en el cauce del arroyo son: pasto de agua (*Zannichellia palustris*), lama (*Stuckenia striata*), sombrilla de sapo (*Hydrocotyle bonariensis*), redondita de agua (*Hydrocotyle ranunculoides*), saeta o sagitaria (*Sagittaria montevidensis*), cola de zorro (*Myriophyllum aquaticum*), piragüita (*Cyperus eragrostis*), junquillo (*Eleocharis bonariensis*), falsa verdolaga o duraznillo de agua (*Ludwigia peploides* ssp. *peploides*), achira (*Thalia multiflora*), margarita del bañado (*Senecio bonariensis*), totora (*Typha latifolia*), amor seco (*Bidens laevis*), berro (*Nasturtium officinale*), lagunilla (*Alternanthera philoxeroides*), lirio amarillo (*Iris pseudacorus*), abrojo (*Xanthium cavanillesii*) y junco (*Schoenoplectus californicus* var. *californicus*). También hay algas macroscópicas, como *Chara* sp. y *Cladophora* sp., sobre todo en aquellos tramos del arroyo con circulación más lenta de agua.

La ictiofauna del arroyo puede diferenciarse en poblaciones de diferentes tipos ecológicos. Grosman y Merlos (2011) citan a frecuentadores de fondo, como bagre (*Rhamdia quelen*), vieja de agua (*Loricariichthys anus*), cantor (*Pimelodella laticeps*) y tachuela (*Corydoras paleatus*); animalívoros como las distintas especies de mojarra (*Astyanax eigenmanniorum*, *Astyanax fasciatus*, *Bryconamericus iheringi*), mojarrita (*Cheirodon interruptus*) y dientudo (*Oligosarcus jenynsi*); cíclidos como la chata o chanchita (*Australoheros facetum*); de respiración aérea como la anguila criolla (*Symbranchus marmoratus*) y anfibióticos como la lisa (*Mugil liza*), que realiza migraciones hasta la costa bonaerense.

Los anfibios también están presentes en el arroyo. Las poblaciones más comunes son las de rana criolla (*Leptodactylus ocellatus*), sapo común (*Chaunus arenarum*), escuerzo (*Ceratophrys ornata*) y ranita de zarzal (*Hypsiboas pulchellus*). Dentro de los reptiles, se observan tortugas de arroyo (*Phrynops hilarii*) y tortugas de cuello largo (*Hydromedusa tectifera*).

Otro grupo de vertebrados que también es muy habitual en el arroyo es el de las aves. Grosman y Merlos (2011) citan especies que son exclusivamente acuáticas y es fortuita su observación fuera del agua, como el biguá (*Phalacrocorax olivaceus*), la gallareta (*Fulica leucoptera*) y el pato criollo (*Cairina moschata*); mientras que otras son de ambientes linderos pero en vínculo estrecho con el agua, como la garza blanca (*Ardea alba egretta*), el Martín pescador (*Ceryle torquata*), el benteveo común (*Pitangus sulphuratus*), el benteveo real (*Tyrannus melancholicus*) y la cigüeña americana (*Ciconia maguari*), entre otros.

Dentro de los mamíferos, son muy abundantes los roedores que están asociados a las comunidades ribereñas del arroyo, por ejemplo el ratón de pastizal pampeano (*Akodon azarae*), el ratón de cola larga chico (*Oligoryzomys flavescens*), la rata de agua o rata colorada acuática (*Holochilus brasiliensis*), el cuis (*Galea musteloides*), el coipo (*Myocastor coypus bonariensis*) y el carpincho (*Hydrochaeris hydrochaeris*).

La comunidad del bafon es aquella constituida por las plantas acuáticas enraizadas que ocupan la masa ácuea entre el fondo del arroyo y la superficie, y conforman una trama donde se encuentran organismos de muy diversa índole (Ringuelet, 1962). Estos individuos, en su mayoría animales, se distribuyen en las diferentes partes de las plantas, pero son vagantes o de desplazamiento activo, y sus densidades poblacionales son fluctuantes a lo largo del año, de acuerdo a las condiciones ambientales. En el arroyo del Azul, el soporte de esta comunidad son los ejemplares de *Zannichellia palustris* (pasto de agua) y *Stuckenia striata* (lama), que albergan a moluscos como *Chilina fluminea*, *Gundlachia concentrica*, *Heleobia sp.*, *Pomacea canaliculata* y *Biomphalaria sp.*, larvas de odonatos y otros insectos, sanguijuelas y nematodos, entre otros (Entraigas et al., 2004a).

Por su lado, la comunidad del bentos es aquella formada por el conjunto de organismos que viven en y/o sobre el fondo; en realidad

es un complejo de comunidades distintas, que comprende organismos vagantes, sujetos o fijos, que se desarrollan sobre la superficie del lecho, debajo de las piedras y/o en el seno del sedimento mismo (Ringuelet, 1962). El bentos del arroyo tiene como protagonistas a varias especies de macroinvertebrados. Trovato Yungblut (2008) cita especies de moluscos gasterópodos y bivalvos (*Chilina fluminea*, *Gundlachia concentrica* y *Corbicula fluminea*), de anélidos (tubificidos y sanguijuelas como *Helobdella* sp.), y de artrópodos, como algunos crustáceos (*Hyaella* sp.) y ciertos insectos (*Caenis* sp., y larvas de coleópteros). La estructura biológica de esta comunidad varía espacialmente (según las condiciones físicas y químicas del agua y la textura del sedimento) y también temporalmente a lo largo del año. Esto último, además, se demuestra claramente en los estudios llevados a cabo sobre la población de la almeja asiática (*Corbicula fluminea*) por Rodríguez (2004) en distintos sectores de la traza urbana del arroyo del Azul.

Continuando con las comunidades, Pacheco (2011) analizó el perifiton sobre sustratos vegetales y rocas, haciendo especial hincapié en las diatomeas y reconoció, de acuerdo a las características y ornamentaciones de sus valvas, integrantes de nueve grupos morfológicos (Eucéntricas, Excéntricas, Aráfidas, Eunotioideas, Monorafídeas, Naviculoideas, Cymbelloideas, Nitzschioideas y Surirelloideas). Además, se destaca en dicho trabajo la ausencia de un patrón claro de variación de la diversidad, riqueza y dominancia, tanto espacial como temporalmente.

En las aguas del arroyo también hay crustáceos, como los camaroncitos de agua dulce (*Palaemonetes argentinus*) y *Hyaella* sp.; celenterados, como las hidras de agua dulce; platelmintos, como las planarias (*Dugesia* sp.); larvas de numerosos insectos y esponjas.

En los últimos años, los efectos sobre la calidad de las aguas del arroyo del Azul que producen las actividades humanas que se llevan a cabo en la cuenca, ha sido un tema de interés comunitario. Esto ha ocurrido por una conjunción de factores como el uso intenso del recurso como balneario en período estival, la creciente toma de conciencia sobre la conservación del ambiente y los riesgos de su contaminación, la profunda identificación de la población azuleña con este arroyo, y la mayor necesidad de las autoridades locales de dar respuesta a las inquietudes de la comunidad. De allí que investigadores del IHLLA han desarrollado una metodología para la

evaluación de la calidad del agua basada en índices que amalgaman los elementos que condicionan tal calidad, con la intención de generar una herramienta que esté disponible para su uso por parte de la gestión.

El monitoreo de la calidad del agua puede definirse para diferentes propósitos (preservación de la vida acuática, recreación, riego, uso de agua para consumo, entre otros) y muchas veces su evaluación se torna difícil por la gran cantidad de muestras necesarias y por la consideración de numerosas variables, cada una de ellas con distintas unidades (WHO, 1987; Chapman, 1992).

Un Índice de Calidad es un tipo de indicador que surge de la combinación de variables y cuya finalidad es explorar el sistema ambiental a partir de la integración de información selecta. Estos índices constituyen una agrupación simplificada de parámetros indicadores del deterioro de la calidad del agua, y son herramientas que pueden ser utilizadas en la gestión, al mismo tiempo que facilitan la transmisión de información al público en general (Stambuck-Giljanovic, 1999). Un único valor produce información más directa y rápidamente comprensible que una extensa lista de valores numéricos para muchos parámetros. Y si su diseño es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de alteración o contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias. Sin embargo, en los índices presentes en la bibliografía, la selección de variables y sus rangos de variación se realizó para otros ambientes, de forma que no contemplan las características propias locales.

A fin de considerar las características naturales de cada uno de los sectores del arroyo (Rodríguez et al., 2008), en el IHLLA se desarrolló una herramienta de evaluación de la calidad de las aguas del arroyo del Azul elaborando dos índices: uno basado en las características del sector de cuenca alta (muestras anteriores a la descarga de la planta de tratamiento de efluentes cloacales de la ciudad de Azul), y el otro basado en las características del sector de cuenca baja (Rodríguez et al., 2010). Ambos índices con un rango de variación entre 0 y 100.

Se seleccionaron aquellas variables que frecuentemente se consideran vinculadas con el concepto de calidad para los usos más frecuentes (Demanda Biológica de Oxígeno, Amonio, Nitrato, Nitrito, *Escherichia coli*, Coliformes), tal es el caso de la recreación, la bebida

de ganado y la protección de la vida acuática (variables de calidad), y aquellas que caracterizan las variaciones principalmente de origen natural que ocurren a lo largo de la cuenca (variables de condición), y que en términos generales no comprometen la calidad para los usos frecuentes (Conductividad Eléctrica, Sodio, Potasio, Fluoruro, Sulfato, Sólidos suspendidos, Sólidos totales y Turbidez).

Para analizar la variabilidad espacial de la calidad del agua del arroyo, estos investigadores realizaron 12 campañas de muestreo con intervalos de tres meses desde junio de 2005 hasta marzo de 2008, en 14 sitios distribuidos uniformemente en la cuenca, y con una concentración mayor en el sector urbano y en las zonas afectadas por distintos usos (descargas de líquidos residuales, balneario). Las estaciones de muestreo de cuenca alta presentaron valores altos de este índice, superiores a 50 (calidad aceptable). En la zona afectada por la descarga del efluente de la planta de tratamiento de líquidos cloacales, el índice disminuye a registros no aceptables, inferiores a 50. Aguas abajo de dicho sector, a la altura de la estación Pereda (distante 8 km de la ciudad de Azul) los valores se recuperan a niveles aceptables, aunque con guarismos de calidad menores que en el sector de cuenca alta.

Los índices desarrollados en el IHLLA se muestran sensibles a la variación de la calidad del agua en los diferentes puntos de muestreo del arroyo del Azul, y presentan la misma tendencia general, permitiendo diferenciar zonas del arroyo con diferente calidad de agua. Además, exhiben una gran sensibilidad, cubriendo un amplio rango de posibles estados de calidad del agua y contemplando los usos que se hacen de este recurso como la recreación y la bebida para el ganado y considerando, además, la protección de la vida acuática.

En síntesis, el arroyo del Azul es un ambiente de la cuenca con una inmensa biodiversidad distribuida en numerosas comunidades (algunas más conspicuas que otras) y su dinámica es el agente regulador del estado del resto de los ambientes de la cuenca.



**Figura 6. Arroyo Videla, tributario del Azul, surcando el pajonal en el sector llano de la cuenca.**



**Figura 7. Vista del arroyo del Azul, acompañado en sus márgenes por mimbres negros.**



### 3. La ciudad de Azul

*Ilda Entraigas*

La localidad de Azul, ubicada en el centro geográfico de la provincia de Buenos Aires, posee 58.097 habitantes (INDEC, 2010) distribuidos en aproximadamente 100 km<sup>2</sup>, en terrenos situados a alturas que van desde los 148 a los 125 msnm, conformando una ciudad de dimensiones intermedias si se la compara con las restantes de la provincia. La ruta nacional 3, la provincial 51 y las vías de la empresa Ferrosur Roca SA atraviesan la planta urbana, constituyendo un nodo de accesibilidad importante, sumado a la ubicación estratégica de Azul en la provincia, distante unos 325 km de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 300 km de La Plata y 350 km de Bahía Blanca, por citar algunos ejemplos. Es la ciudad cabecera del partido homónimo, que cuenta con un territorio de 6.615 km<sup>2</sup>, lindando con los partidos de Las Flores, Rauch, Tandil, Benito Juárez, Olavarría y Tapalqué.

El arroyo del Azul atraviesa la ciudad en dirección sur-norte, constituyéndose en un elemento de gran relevancia para la población, ya que sus riberas son continuamente frecuentadas por sus habitantes para llevar adelante actividades recreativas y deportivas (Figura 8). Por otro lado, las aguas del arroyo también son depositarias de los efluentes líquidos pluviales y cloacales de la ciudad y de otros provenientes de las industrias que se asientan en sus cercanías. En cuanto a los servicios, es de destacar que un amplísimo porcentaje de la población cuenta con la cobertura de agua potable, cloacas, gas y electricidad. Entre los rubros industriales se destacan los sectores cerámico, minero, de la construcción y agroalimentario. En el sector servicios, Azul es el centro de administración pública más importante de la región a partir de la presencia de dependencias de justicia, seguridad, educación y salud, entre otras. La ciudad cuenta también con servicio de recolección domiciliaria de residuos, produciéndose un volumen de 40.000 kg/día que son depositados en un relleno sanitario.



**Figura 8. Vista aérea de la ciudad de Azul (sector del Balneario Municipal “Almirante Brown”).**

**Es importante señalar que, en el caso particular de la ciudad de Azul, el agua que se consume a través de la red pública se extrae de pozos (el acuífero constituye la única fuente disponible de agua potable en la región), cada uno de los cuales impulsan a la red entre 30 y 100 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> y abastecen al 98% de la población urbana. Estos pozos, profundos, son construcciones que permiten obtener el agua subterránea almacenada en el acuífero y generada a partir de la infiltración de las lluvias. Si bien se considera que, en términos generales, los habitantes de la ciudad están abastecidos con agua de muy buena calidad (IHLLA, 2003), desde hace 40 años sistemáticamente algunos de estos pozos han arrojado valores de nitratos superiores a los aconsejados para el agua de consumo humano (Varni y Usunoff, 1999), tal como establece el Código Alimentario Argentino y la Ley 11820 de la Provincia de Buenos Aires (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, 1996). El origen de esos nitratos es netamente local, dado por el aporte de materia**

orgánica proveniente de los innumerables pozos ciegos aún en actividad en la ciudad con valores claramente superiores a lo registrado en el ámbito rural aguas arriba y abajo de la ciudad (IHLLA, 2003).

A raíz de esa situación, se han tomado medidas para la disminución del contenido de nitratos en agua de red como ser la clausura de algunos de los pozos de captación que arrojaban las mayores concentraciones, la construcción de pozos nuevos en áreas de aguas de bajas concentraciones, el tendido de una cañería troncal desde esos pozos a las zonas más comprometidas y la extensión de la red cloacal. Othax et al. (2008) han llevado adelante trabajos de investigación con el objetivo de analizar la evolución espacial y temporal de las concentraciones en nitratos en el agua de red de la ciudad de Azul y cómo aquellas medidas han influenciado en la disminución del riesgo a la salud por ingesta. Por otro lado, Peluso et al. (2003) han investigado la relación entre variables socioeconómicas (relacionadas con la infraestructura, la educación y la salud) y el riesgo a la salud, con el fin de inferir, indirectamente, la dosis de exposición a los contaminantes presentes en el agua de bebida. Si bien, como se expresó anteriormente, el agua que se provee por la red es de buena calidad, estos estudios basados en el riesgo permitieron ahondar en aspectos metodológicos para evaluar la relación agua-población intentando brindar herramientas novedosas y de mayor potencia para la gestión local de los recursos hídricos.

Con respecto a los espacios urbanos de alto valor estético, se destacan el Balneario Municipal “Almirante Brown”, el Parque Municipal “Domingo Faustino Sarmiento”, la llamada costanera “Cacique Catriel” a la vera del arroyo del Azul, el jardín botánico “Ing. Agr. Edgardo N. Orfila”, dependiente de la Facultad de Agronomía y ubicado en el campus universitario, además de numerosas plazas y plazoletas.

El arbolado urbano es un componente importante del paisaje. Entraigas et al. (2002) llevaron adelante un trabajo de investigación escolar sobre la composición específica, el estado sanitario, y las ventajas y desventajas implicadas en cada una de las especies arbóreas existentes, y aunque dicho estudio abarcó solo 124 manzanas del ejido urbano, sus resultados fueron el reflejo del estado del arbolado en la zona céntrica, es decir, la más transitada por sus habitantes y por quienes visitan la ciudad. Las especies más

abundantes resultaron: acacias bola (*Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera*), naranjos amargos (*Citrus aurantium*), fresnos americanos (*Fraxinus pennsylvanica*), crespones (*Lagerstroemia indica*), tilos comunes (*Tilia moltkei*), ligustros (*Ligustrum lucidum*), fresnos dorados (*Fraxinus excelsior* var. *aurea*) y acacias de Constantinopla (*Albizzia julibrissin*).

En dicho estudio, se observaron esbozos de un diseño en algunos sectores de ciertas calles de la ciudad, reflejo de lo que en algún tiempo fuera fruto de una planificación; se percibió cómo los ejemplares muertos en pie o faltantes no eran reemplazados debidamente (ni por la especie apropiada ni en el tiempo adecuado), y también cómo muchas especies ocasionaban determinados inconvenientes. Por ejemplo, los almeces (*Celtis australis*), las sóforas (*Sophora japonica*), los fresnos americanos (*Fraxinus pennsylvanica*) y los olmos (*Ulmus* sp.) son algunas de las especies que levantan y rompen las veredas; mientras que los cipreses (*Cupressus* sp.), los tilos (*Tilia moltkei*), los arces (*Acer negundo*) y las catalpas (*Catalpa bignonioides*) son ejemplos de las que presentan copas que ocasionan problemas con el tendido de cables eléctricos. En cuanto al estado sanitario, las especies más afectadas resultaron los naranjos amargos (*Citrus aurantium*), los olmos (*Ulmus* sp.) y las acacias bola (*Robinia pseudoacacia* var. *umbraculifera*). Algunas de estas especies se encuentran afectadas por hongos, cochinillas u otros insectos fitófagos, mientras que otras presentan daños físicos, tales como: rotura de ramas, inserción de hierros y clavos de gran tamaño para el sostén de bolsas de residuos, ataduras de alambres en sus troncos a tutores que sirven de guía, pintura en los troncos, etc. Aquella investigación escolar propone como alternativa incluir especies autóctonas, ya que algunas de ellas, como los viscos (*Acacia visco*) y los falsos café (*Manihot flabellifolia*), parecían adaptarse a formar parte del arbolado público sin causar los inconvenientes descritos para la inmensa mayoría de las especies exóticas presentes en el sector muestreado, como una manera de jerarquizar el patrimonio natural de la ciudad. También allí se rescata el hecho de que en el partido de Azul están en vigencia numerosas ordenanzas municipales que contemplan diferentes aspectos del arbolado público. Sin embargo, y tal cual lo expresa Borzone (2001), “esta clara voluntad comunitaria parece, en lo práctico, haber ido languideciendo con el paso del tiempo, y hoy es frecuente ver calles que han perdido el arbolado que alguna vez tuvieron, donde el estado de conservación

*del mismo es deficiente, o de diseño anárquico. Esta situación podría deberse a la falta de: continuidad en los planes de plantación y mantenimiento; suficiente control del cumplimiento de las normas vigentes; y de una conciencia generalizada en la población, que hace que muchas veces se pretenda anteponer el interés individual de algún frentista al interés común que representa este elemento mejorador de la calidad de vida de la ciudad”.*

En cuanto a la fauna, Vavrin (comunicación personal) llevó a cabo un trabajo de investigación que incluyó el avistaje de aves en diferentes sectores de la zona urbana de Azul y ha registrado gorriones (*Passer domesticus*), palomas domésticas (*Columba livia*), palomas manchadas (*Columba maculosa*), torcazas (*Zenaida auriculata*), palomas picazuro (*Columba picazuro*), benteveos (*Pitangus sulphuratus*), calandrias (*Mimus saturninus*), horneros (*Furnaris rufus*), ratonas comunes (*Troglodytes aedon*), zorzales colorados (*Turdus rufiventris*), chingolos (*Zonotrichia capensis*) y tordos renegridos (*Molothrus bonariensis*) entre otros, además de numerosas especies que visitan el lago Güemes (ambiente artificial situado a escasos metros del arroyo), el Balneario Municipal, el Parque Municipal y la costanera del arroyo del Azul.

Por otro lado, también existen numerosas especies de otros animales que, aunque no son deseables por los habitantes de la ciudad, su presencia (cotidiana o esporádica, según los casos) ya los ha vuelto parte de la fauna urbana. Así, (Scialfa, comunicación personal) se observan mamíferos como murciélagos cola de ratón (*Tadarida brasiliensis*), coipos (*Myocastor coypus bonariensis*), ratas noruegas (*Rattus norvegicus*), ratas de los tejados (*Rattus rattus*), ratones domésticos o lauchas (*Mus musculus*), ratones de cola larga chicos (*Oligoryzomys flavescens*), ratones de pastizal pampeano (*Akodon azarae*) y lauchas manchadas (*Calomys musculinus*); reptiles como las culebras verdes de vientre blanco (*Philodryas aestivus subcarinatus*), víboras de la cruz o yararás grandes (*Bothrops alternatus*), yararás ñatas (*Bothrops ammodytoides*) y falsas yararás ñatas (*Lystrophis dorbignyi*); anfibios como los sapitos de jardín (*Bufo fernandezae*), y un sinnúmero de especies de invertebrados como arañas pollito (*Grammostola mollicoma*), arañas plateadas (*Argiope argentata*), viudas negras (*Latrodectus mirabilis*), arañas de los rincones (*Loxosceles laeta*), arañones del monte (*Polybetes pithagoricus*), alacranes o escorpiones (*Bothriurus bonariensis*), mosquitos comunes (*Culex pipiens*), cucarachas rubias o alemanas (*Blatella germanica*),

cucarachas americanas (*Periplaneta americana*), cucarachas negras (*Blatta orientalis*), bichos taladro (*Hylotrupes bajulus*), además de ciempiés, milpiés, bichos bolitas, lombrices, moscas, tábanos, jejenes, camoatís, abejas, mariposas, alguaciles, hormigas, caracoles, babosas, cascarudos, luciérnagas, bichos canasto, pulgones, pseudoescorpiones, etc.

La ciudad de Azul, así, con sus habitantes, su flora y su fauna característicos, está situada en el corazón de la pampa deprimida con su paisaje sin relieve marcado, caracterizado por la presencia de suelos con distintos grados de alcalinidad, salinidad e hidromorfismo. Estos factores, sumados a su enclave en las orillas del arroyo del Azul y a la cantidad e intensidad de las lluvias de la región, son responsables de las frecuentes inundaciones y anegamientos de variable magnitud a las que esta sujeta. La situación se ve agravada por el diseño de la red vial, frecuentemente en dirección transversal al del flujo de agua y la construcción de numerosos canales clandestinos, sin un criterio integral respecto del funcionamiento hidrológico regional (Rang et al., 1999).

Los daños y pérdidas producidos por las inundaciones en la pampa húmeda son muy importantes en términos económicos, ya que se trata de la afectación de un área de gran productividad agrícola y ganadera. Basta decir que en 1980 el área afectada alcanzó las 10 millones de hectáreas, un tercio de la provincia de Buenos Aires, con 37 partidos afectados, 50.000 evacuados, 50 víctimas fatales, 4 millones de hectáreas totalmente inundadas, con 500 mil toneladas de cereales perdidas. En el año 1985 en la provincia de Buenos Aires también hubo importantes daños: 30.000 evacuados, 6 víctimas fatales, 6.226.000 hectáreas inundadas y pérdidas de cosechas. A todos estos daños hay que sumarle la destrucción de viviendas, rutas, puentes, etc. La ciudad de Azul, además de inundarse en los eventos mencionados, últimamente también se inundó durante los años 1992 (21 de febrero, 20 de marzo, 28 de marzo y 19 de agosto), 2001 (13 de junio), 2002 (19 de agosto) y 2012 (17 de mayo, 18 de agosto y 24 de agosto). Las crecidas son proporcionalmente muy significativas, ya que el arroyo pasa de tener un caudal base (el que escurre en condiciones “normales”, con el único aporte del acuífero) de entre 2 y 3 mm<sup>3</sup>/seg, a un caudal de hasta 285 mm<sup>3</sup>/seg (por ejemplo, en mayo de 2012), dependiendo de la magnitud de las lluvias (registros obtenidos en la sección de control Seminario, ubicada 8 km aguas arriba de la ciudad).

Esta recurrencia del fenómeno de las inundaciones hace que la zona presente riesgos considerables a la hora de realizar inversiones. Para minimizar los efectos, es necesario el desarrollo de un sistema de monitoreo que permita anticipar dichos sucesos y calcular su magnitud. Es así que para dotar a la ciudad de Azul de un sistema de alerta contra inundaciones se instaló una red de estaciones automáticas de adquisición de datos hidrometeorológicos (Figura 9) conectadas a través de un sistema de radio UHF a dos estaciones centrales de recepción (una en el IHLLA y otra en el municipio). De esta manera se conforma una red modular, adaptable en el tiempo según requerimientos de nuevas áreas de monitoreo y/o investigación. El sistema evalúa en tiempo real las variables hidrometeorológicas y acciona un sistema de envío de alarmas cuando algunas variables alcanzan una condición crítica predefinida. Se tienen entonces todos los elementos necesarios para llevar adelante las tareas relacionadas con un plan de contingencia contra inundaciones tanto a nivel de pronóstico de crecidas como de protección civil (Vives et al., 2007).



**Figura 9. Estación automática de adquisición de datos hidrometeorológicos.**

El Instituto de Hidrología de Llanuras posee una página web denominada Base de Datos Hidrológicos ([www.azul.bdh.org.ar](http://www.azul.bdh.org.ar)) donde se publica toda la información que se genera de la cuenca. El programa administrador de la red telemétrica actualiza la base de datos y envía esta actualización a la web, posibilitando el acceso a dicha información desde cualquier sitio que posea conexión a internet. Desde esta página se envían boletines hidrometeorológicos por correo electrónico o telefonía celular a los usuarios que lo soliciten, en los que se describen todos las variables registradas en las distintas estaciones telemétricas (lluvia, temperatura del aire, humedad del aire, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento y nivel de agua en el arroyo de Azul y sus afluentes). Inclusive el Servicio Meteorológico Nacional recibe dicha información que utiliza para validar su sistema de pronósticos, con lo cual se tiene una previsión meteorológica con mejores ajustes para la zona de estudio.

La red telemétrica y la información disponible en la Base de Datos Hidrológicos son parte de las herramientas tecnológicas que el IHLLA genera como soporte para los responsables regionales de la gestión de los recursos hídricos y los productores rurales (Cazenave, 2012 a y b). Por otro lado, también la teledetección ha demostrado ser una herramienta poderosa para el estudio de inundaciones (Jensen et al., 1986; Lunetta y Balogh, 1999; Sandar, 2000), en este caso, gracias al amplio contraste existente entre las respuestas espectrales del agua y del resto de los elementos del paisaje. En la cuenca del arroyo del Azul, son numerosos los casos en que las imágenes de satélite se han utilizado para estimar el área afectada por las inundaciones o para identificar y cuantificar el patrón de anegamiento (Vázquez et al., 2003; Entraigas et al., 2004b; Varni et al., 2006; 2012).

De todas maneras, lo que suma aún mayor complejidad al medio, es el hecho de que en la región las sequías son tan frecuentes y perjudiciales como las inundaciones, por lo que desde el punto de vista hídrico, nuestra ciudad se encuentra inmersa en una cuenca que es un sistema frágil con un delicado equilibrio que se rompe frecuentemente.



## 4. Paisajes serranos y periserranos

*Ilda Entraigas*

Estos paisajes se desarrollan en el dominio serrano que abarca el ámbito de la cuenca del arroyo del Azul ubicado en el área de afloramientos rocosos con expresión geomorfológica de serranías.

### 4.1. Pastizales naturales

Estos paisajes se desarrollan en las superficies cumbrales de los sistemas serranos que conforman cordones de formas redondeadas, aislados y desmembrados (Figura 10). Las cimas son aplanadas, con alturas relativamente constantes que varían entre 280 y 300 msnm y que no sobrepasan los 400 msnm (Teruggi y Kilmurray, 1975; 1980). Una observación de carácter general efectuada sobre las hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) permite establecer la existencia de cotas máximas entre 360 y 380 msnm en el área del Cerro La Armonía y Cerro La Crespa, respectivamente; así también hay otro grupo de superficies cumbrales más bajas, con cotas de alrededor de 250-300 msnm (Zárate y Mehl, 2010). Estas sierras están constituidas por afloramientos integrados por rocas metamórficas precámbricas de aproximadamente 2.000 millones de años (Dalla Salda et al., 2005).

Los suelos, por su parte, son someros, es decir, la cercanía de la roca o de un encostramiento calcáreo (tosca) limita la profundidad de exploración de las raíces, aunque en general son bien drenados debido a la pendiente.

En estos ambientes, las comunidades vegetales albergan una elevada diversidad, habiéndose identificado hasta el presente en su conjunto más de 550 especies botánicas. Las familias más representadas son Poáceas (132) (D'Alfonso et al., 2007), Asteráceas (101) (D'Alfonso et al., 2009), Fabáceas (36) (Orfila y Farina, 2002), Apiáceas (17) y Ciperáceas (15) (Scaramuzzino et al., 2006).

Las comunidades vegetales que se presentan en este sector de la cuenca se pueden dividir en cuatro grupos principales, a partir del reconocimiento de especies o grupos ecológicos indicadores para cada una de las comunidades, de acuerdo con la homogeneidad interna que exhiben respecto a la fisonomía, la fisiografía y las condiciones ambientales locales, como la profundidad y la pedregosidad del suelo, el régimen de humedad o la exposición a la radiación solar (Valicenti, et al., 2010).

En primer lugar, se reconocen dos tipos de pastizales en el área, cada uno con sus subtipos característicos:

○ Flechillares

▪ Dominados por *Nassella megapotamia* y *Nassella poeppigiana*, los cuales se ubican principalmente en las porciones inferiores de las laderas de los cerros más altos, soportando períodos de humedad y sequía edáficas, y en los que aparecen también otras especies de bajo porte del género *Nassella* y gramíneas cespitosas.

▪ Dominados por *Amelichloa caudata*, los que ocupan las porciones media e inferior de los cerros más bajos, y acompañados por diferentes especies de acuerdo al grado de disturbio que presente el sitio observado.

▪ Dominados por *Nassella trichotoma*, y acompañados por especies como *Melica rigida*, *Melica macra*, *Eryngium paniculatum* y *Discaria americana* (estas dos últimas en mayores proporciones en sitios disturbados). Se encuentran ubicados en suelos de menor profundidad y mayor pedregosidad, en pendientes medias e inferiores de cerros bajos, al igual que en el caso anterior.

○ Pastizales de pastos cortos

▪ Nativos, dominados por *Bothriochloa laguroides* junto a *Nassella megapotamia*, *Nassella poeppigiana* y *Piptochaetium brachyspermun*. Generalmente ocupando áreas planas entre roquedales y planicies interserranas destinadas al pastoreo.

▪ Naturalizados, dominados por *Festuca arundinacea*, una gramínea forrajera que crece en ambientes húmedos de la planicie inclinada, en muchos casos ocupando las banquetas y funcionando como corredores.

En segundo lugar, se distinguen pajonales de tres subtipos diferentes: uno dominado por paja colorada (*Paspalum quadrifarium*), otro por cortadera (*Cortaderia selloana*) y el último por cárex de la ribera (*Carex riparia* var. *chilensis*). La primera comunidad suele estar ubicada en zonas de descarga de aguas superficiales y subterráneas, y en las pendientes inferiores de los cerros, donde los suelos son profundos con pedregosidad baja a nula, y pueden permanecer anegados durante el otoño y la primavera. Allí acompañan a la paja colorada especies helófitas de las familias Juncáceas, Ciperáceas, Poáceas y Apiáceas, encontrándose también gran cantidad de Asteráceas anuales y exóticas en los sitios más expuestos a disturbios. También puede hallarse esta comunidad en la pendiente media y superior de los cerros, donde los suelos son relativamente húmedos y pedregosos, y se presentan especies como *Baccharis coridifolia*, *Acanthostyles buniifolius*, *Nassella philippii* y *Nassella neesiana*. Los pajonales de cortadera, en cambio, se encuentran en segmentos donde se estanca el agua y en vías de escurrimiento que bajan de los cerros, donde forman comunidades monoespecíficas con alta cobertura. Por último, los pajonales de cárex de la ribera ocupan sitios que permanecen anegados durante la mayor parte del año (como la planicie de inundación de pequeños arroyos tributarios del Azul), conformando comunidades monoespecíficas de alta cobertura, al igual que en el caso anterior.

Por otro lado, siguiendo con la ordenación de la vegetación dentro de la cuenca alta del arroyo del Azul propuesta por Valicenti et al. (2010), existen numerosos arbustales y bosquetes, dominados tanto por especies nativas como exóticas naturalizadas:

- Arbustales nativos de:
  - Chilca (*Baccharis tandilensis*), ubicados en suelos con alta pedregosidad, húmedos y de buen drenaje, en la pendiente media y superior de los cerros, en algunos casos en contacto con vías de escurrimiento. Los arbustos son acompañados por especies que componen las variantes húmedas del pajonal de paja colorada.
  - Mixtos de chilca (*Baccharis tandilensis*), chilca negra (*Acanthostyles buniifolius*) y carqueja o carquejilla (*Baccharis articulata*), presentes en ambientes similares a los descritos para la comunidad anterior, diferenciados por un mayor grado de disturbio a causa

de la herbivoría y el fuego. Las especies acompañantes en general son *Baccharis trimera* y *Amelichloa caudata*.

- Brusquilla (*Discaria americana*), ubicados en suelos de escasa a mediana pedregosidad y rocosidad, en pendientes medias e inferiores de los cerros que componen el paisaje.
  - Barba de tigre, espinillo, palo jabón o quina de campo (*Colletia spinossisima*) y cola de caballo, pico de gallo, pingo pingo o tramontana (*Ephedra tweediana*) formando matorrales que se presentan con baja frecuencia en la zona serrana de la cuenca. La segunda especie mencionada constituye el único representante nativo de la división Gimnospermas en la región.
- Arbustales naturalizados de:
    - Retamilla (*Genista monspessulana*), que conforman ambientes monoespecíficos de alta cobertura.
    - Retama de olor (*Spartium junceum*), que presentan comportamiento invasor en vías de escurrimiento temporarias, en pendientes medias y superiores de los cerros.
  - Bosquetes naturalizados de:
    - Acacia de madera negra o aroma australiano (*Acacia melanoxylon*), que se ubican en afloramientos rocosos que descienden hasta la base de los cerros más altos, presentando un sotobosque con nula o escasa vegetación herbácea.
    - Acacia negra (*Gleditsia triacanthos*), que ocupan segmentos húmedos dentro de flechillares y pajonales de paja colorada.
    - Ailanto o árbol del cielo (*Ailanthus altissima*), ligustro disciplinado (*Ligustrum lucidum*), álamo cano o gris (*Populus canescens*), acacia blanca (*Robinia pseudoacacia*) y mimbre negro (*Salix fragilis*), que integran el bosque en galería que rodea el cauce de algunos arroyos tributarios del Azul (por ejemplo, el arroyo La Corina).

También se encuentran con frecuencia ejemplares aislados de laurel (*Laurus nobilis*), peral común o europeo (*Pyrus communis*), pino de Alepo (*Pinus halepensis*), enebro de Virginia (*Juniperus virginiana*) y pino de Monterrey (*Pinus radiata*), todas especies exóticas que crecen entre rocas en las pendientes media y superior de algunos cerros de la región.

El último grupo de comunidades representadas en la cuenca alta reúne a las que presentan vegetación de tipo casmofítica, es decir, aquella formada por plantas cuyas raíces crecen entre el material de relleno que se encuentra entre las fracturas y grietas del sustrato. Es posible distinguir dos sitios diferentes donde crece este tipo de vegetación: uno constituido por roquedales con alta exposición a la radiación solar, ubicados generalmente en laderas orientadas al norte y al oeste de los cerros más altos, y otro formado por roquedales umbrófilos en sitios húmedos, en su mayoría correspondientes a laderas de cerros altos con exposición sur y este. En los primeros, son frecuentes especies como *Cheilanthes micropteris* (Pteridácea), *Opuntia paraguayensis*, *Parodia submammulosa*, *Wigginsia tephroacantha* (Cactáceas), *Hysterionica pinifolia* y *Stevia satuireiifolia* (Asteráceas). En cambio, en los roquedales umbrófilos, dominan ejemplares de helechos como *Adiantum thalictroides* y *Rumohra adiantiformis*.

La fauna de estos pastizales es muy diversa y característica. Hay anfibios, como los sapitos de la sierra (*Melanophryniscus stelzneri montevidiense*); reptiles, como los lagartos overos (*Tupinambis meriana*), viboritas ciegas o de dos cabezas (*Amphisbaena darwini heterozonata*), víboras de la cruz o yararás grandes (*Bothrops alternatus*), yararás ñatas (*Bothrops ammodytoides*), falsas yararás ñatas (*Lystrophis dorbignyi*), comebabosas pampeanas o falsas yararás oceladas (*Tomodon ocellatus*), falsas corales ñatas u hocicudas (*Lystrophis semicinatus*), falsas corales de rombos (*Oxyrhopus rhombifer rhombifer*), culebras verdes de vientre blanco (*Philodryas aestivus subcarinatus*), culebras de líneas amarillas o ratonera (*Liophis anomalus*) y lagartijas (*Homonota borelii*). Entre las aves se destacan lechuzones de campo (*Asio flammeus*), ratonas comunes (*Troglodytes aedon*), ratonas aperdigadas (*Cistothorus platenses*), halcones plumizos (*Falco femoralis*) y chingolos (*Zonotrichia capensis*); y entre los mamíferos prevalecen los roedores como el ratón hocicudo rojizo chico (*Oxymycterus rufus*), el ratón de cola larga chico (*Oligoryzomys flavescens*) y la vizcacha (*Lagostomus maximus*).

En el año 1999, la ley provincial N° 12781 declaró “Reserva Natural de Objetivo Mixto” a la zona emplazada en el paraje Boca de las Sierras, ubicado a la vera de la ruta provincial N° 80, con una extensión de 541 ha (Chebez, 2005). Dicha reserva fue creada con la finalidad de proteger la flora y la fauna local, así como los procesos ecológicos que tienen lugar en los pastizales naturales característicos del paisaje serrano. Además, dentro de dicha reserva se ubica el Parador Turístico Boca de las Sierras, el cual cuenta con un sendero de interpretación, 2 miradores y 3 áreas de ascenso a los cerros ([www.turismoenazul.com.ar](http://www.turismoenazul.com.ar)).

Por otro lado, la mencionada reserva es considerada como un Área Valiosa de Pastizal (Bilenca y Miñarro, 2004), debido a que se trata de un pastizal serrano en buen estado de conservación y posee importantes vestigios arqueológicos, además de ser el hábitat de gran cantidad de especies endémicas del sistema de Tandilia, como por ejemplo, *Senecio tandilensis*, *Hieracium tandilense* (Cabrera, 1963), *Senecio bravensis* (Katinas et al., 2007) y *Plantago tandilensis* (Rahn, 1995), de las cuales las 3 primeras son especies en peligro crítico en la provincia y la última en estado vulnerable (Delucchi, 2006).

#### 4.2. Cultivos agrícolas

Los valles peri e intraserranos, las laderas de las sierras y el pedemonte ondulado son sitios en los cuales se practica intensamente la agricultura y también la ganadería. Los suelos, en general, son bien drenados, relativamente profundos, provistos de gran cantidad de materia orgánica y con un buen desarrollo de su perfil. La actividad agrícola es la que brinda su aspecto al paisaje, que muestra un damero de ambientes donde variaciones bruscas en el uso del suelo tienen lugar a lo largo del año (Figura 11). Así, en ciertas épocas se ven parcelas pastoreadas alternando con rastrojos de cultivos de verano y campos arados donde se implantarán cultivos invernales. Junto a estas parcelas también se destacan los bordes de rutas y caminos vecinales, terraplenes de ferrocarril y estrechas lonjas bajo alambrados que constituyen ambientes longitudinales en los que las variaciones fisonómicas son menos marcadas a lo largo del año. Meses más tarde, estos mismos ambientes longitudinales alternan con los rastrojos de los cultivos invernales recién cosechados y los cultivos estivales. Las técnicas de procesamiento digital de imágenes satelitales y los sistemas de información geográfica constituyen herramientas valiosas al momento de identificar y cuantificar los diferentes usos y

coberturas de la tierra, tal cual lo han realizado Ares et al. (2007) en nuestra región.

Según la información surgida a partir del Censo Nacional Agropecuario llevado a cabo en el año 2002, en el partido de Azul había 284.834 ha bajo cultivo, de las cuales el 27 % están dedicadas a las pasturas perennes y el 73 % a los cultivos anuales. Dentro de estos últimos, hay oleaginosas como la soja (*Glycine max*), el girasol (*Helianthus annuus*), la colza (*Brassica napus*) y el lino (*Linum usitatissimum*); cereales como el trigo pan (*Triticum aestivum*), el trigo candeal (*Triticum durum*), el maíz (*Zea mays*), el alpiste (*Phalaris canariensis*) y la cebada (*Hordeum vulgare*); y forrajeras como la avena (*Avena sativa*), el raigrás (*Lolium multiflorum*), el sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) y la moha (*Setaria italica*). Dicho censo también ofrecía el dato de que las 4 especies más importantes eran el trigo, la soja, el maíz y el girasol, ocupando juntas el 89 % de la superficie dedicada a los cultivos anuales en el partido. Actualmente, la superficie dedicada a la cebada es mayor que la del trigo, ya que ésta permite realizar una soja “de segunda” más temprana y de mayor potencial.

A partir del análisis de imágenes satelitales de distinta resolución espacial y correspondientes a diferentes años (1986, 1998 y 2001), Cañibano et al. (2004) determinaron que la superficie ocupada por los distintos usos del suelo a través de los años fue cambiando a favor de usos de mayores niveles de intensificación, por ejemplo reemplazo de actividad ganadera sobre pastizales naturales por pasturas cultivadas o cultivos de cosecha en suelos con muy bajo índice de productividad (no recomendados para estas prácticas), lo que compromete la sustentabilidad de los agroecosistemas involucrados, debido a objetivos económicos de corto plazo.

En el mismo sentido, Bilello (2012) analiza lo sucedido en el partido de Azul a la luz de lo ocurrido en los últimos 42 años (1969-2011), señalando la expansión del área sembrada con cultivos de grano (del orden del 69 %) y destacando hechos como la desaparición del lino o la escasa aparición de la colza, y enfatizado la aparición tardía de la soja (entre 1985 y 1986), con un crecimiento sostenido y explicando, casi por sí sola, las 75.000 ha adicionadas a la agricultura en estos últimos tiempos. Por su parte, Mestelán y Ramaglio (2011) también destacan la intensificación de la agricultura desde mediados de los '80 en el partido de Azul, señalando cómo la consolidación de la soja, la

siembra directa como práctica y en menor grado el doble cultivo, son factores que ponen en riesgo la sustentabilidad de los suelos con pendiente pronunciada.

Los cultivos, a su vez, contienen en su interior poblaciones de malezas acompañantes. Las malezas pueden ser consideradas como organismos que poseen un conjunto particular de características biológicas con valor adaptativo en los sistemas agrícolas que, al mismo tiempo, las convierten en seres indeseables cuando interfieren las actividades productivas (Requesens, 2008). La principal causa de las pérdidas en los cultivos por acción de las malezas es la competencia que se genera por los recursos básicos para el crecimiento (luz, agua y nutrientes), cuando coexisten explotando un mismo ambiente en el que la disponibilidad de algún recurso es escasa en relación a la demanda de las plantas. Las semillas de las malezas persisten durante sucesivos ciclos productivos asegurándose la invasión recurrente a los cultivos. Esto se debe, en gran medida, a la elevada producción de semillas y al largo período de viabilidad de las mismas, que conllevan a la conformación de abundantes reservas de semillas en el suelo (García Torres y Fernández-Quintanilla, 1991). En muestras de suelo provenientes de veinte campos agrícolas ubicados en el sector serrano de la cuenca del arroyo del Azul, Requesens y Scaramuzzino (1999) registraron valores entre 1.173 y 44.000 semillas/m<sup>2</sup>, mientras que en un estudio complementario sobre muestras provenientes de un lote con pendiente pronunciada, se encontraron variaciones entre 19.680 y 60.480 semillas/m<sup>2</sup> de acuerdo a la posición topográfica (Requesens et al., 2004). Estos valores reflejan el enorme potencial de infestación de las malezas y la gran presión de competencia a la que someten a los sistemas cultivados, teniendo en cuenta que la densidad de siembra de la mayoría de los cultivos es varias veces inferior a esos guarismos.

A pesar del alto grado de intervención que tienen estas unidades del paisaje, hay toda una fauna de vertebrados que suelen avistarse en las grandes extensiones de potreros cultivados. Así, dentro de los mamíferos se encuentran comadrejas overas (*Didelphys albiventris*), hurones menores (*Galictis cuja*), lauchas de campo (*Calomys laucha*), lauchas manchadas (*Calomys musculinus*) y cuises (*Galea musteloides*).

Las aves más frecuentes en los campos cultivados son el lechuzón de campo (*Asio flammeus*), el gavilán planeador (*Circus buffoni*), el gavilán ceniciento (*Circus cinereus*), el carancho (*Caracara*

*plancus*), el halcón plumizo (*Falco femoralis*), la ratona aperdizada (*Cistothorus platenses*), el pico de plata (*Hymenops perspicillatus*) y la loica (*Sturnella loyca*), entre otras (Holzman, comunicación personal). Algunas especies de aves son consideradas plagas de ciertos cultivos, como la paloma torcaza (*Zenaida auriculata*), la paloma cenicienta (*Columba picazurro*), la paloma manchada (*Columba maculosa*) y la cotorra (*Myopsitta monachus*).

En las franjas de vegetación natural que persisten en las banquinas de los caminos y debajo de los alambrados, tienen su hábitat algunos reptiles como las viboritas ciegas o de dos cabezas (*Amphisbaena darwini heterozonata*), yaras ñatas (*Bothrops ammodytoides*), falsas yaras ñatas (*Lystrophis dorbignyi*) y las comebabosas pampeanas o falsas yaras oceladas (*Tomodon ocellatus*). También es característico que en el agua que juntan las axilas foliares de las plantas de maíz, se encuentren ranitas del zarzal (*Hypsiboas pulchellus*).

A su vez, en estos agroecosistemas se desarrolla una inmensa fauna compuesta por invertebrados, muchos de los cuales son considerados plagas de los cultivos. Por ejemplo, Wynne et al. (2008) citan para la soja a la chinche verde (*Nezara viridula*), el alquiche chico (*Edessa meditabunda*), la chinche de los cuernitos (*Dichelops furcatus*), la arañuela roja (*Tetranychus urticae*), la tucura (*Dichroplus* sp.) y la oruga medidora (*Rachiplusia nu*). En el girasol, Martinoia et al. (2005), destacan la vaquita de San José (*Eriopis connexa*), la polilla del capítulo del girasol (*Homeosoma heinrichi*), la mosca minadora del tallo (*Melanagromyza cunctanoides*) y avispas (*Litomastix floridanus* y *Campoletis* sp.). En el maíz, es común observar al pulgón del maíz (*Rhopalosiphum maidis*), a la isoca del maíz (*Helicoverpa zea*), a la mosca de la semilla (*Delia platura*), al barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*), a la vaquita de San Antonio (*Diabrotica speciosa*) y a la chicharrita del mal de Río Cuarto (*Delphacodes kuscheli*), entre otros. Por otro lado, en los cultivos de trigo habitan comúnmente el pulgón de la espiga (*Sitobium avenae*), el pulgón ruso (*Diuraphis noxia*), el gorgojo de macollo (*Litronotus bonariensis*), la oruga desgranadora del trigo (*Faronta albilinea*) y el pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*), por citar algunos ejemplos (Martinoia, comunicación personal). Finalmente, hay algunas especies que se encuentran en todos los cultivos, como el bicho torito (*Diloboderus abderus*), el escarabajo rubio (*Cyclocephala* sp.), el salta perico (*Conoderus* sp.), la hormiga negra común (*Acromyrmex lundii*), las babosas y los bichos bolita.

Por último, es importante señalar que dentro de este ambiente serrano, la agricultura no se implementa con una tecnología armónica con el paisaje (Piscitelli y Sfeir, 2004). En general, los laboreos y las siembras no se hacen referidos a las curvas de nivel; los rastros habitualmente se pastorean en exceso, se levantan para elaborar rollos, o se queman; no se implementa la siembra directa como práctica sustentable y, usualmente, predomina un sistema de implantación de cultivos poco planificado (Sfeir et al., 2006). El laboreo, el tránsito de las maquinarias y el pisoteo del ganado compactan superficial y sub-superficialmente el suelo, y como consecuencia, la infiltración y la percolación del agua en el suelo se ven disminuidas. Por otro lado, en sectores planos se producen encharcamientos, mientras que en áreas con pendiente el escurrimiento superficial y los procesos de erosión se ven incrementados (Sfeir et al., 2006).

Para la sustentabilidad de sistemas agrícolas resulta de vital importancia implementar rotaciones de cultivos que generen un balance positivo de la materia orgánica del suelo en el mediano plazo. Ello permitirá mejorar la calidad del suelo, lo que se traducirá en planteos menos riesgosos y más rentables para el productor y favorables para la salud ambiental (Casas, 2006). Este mismo autor plantea que al pasar de un sistema simplificado (monocultivo) a uno diversificado se producen los siguientes efectos positivos en el suelo: se incrementa el flujo de carbono, aumenta la actividad biológica, es mayor y continua la presencia de raíces activas, aumenta la estabilidad estructural, se logra mayor profundización radical, aumenta la retención hídrica y se incrementa la fertilidad del suelo. Este conjunto de factores a su vez disminuye el riesgo productivo ante eventuales períodos de sequía, brindándole sustentabilidad al sistema.

En conclusión, es posible intensificar los sistemas productivos, preservando la calidad y salud del suelo. Ello se consigue mejorando el proceso productivo mediante la utilización de buenas prácticas de manejo. Para lograrlo resulta fundamental mantener una buena cobertura del suelo mediante rotaciones que incluyan gramíneas, el empleo de cultivos de cobertura, la fijación biológica de nitrógeno, el control de la erosión, la fertilización balanceada y la disminución de la compactación por tránsito, por mencionar las más importantes (Casas, 2006).



**Figura 10. Pastizales naturales en el sector serrano.**



**Figura 11. Cultivo de soja en el sector serrano.**





## 5. Paisajes de llanura

Natalia Vercelli - Ilda Entraigas - Valeria Migueltoarena -  
Juan Argañaraz

La mayor parte de la cuenca del arroyo del Azul está comprendida en el dominio extraserrano, ubicado hacia el noreste de los afloramientos rocosos de Tandilia. Este dominio se caracteriza por constituir una extensa planicie de relieve muy suave.

### 5.1. Pastizales

Incluye aquellos potreros dedicados al pastoreo que no han sido cultivados o que, habiendo constituido cultivos de cereales o forrajeras, con el correr de los años han sido dominados por especies espontáneas, nativas o naturalizadas (León et al., 1979). En general, se corresponden a praderas húmedas de mesófitas (Perelman et al., 2001), ocupando áreas planas y extendidas o depresiones ligeras en las que el drenaje tiene algunas limitaciones (Berasategui y Barberis, 1982) debido a la escasa pendiente regional, la costra calcárea subyacente, los rasgos de sodicidad en horizontes subsuperficiales y el nivel freático muy cercano a la superficie, entre otras cuestiones. Es muy común que estos ambientes se inunden regularmente, ya sea por pocos días o por varias semanas, aunque generalmente con no más de unos pocos centímetros de agua por encima del nivel del suelo.

Estos pastizales albergan comunidades uniestratificadas, caracterizadas por la presencia de especies rastreras, arrosetadas o de escasa altura, entre las que sobresalen algunos pocos ejemplares de gramíneas erectas de mayor altura (Figura 12). De todas maneras, son varias las publicaciones que destacan la gran heterogeneidad interna en estos ambientes (Entraigas et al., 2011, 2013; Migueltoarena et al., 2011a y; Vercelli, 2011), es decir, en el seno de una matriz de escasa altura donde predominan especies rastreras y arrosetadas como *Phyla nodiflora* var. *minor* (yerba de mosquito), *Dichondra microcalyx* (oreja

de ratón), *Lotus tenuis* (trébol pata de pájaro), *Cynodon dactylon* var. *dactylon* (gramilla o pata de perdiz) y *Cypella herbertii* (lirio del bajo), entre otras, sobresalen ejemplares de gramíneas erectas como *Bothriochloa laguroides* (plumerillo blanco, cola de zorro), *Paspalum dilatatum* (pasto miel) y *Setaria viridis* (setaria, panizo) en el período estivo-otoñal, y *Nassella formicarum* (flechilla), *Lolium multiflorum* (raygras) y *Poa ligularis* var. *resinulosa* (coirón poa) durante el período invierno-primaveral. Además, dentro de estos ambientes se disponen manchones de comunidades (llamadas “peladares”) dominadas por especies típicas de suelos halomórficos como *Distichlis spicata* (pelo de chancho), *Distichlis scoparia* (pasto salado), *Hordeum pusillum*, *Sporobolus indicus* (pasto alambre, nido de perdiz) y *Spergula ramosa* (arenaria roja), y también pequeñas islas, en los sectores más altos, donde se destacan especies como *Amelichloa caudata* (paja vizcachera), *Bromus catharticus* (cebadilla criolla), *Geranium molle* (alfilerillo), *Oxalis conorrhiza* (vinagrillo), *Hordeum stenostachys* (centenillo) y *Centaurea calcitrapa* (abrepuño colorado o cardo estrellado). En momentos en los que el agua permanece en superficie durante largos períodos, los sitios más bajos sufren la influencia de los anegamientos prolongados, observándose una clara disminución de la proporción de dicotiledóneas exóticas, además de la aparición de especies como *Marsilea conccina* (trébol de cuatro hojas acuático o trébol de la suerte), *Cyperus corymbosus* var. *subnodosus*, *Cyperus reflexus* (negrillo), *Eleocharis bonariensis* (junquillo), *Paspalum vaginatum* y *Leersia hexandra* (arrocillo), entre otras (Entraigas et al., 2013).

Otro motivo para valorar estos campos es que los mismos contienen numerosas especies con propiedades medicinales. A partir de los relevamientos que se han llevado a cabo en 7 unidades de análisis, se han identificado 81 especies (la mayoría perteneciente a la familia de las Asteráceas) con propiedades para ser potencialmente aplicadas en usos tales como digestivo, hepático y vulnerario (Vercelli et al., 2013), varias de las cuales, además, (según el listado elaborado por Delucchi, 2006) presentan algún grado de amenaza de conservación (*Cypella herbertii*, *Adesmia muricata*, *Hedeoma medium*, *Plantago berroi*, *Acmela decumbens*, *Gamochaeta platensis* e *Hypochaeris pampasica*).

Una característica típica de estos ambientes es que en aquellos manchones donde predominan las especies del género *Distichlis*, con sus suelos hidromórficos, alcalinos, comúnmente

llamados “barros blancos”, es común la presencia del alga *Nostoc commune*, un microorganismo fotótrofo y fijador de nitrógeno. Esta cianoficea se desarrolla en ambientes húmedos y cálidos, pudiendo tolerar inundaciones y sequías. Cuando se une un gran número de tricomas, estos organismos unicelulares desarrollan colonias y entonces se generan biodermas algales que, cuando están secos, se asemejan a delgadas membranas negras coriáceas, mientras que adoptan una textura gelatinosa cuando están húmedos y activos. En esas comunidades, Ansín (1995) encontró una relación positiva entre la presencia de *Nostoc commune* en otoño y la cobertura vegetal en la primavera siguiente, ya que parecería que, en los pastizales de la Pampa Deprimida, este alga tendría un significativo papel ecológico al facilitar los procesos de colonización de los suelos alcalinos desnudos. Posteriormente, Ansín et al. (2002) demostraron que la germinación de semillas, la emergencia de plántulas y su establecimiento en los suelos alcalinos son favorecidos por la presencia de *Nostoc*, y que esta acción sobre la vegetación estaría asociada a cambios en las propiedades físico-químicas de los suelos colonizados por el alga.

Desde el punto de vista de la productividad de los suelos alcalinos de la Pampa Deprimida, estos mismos autores estiman que la presencia de biodermas algales favorece la sustentabilidad pastoril de los mismos, en función de una mayor cobertura vegetal y diversidad específica, mientras que el pisoteo de los vacunos disminuye la presencia del alga. De allí que proponen que *“quienes manejan el pastoreo con vacunos en la Pampa Deprimida y utilizan la vegetación natural casi como único recurso forrajero deben tomar conciencia de las ventajas que tiene asegurar la presencia del alga como un integrante más de la flora regional. Ello requiere un manejo controlado del pastoreo, evitando el mismo cuando el suelo se halla muy húmedo o encharcado y realizándolo cuando está preponderantemente seco”* (Ansín et al., 2002, 141).

Esta heterogeneidad en las comunidades botánicas se correlaciona con las propiedades de los suelos. Así, en la matriz de estos pastizales, en los 20 cm más superficiales se han encontrado valores promedios de pH de 7,8 y de conductividad eléctrica de  $390 \mu\text{Scm}^{-1}$ , lo que permite considerarlos como ligeramente alcalinos, no salinos; mientras que Lucero et al. (2012) citan para los 20 cm más superficiales de los manchones de comunidades halomórficas, valores promedios de pH de 9,9 y de conductividad eléctrica de  $1.104 \mu\text{Scm}^{-1}$ , es decir, suelos muy fuertemente alcalinos, no salinos; y a partir de la

profundidad de 20 a 40 cm, los valores promedios de conductividad eléctrica alcanzan los  $1.630 \mu\text{Scm}^{-1}$ , es decir, se vuelven moderadamente salinos. A su vez, estos campos naturales presentan variaciones altimétricas de pocos centímetros pero suficientes para delinear vías de escurrimiento y sitios de anegamiento que van condicionando, en cierta manera, las propiedades edáficas de esos lugares y, por lo tanto, van definiendo en conjunto la composición y estructura de las comunidades botánicas.

Los pastizales de estos campos naturales ofrecen espacio y alimento a numerosas especies. Dentro de los anfibios encontramos, por ejemplo, al escuerzo (*Ceratophrys ornata*), y dentro de los reptiles a la viborita ciega o de dos cabezas (*Amphisbaena angustifrons*) y a la culebra verde de vientre blanco (*Philodryas aestivus subcarinatus*).

La avifauna de estos ambientes ha sido analizada por Álvarez Lezcano (2012), quien hizo un relevamiento a lo largo de un año, con muestreos mensuales. En dicho estudio, el tero común (*Vanellus chilensis*) resultó la especie más abundante, constituyéndose como todo un símbolo de la avifauna de estos ambientes ya que, tal cual lo describen Fandiño y Pautasso (2011), el tero frecuenta fundamentalmente los sitios de pastos cortos encharcados cercanos a las lagunas permanentes, lugares muy abiertos con un amplio espacio de intermata, áreas con vegetación rala, aprovechando también los sitios disturbados y desplazándose principalmente por los lugares más abiertos, como los gramillares de *Cynodon dactylon* var. *dactylon*. Justamente estas mismas condiciones de vegetación son las que prevalecen en estos pastizales, tal cual lo descripto por Migueltoarena (2009). Otras de las especies representativas en estos ambientes, son el pico de plata (*Hymenops perspicillatus*) y el pecho amarillo (*Pseudoleistes virescens*), que son de las llamadas aves indicadoras, pues sólo habitan pastizales en buen estado de conservación donde hay matas y pastos rastreros y, generalmente también leguminosas y algunas malezas (Marino, 2008). También se avistan gorriones (*Passer domesticus*), chingolos (*Zonotrichia capensis*), tordos renegridos (*Molothrus bonariensis*), carpinteros campestres (*Colaptes campestres*) y garcitas bueyeras (*Bubulcus ibis*). En lo referente a la presencia de las diferentes especies a lo largo del año, Álvarez Lezcano observó que algunas mantienen una constancia temporal, es decir se presentan como residentes en estos ambientes, por ejemplo, chimangos (*Milvago chimango*), horneros (*Furnarius rufus*), caranchos

(*Polyborus plancus*), benteveos comunes (*Pitangus sulphuratus*); mientras que otras son migrantes regionales, por ejemplo, cigüeñas americanas (*Ciconia maguari*), garzas blancas (*Egretta alba*), cuervillos de cañada (*Plegadis chihi*), gaviotas capucho café (*Larus maculipennis*), tijeretas (*Tyrannus savana*), corbatitas comunes (*Sporophila caerulescens*), golondrinas domésticas (*Progne chalybea*), golondrinas negras (*Progne elegans*), por lo que su presencia se registra sólo en determinadas épocas del año.

En estos ambientes, también es muy común la lechucita de las vizcacheras (*Athene cunicularia*), un ave rapaz con la característica distintiva de tener hábitos cavícolas. En la región, Silvestro (2009) llevó adelante estudios sobre la dinámica temporal de su dieta, conformada principalmente por roedores, aves, anfibios, insectos, crustáceos y arácnidos.

Los mamíferos están representados por ratones de pastizal pampeano (*Akodon azarae*), ratones hocicudos rojizos chicos (*Oxymycterus rufus*), ratones de cola larga chicos (*Oligoryzomys flavescens*), cuisés (*Cavia aperea*), colicortos (*Monodelphis dimidiata*), liebres europeas (*Lepus europaeus*) y zorrinos (*Conepatus chinga*), entre otros.

## 5.2. Pajonales

Según Vervoorst (1967), el área de la Pampa Deprimida estaba ocupada principalmente por pajonales de *Paspalum quadrifarium* (paja colorada). Esta gramínea forma matas altas y densas que componen poblaciones puras que pueden alternar con flechillares y praderas húmedas o saladas. Si bien la alternancia de inundaciones y sequías ha determinado que gran parte del área conserve características relativamente naturales (Soriano et al., 1992), el pajonal ha sufrido un retroceso en su extensión por la aplicación de herbicidas, quemas y laboreo con fines ganaderos (Latterra et al., 1998). Desde la colonización del territorio a partir de la llegada de los europeos, grandes áreas de estos ambientes de la pampa inundable se convirtieron en cultivos y pastizales de pastos cortos (Herrera et al., 2009). Así, de las 1.400.000 ha que Vervoorst (1967) señalaba como las ocupadas por estos pajonales, sólo un 5 % (es decir, 70.000 ha) persiste en la actualidad (Bilenca y Miñarro, 2004).

Vervoorst (1967), al momento de desarrollar una reseña histórica sobre lo acontecido en la depresión del Salado, rescata

fragmentos de crónicas de viajeros que ayudan a imaginar la fisonomía del paisaje en las primeras décadas de 1800. Por ejemplo, cita a D'Orbigny quien, al transcribir las notas del viaje que realizó su amigo Parchappe a las pampas del sur de Buenos Aires, comenta que "...los habitantes llaman *pajonales* a los lugares donde crece una gramínea que se desarrolla en gavillas tupidas y se eleva hasta la altura de un hombre a caballo, lo que hace la marcha sumamente penosa"; de la misma manera, más adelante, comenta: "... nos hundimos de golpe en un inmenso pajonal, cuyas hierbas superaban las cabezas de nuestros caballos...". Vervoorst también cita comentarios de otro viajante, William MacCann, quien entre abril y junio de 1847 efectuó una travesía de reconocimiento por la depresión del Salado y, en su paso entre Azul y Tapalqué, comenta que ese trecho fue hecho "... por campos de pastos altos y duros". Por otro lado, al hacer referencia a escritos de Hudson, destaca las expresiones de este naturalista, escritas en 1892, quien cuando tuvo oportunidad de viajar y cruzar la provincia de Buenos Aires, observó que: "Casi en todas partes, aquella rica y enjuta tierra está cubierta por un pasto grueso, de un metro a un metro veinte de altura, que crece en grandes y tupidas matas y que se conserva verde durante todo el año".

Al mismo tiempo, Vervoorst subraya cómo los cronistas también señalaban la costumbre histórica de la quema. Por ejemplo, D'Orbigny transcribe a Parchappe de la siguiente manera: "La costumbre de incendiar los campos está generalizada en las Provincias del Río de la Plata. Tiene por objeto destruir los productos muertos de la vegetación y facilitar el renacimiento de la misma..."; mientras que Holmberg (1883) expresa que "...con el incendio sucesivo y el continuo pasar del ganado que estropea las matas de gramíneas, los pajonales desaparecieron y comenzó el dominio de los pastos tiernos, especies en parte exóticas que se adaptaron mejor a ese medio". De esta manera, Vervoorst a través de su recorrido por los comentarios de distintos cronistas, viajeros y naturalistas, aporta herramientas para conjeturar sobre el protagonismo que han tenido los pajonales en nuestra región y, al mismo tiempo, las posibles causas de la importante disminución en su representatividad areal.

El pajonal tal como se lo conoce en el estado actual -bajo pastoreo- se caracteriza por ser una comunidad biestratificada, donde se observa un estrato superior, íntegramente conformado por matas de *Paspalum quadrifarium*; y uno inferior, el cual se corresponde con una matriz cespitosa que incluye especies en su mayoría rastreras,

arrosetadas o de escasa altura (Figura 13). En la cuenca han sido varios los estudios que han analizado los pajonales desde distintas perspectivas; por ejemplo, desde la relación entre la vegetación y la fisiografía (Valicenti et al., 2005), las consecuencias del fuego prescrito (Sacido, 2003), la aplicación de algunos conceptos de la teoría de biogeografía de islas en los fragmentos de pajonal (Lara y Gandini, 2011) y la caracterización botánica a nivel de unidad de paisaje distinguiendo entre pajonales densos y laxos (Vercelli, 2011), por citar algunos ejemplos. De esos estudios surge claramente la gran riqueza específica contenida en estos ambientes.

A ras del suelo se ubican especies como la yerba del mosquito (*Phyla nodiflora* var. *minor*), la oreja de ratón (*Dichondra microcalyx*), el apio silvestre o de hojas finitas (*CyclospERMUM leptophyllum*), la pimpinela escarlata (*Anagallis arvensis*) y el llantén (*Plantago lanceolata*), por ejemplo. Luego, alcanzando unos centímetros más de altura, se ubican el lino silvestre (*Linum bienne*), el yuyo amargón (*Centaurium pulchellum*), el cardoncillo o falso caraguatá (*Eryngium paniculatum*) y el conejito de campo (*Agalinis communis*) por citar algunas especies. Hay también varias malezas que acompañan a la paja colorada, como el cardo negro (*Cirsium vulgare*), el falso cardo negro (*Carduus acanthoides*), la gramilla o pata perdiz (*Cynodon dactylon* var. *dactylon*) y la altamisa (*Ambrosia tenuifolia*); como así también algunas especies forrajeras como el raygrás (*Lolium multiflorum*), el trébol pata de pájaro (*Lotus tenuis*), el trébol blanco (*Trifolium repens*), la flechilla (*Nassella* sp.) y el almorejo o panizo silvestre (*Setaria viridis*).

Según Bilenca y Miñarro (2004), los pajonales de paja colorada distribuidos en toda la depresión del Salado son considerados Áreas Valiosas de Pastizal, debido a que constituyen relictos fisonómicos y tal vez florísticos del paisaje que dominaba la Pampa Deprimida durante la colonización europea. Además, estos ambientes proveen diferentes bienes y servicios (Costanza et al., 1997), al mismo tiempo que constituyen el hábitat de una gran diversidad de vertebrados que dependen casi exclusivamente de la existencia del pajonal maduro (Latterra y Maceira, 1996; Bilenca y Miñarro, 2004).

En estos pajonales habitan anfibios como el sapo común (*Chaunus arenarum*), el escuerzo (*Ceratophrys ornata*) y el macaquito común o ranita enana común (*Psuedopaludicola falcipes*). También hay reptiles como la culebra de bañado, de pastizal o verdinegra

(*Liophis poecilogyrus sublineatus*) y la viborita ciega o de dos cabezas (*Amphisbaena angustifrons*).

Dentro de las aves, por ejemplo, Holzman (comunicación personal) ha avistado lechuzones de campo (*Asio flammeus*), gavilanes planeadores (*Circus buffoni*), gavilanes cenicientos (*Circus cinereus*), pirinchos (*Guira guira*), ratonas comunes (*Troglodytes aedon*), ratonas aperdizadas (*Cistothorus platenses*), verdones (*Embernagra platensis*), pechos colorados (*Sturnella superciliares*), loicas (*Sturnella loyca*), pechos amarillos comunes (*Pseudoleistes virescens*), cachirlas (*Anthus correndera*), picos de plata (*Hymenops perspicillatus*), monjitas blancas (*Xolmis irupero*), mistos (*Sicalis luteola*), lechucitas de las vizcacheras (*Athene cunicularia*), inambúes comunes (*Nothura maculosa*) y coloradas (*Rhynchotus rufescens*), entre otras. Algunas especies, como los curutiés ocráceos (*Cranioleuca sulphurifera*) y las ratoneras aperdizadas (*Cistothorus platensis*), dependen del pajonal como fuente de alimento, refugio y nidificación.

Entre los mamíferos que habitan los pajonales se encuentran comadreja overas (*Didelphys albiventris*), zorros grises o pampeanos (*Pseudalopex gymnocercus*), mulitas orejudas o pampeanas (*Dasypus hybridus*), peludos (*Chaetophractus villosus*), hurones menores (*Galictis cuja*), liebres europeas (*Lepus europaeus*), zorrinos comunes (*Conepatus chinga*), gatos de las pampas o de pajonal (*Leopardus pajeros*), gatos monteses o de Geoffroyi (*Leopardus geoffroyi*), colocolos (*Leopardus colocolo*), cuises pampeanos (*Cavia aperea*), colicortos (*Monodelphis dimidiata*), ratones de pastizal pampeanos (*Akodon azarae*), ratones hocicudos rojizos chicos (*Oxymycterus rufus*) y ratones de cola larga chicos (*Oligoryzomys flavescens*), entre otros.



**Figura 12. Pastizal natural.**



**Figura 13. Pajonal de *Paspalum quadrifarium*.**

### 5.3. Dunas

En el sector de llanura de la cuenca del arroyo del Azul, las dunas son las geformas eólicas más conspicuas tanto por su grado de expresión morfológica como por las condiciones ambientales que localmente generan. Las de tipo parabólicas presentan típicamente forma en “U”, con brazos paralelos de entre 1 y 2 km de extensión y una “nariz” que los une en sus extremos más septentrionales; la altura relativa varía entre 1 m y 1,5 m; mientras que las longitudinales son geformas lineales, muy regulares en su aspecto y dispuestas en forma paralela entre sí, con dimensiones de entre 4 y 10 km de largo, menos de 100 m de ancho y alturas relativas similares a las parabólicas (Figura 14). Conforman el extremo sudoriental del extenso campo de dunas oriental de la región pampeana, en general están bien preservadas y se reconocen con facilidad en imágenes satelitales.



Figura 14. Disposición de las dunas parabólicas y longitudinales en el sector norte del área de estudio -líneas trazadas sobre imagen Landsat en tonos de grises- (tomado de Zárate y Mehl, 2010).

Según Zárate y Mehl (2010), juegan un papel destacado en el control de la red de drenaje, particularmente en los sectores más llanos de la cuenca donde aparentemente determinan la ubicación y orientación del tramo inferior del arroyo del Azul y Gualicho. Hacia el noreste de la cuenca parecen estar más disipadas y perder progresivamente identidad morfológica. Estas dunas están formadas por limos arenosos macizos y muy friables (depósitos de loess arenosos), edafizados.

Los suelos superficiales de estas dunas son de menor grado de desarrollo relativo en cuanto al número de horizontes presentes y su diferenciación, en relación con los observados en los sectores bajos adyacentes a las mismas, y se caracterizan por ser bien drenados. Batista y León (1992) caracterizan a los suelos de estos sitios como profundos, ácidos y no salinos en todo el perfil.

Asimismo, constituyen los únicos sectores de la cuenca baja no afectados por las crecientes, por presentar mayores alturas relativas. Esta característica, junto con las propiedades edáficas presentes, determina que constituyan lugares aptos para diversos cultivos agrícolas (Figura 15). Por ejemplo, es muy común la siembra de cultivos invernales, como la cebada (*Hordeum vulgare*), y estivales como la soja (*Glycine max*).

La vegetación que ocupaba estos ambientes antes del proceso de sustitución del pastizal natural por cultivos agrícolas se correspondería con la denominada comunidad "A" de Burkart et al. (1990). Según estos autores, la misma estaría dominada por *Melica brasiliana* (melica), *Chascolytrum subaristatum* (colita de tatú o tembladerillas), *Nassella neesiana* (flechilla brava), *Piptochaetium bicolor* (flechilla o lágrima de la virgen), *Paspalum dilatatum* (pasto miel), *Bothriochloa laguroides* (plumerillo blanco o cola de zorro), *Cynara cardunculus* (cardo de castilla), *Carthamus lanatus* (cardo lanudo), *Sida rhombifolia* (afata, escoba o falso malvavisco) e *Hypochaeris radicata* (falsa achicoria), entre otras, formando una comunidad que se relaciona, sin excepción, a los campos más altos de la región. Las condiciones de mejor drenaje, la ausencia de salinidad en el perfil y la posición topográfica relativa en el paisaje hacen que estos sitios sean frecuentemente utilizados para la implantación de cultivos agrícolas, lo cual trae necesariamente como consecuencia la reducción de la superficie ocupada por los típicos pastizales de loma descriptos para toda la cuenca del Salado.

#### 5.4. Cubetas de deflación

Las cubetas de deflación son geoformas eólicas que se caracterizan por la presencia de una depresión topográfica, de forma semicircular a circular, excavada por deflación (vientos predominantes del cuadrante sudoeste-oeste). Por su relieve negativo, las cubetas suelen conformar cuerpos de agua temporarios cuyo diámetro varía entre 2 y 300 m, de escasa profundidad (entre 0,30 y 1,5 m), y debido a las condiciones de drenaje interno deficiente por su subsuelo arcilloso e impermeable, el agua de lluvia se acumula en ellas y se mantiene allí más tiempo que en los campos circundantes (Tricart, 1973). El perfil transversal de estas geoformas permite reconocer la denominada lunett, que es un borde elevado ubicado hacia el sector noreste-este producto de la acumulación del material deflacionado. En estos médanos adyacentes, el perfil del suelo muestra evidencias de buenas condiciones de drenaje interno (Zárate y Mehl, 2010).

En estos humedales se desarrollan comunidades vegetales dominadas por especies que pueden dividirse en tres grandes grupos, de acuerdo con su tipo de hábitat: acuáticas, palustres y terrestres (Figura 16). Las primeras, también llamadas hidrófitas, son aquellas que cumplen sus ciclos vitales en el agua, sumergidas, emergentes o flotantes, libres o arraigadas al sustrato. Las plantas palustres o helófitas son las que viven en suelos permanentemente inundados y, en general, poseen poderosos rizomas enterrados en el fango actuando como órganos de fijación, sostén y reserva; también suelen denominarse anfibias, ya que están sujetas a las fluctuaciones en el régimen hídrico, adaptadas a períodos tanto de inundación como de desecación, para lo cual poseen estructuras que reflejan su ajuste a las condiciones del medio acuático. Las especies terrestres, en cambio, no presentan tales estructuras, dado que se desarrollan en un medio aero-terrestre. Sin embargo, en el amplio conjunto de plantas terrestres, las que viven en las proximidades de los cuerpos de agua, aún sin ser palustres, pueden desarrollarse en suelos temporalmente inundados (Lahitte et al., 1997). Scaramuzzino et al. (2010) relevaron las especies de monocotiledóneas hidrófitas y helófitas presentes en los humedales de la cuenca del arroyo del Azul (interior de los cuerpos de agua permanentes y temporarios y en sus áreas perimetrales, como así también en micrositios húmedos) y en total registraron 97 especies: 57 Poáceas, 19 Ciperáceas, 5 Juncáceas y 16 especies de otras familias.

Vervoorst (1967) señala que en las cubetas de mayor extensión (aquellas de más de 20 m de diámetro) se observa una zonación característica en las épocas húmedas, que desaparece en las secas, para reaparecer tan pronto como vuelve a acumularse agua. Vercelli (2011) caracterizó botánicamente esas zonas y las denominó (desde la orilla hacia el centro) como “duraznillar”, “juncal” y “claro”, según la presencia de las especies indicadoras en cada una de ellas, que resultaron ser el duraznillo blanco (*Solanum glaucophyllum*), arbusto poco ramificado de hasta 1,5 m de altura, el junco (*Schoenoplectus californicus* var. *californicus*), ciperácea formadora de matas densas que alcanza hasta 2 m de altura, con poderosos rizomas horizontales, y el junquito (*Eleocharis macrostachya*), especie junciforme de unos 0,5 m de altura, respectivamente. Además de estas indicadoras, también acompañan otras especies tolerantes a la inundación y los suelos saturados como *Ludwigia peploides* ssp. *peploides* (falsa verdolaga o duraznillo de agua), *Alternanthera philoxeroides* (lagunilla), *Polygonum hydropiperoides* (pimienta del agua), *Glyceria multiflora* (cebadilla de agua), *Mentha pulegium* (menta), *Ranunculus apiifolius* (apio del diablo) y *Eleocharis viridans* (junquito), entre otras. Por otro lado, se encuentran especies flotantes como *Azolla filiculoides* (helechito de agua), *Ricciocarpus natans* y varias especies de lentejas de agua (*Lemna* sp. y *Wolffiella* sp.).

Estas cubetas, cuando están con agua, son el hábitat de varias especies de peces anuales, como los pavitos (*Austrolebias nigripinnis*, *Austrolebias bellotti* y *Megalebias elongatus*), también de tachuelas o limpiafondos (*Corydoras paleatus*), madrecitas (*Jenynsia multidentata* y *Cnesterodon decemmaculatus*), mojarra (*Astyanax fasciatus*, *Astyanax eigenmanniorum* y *Bryconamericus iheringi*), mojarritas (*Cheirodon interruptus*), e inclusive carpas (*Cyprinus carpio*). Los pavitos están adaptados a los ciclos de seca e inundación de estos ambientes, en tanto que los otros peces mencionados solamente pueden acceder por conectividad acuática o zoocoria. Las cubetas también son habitadas por anfibios, como ranas criollas (*Leptodactylus ocellatus*), sapos comunes (*Chaunus arenarum*), escuerzos (*Ceratophrys ornata*), ranitas del zarzal (*Hypsiboas pulchellus*), escuercitos (*Odontophrynus americanus*), sapitos de jardín (*Rhinella dorbignyi*), ranitas de Fernández (*Physalaemus fernandezae*), ranitas enanas (*Psuedopaludicola falcipes*) y ranitas nadadoras (*Pseudis minuta*). Dentro de los reptiles, se destacan las culebras de bañado, de pastizal o verdinegra (*Liophis poecilogyrus sublineatus*).

Estos humedales son uno de los sitios con mayor riqueza de avifauna de la región. Holzman y los hermanos Spagnuolo (comunicaciones personales) han avistado aproximadamente 60 especies en estos ambientes, tales como espátulas rosadas (*Platalea ajaja*), macáes comunes (*Rollandia rolland*), macáes pico grueso (*Podilymbus podiceps*), macáes grandes (*Podiceps major*), cisnes cuello negro (*Cygnus melancoryphus*), junqueros (*Phleocryptes melanops*), gallaretas ligas rojas (*Fulica armillata*), gallaretas chicas (*Fulica leucoptera*), gallaretas escudete rojo (*Fulica rufifrons*), patos capuchinos (*Anas versicolor*), patos picasos (*Netta peposaca*), patos zambullidores grandes (*Oxyura ferruginea*), patos cuchara (*Anas platalea*), patos maiceros (*Anas georgica*), patos gargantilla (*Anas bahamensis*), patos barcinos (*Anas flavirostris*), patos colorados (*Anas cyanoptera*), cuervillos de cañada (*Plegadis chichi*), caracoleros (*Rostrhamus sociabilis*), gaviotas capucho café (*Larus maculipennis*), cigüeñas americanas (*Ciconia maguari*), varilleros ala amarilla (*Agelaius thilius*), aguateros (*Nycticryphes semicollaris*), jacanas (*Jacana jacana*), teros reales (*Himantopus melanurus*), garcitas azuladas (*Butorides striatus*) y garzas brujas (*Ncticorax ncticorax*).

Estos ambientes también son el hábitat de mamíferos como las comadreas coloradas (*Lutreolina crassicaudata*) y los coipos (*Myocastor coypus bonariensis*). Además, se encuentran comunidades constituidas principalmente por invertebrados, tales como las artemias de agua dulce (*Dendrocephalus* sp.), los caracoles manzana (*Pomacea canaliculta*), sanguijuelas, arañas y decenas de especies de insectos.

Las cubetas presentan una dinámica con cambios muy pronunciados según el régimen hídrico, por lo que en ciertos momentos se presentan colmadas de agua funcionando como reservorios y abrevaderos, mientras que en otros períodos se secan y son entonces invadidas por el ganado que recurre a esos sitios para aprovechar hierbas palatables. Algunas de esas especies de valor forrajero son: el trébol blanco (*Trifolium repens*), la cebadilla de agua (*Glyceria multiflora*), el raigrás (*Lolium multiflorum*), la hierba de las hadas (*Lachnagrostis filiformis*), la lupulina (*Medicago lupulina*) y la gramilla (*Cynodon dactylon* var. *dactylon*), entre otras (Vercelli et al., 2012). Tal cual lo plantean Kandus et al. (2011) los humedales, grandes o pequeños, con mayor o menor biodiversidad, presentan un conjunto de funciones que se pueden traducir en bienes y servicios, y cuya sustentabilidad, en esencia, depende del mantenimiento de sus características condicionantes primarias.



**Figura 15. Duna con camino central que conduce al monte del establecimiento rural y bordes cultivados.**



**Figura 16. Cubeta de deflación y su vegetación característica.**



## 6. El mosaico de paisajes

*Ilda Entraigas - Natalia Vercelli*



Los distintos paisajes de la cuenca del arroyo del Azul están definidos, primordialmente, por la fisonomía que les aportan sus comunidades vegetales. Así, es posible distinguir un sector, la cuenca alta, donde predominan comunidades con estructura muy simple, diseñadas y establecidas por el hombre a costa de subsidios de diferente naturaleza (Burkart et al., 2005). Estos cultivos son comunidades de sustitución o reemplazo, dominadas por una única especie implantada que puede ser soja, maíz, girasol, colza o sorgo en verano, y trigo, cebada, avena o lino en invierno y primavera. El impacto del uso agrícola sobre esta zona de la cuenca es de tal magnitud que la matriz del paisaje está justamente definida por el apotreramiento general de sus tierras, mientras que los pastizales naturales serranos han sido fragmentados y reducidos, por lo que actualmente conforman parches con vegetación relativamente original. Por su parte, en la cuenca alta los corredores estarían conformados por los cursos de agua, sus riberas, los préstamos de las rutas y caminos vecinales y los bordes de los alambrados.

Por otro lado, la matriz en el paisaje de la cuenca baja del arroyo del Azul está conformada por los pastizales naturales, ocupando la mayor superficie del área (78 % de los casi 4.000 km<sup>2</sup>). Esto coincide con la descripción general de la Pampa Deprimida, en que la principal actividad económica es la cría de ganado a base de pastizales naturales, debido a las restricciones ambientales para la actividad agrícola (Sala et al., 1981). Argañaraz y Entraigas (2010) llevaron a cabo un estudio para identificar y realizar mapas de los distintos tipos de cubiertas de suelo en este área (Figura 17). Así, fueron identificados los cultivos, tanto estivales como invernales, que se concentran principalmente en los sectores NO y SE de la cuenca baja y ocupan el 12 % del área, disponiéndose, en ocasiones, sobre cordones de material eólico que bordean las cubetas de deflación y

sobre las dunas de dirección SO-NE donde los suelos son más profundos y menos susceptibles a inundación. Los pajonales de paja colorada se distribuyen principalmente entre Azul y Cacharí, en el centro-oeste de la cuenca baja y representan el 5 % del área. También se elaboró el mapa conteniendo los 2.678 bajos inundables que sumados a los cursos de agua, representan el 4 % del área. Algunos tienen carácter permanente y en otros, la intermitencia de las inundaciones permite el desarrollo de vegetación, conformando praderas húmedas (Perelman et al., 2001).

Comparando entonces con la estructura propuesta para la cuenca alta del arroyo del Azul, el paisaje en la cuenca baja se caracteriza por su pendiente casi nula y la baja proporción de áreas topográficas positivas, predominando la cría del ganado en la mayor parte del área, en la que se desarrollan pastizales naturales que constituyen la vegetación predominante. Los pastizales naturales, entonces, conforman la matriz del paisaje en la que se encuentran inmersos parches constituidos por las cubetas de deflación, los fragmentos de pajonales de paja colorada y aquellos potreros destinados a la actividad agrícola. A su vez, al igual que en la cuenca alta, los corredores están conformados por los cursos de agua, sus riberas, los préstamos de las rutas y caminos vecinales, las vías ferroviarias, los bordes de los alambrados y, se suman, las dunas.

En toda la extensión de la cuenca también se desarrollan pequeños bosques o montes en zonas de perfil levemente positivo que rodean la casa o eje principal de los establecimientos rurales. Estos parques de vegetación leñosa también funcionan como parches dentro de la matriz del paisaje. En general, la especie más común es el eucalipto colorado (*Eucalyptus camaldulensis*), aunque también se destacan varias especies de álamos (*Populus* sp.), olmos siberianos (*Ulmus pumila*), acacias blancas (*Robinia pseudoacacia*), sauces llorones (*Salix babylonica*), fresnos americanos (*Fraxinus pennsylvanica*) y falsos eucaliptos medicinales (*Eucalyptus cinerea*), entre otros (Borzzone, comunicación personal). Es notable cómo estos árboles, en general exóticos y de gran porte, se han arraigado y desarrollado muy bien en estos ambientes. Tricart (1973), basándose en la facilidad con que en el presente se desarrollan los árboles en la llanura pampeana, considera al desarrollo de la estepa herbácea actual como una herencia de un período geológico reciente, más seco, por lo que no sería una vegetación climáxica (no coincide con las precipitaciones, bastante altas, que actualmente se registran en la

zona). Por otro lado, León y Burkart (1998) también postulan que las comunidades de pastizales de la Pampa Deprimida no pueden ser consideradas climáticas porque han sido pastoreadas por herbívoros domésticos durante los últimos siglos, y eso ha provocado que, desde el punto de vista florístico, se hayan incorporado muchas especies exóticas, se haya modificado la proporción original de especies nativas y que se hayan perdido localmente algunas de las especies dominantes originales.

Hace unos 20.000 años, durante la máxima expresión del último ciclo glacial, el paisaje en el actual territorio de la provincia de Buenos Aires (a pesar de no sufrir directamente la presencia del hielo), era similar al que actualmente se desarrolla en el norte de la región patagónica, es decir, frío y árido, con extensos mantos de arena transportados por el viento y con el desarrollo de una vegetación esteparia (Tonni et al., 1998). Las oscilaciones climáticas producidas durante el período Cuaternario, relacionadas con las fluctuaciones marcadas del nivel del mar, han tenido una influencia de indudable importancia en los procesos de erosión-acumulación que tuvieron lugar en los diversos ambientes de la región pampeana (Fucks et al., 2012). De esta manera, los procesos eólicos dominaron la depresión del Salado, en condiciones de clima árido a semiárido, generando un relieve extremadamente llano (pendientes del orden del 0,3%), salpicado por depresiones y elevaciones aisladas y una red de drenaje muy poco desarrollada (Fucks et al., 2007), mientras que posteriormente, durante épocas más húmedas dentro de este período, los depósitos eólicos fueron retrabajados por acción del agua y la gravedad, proceso que continúa hasta la actualidad. Así, la erosión y la acumulación causadas por el viento que tuvieron lugar durante gran parte del Cuaternario, le dieron el aspecto general a la llanura y determinaron la formación de cubetas de deflación, lunettes, dunas longitudinales y parabólicas, etc., mientras que la acción del agua en períodos más húmedos retrabajó el paisaje eólico heredado, conformando la red de drenaje y permitiendo el desarrollo de suelos, participando así ambos procesos en el modelado del paisaje actual.

En síntesis, por más que al observar nuestra llanura sea tentador recurrir a los procesos hidrológicos como fuente principal de explicación sobre mucho de lo que sucede en su seno, en realidad no debería olvidarse del primordial papel que jugaron los procesos eólicos en la conformación del paisaje pampeano. Está claro que la estructura y el funcionamiento actual de los distintos ambientes que conforman

el mosaico de la cuenca, son producto de una serie de acciones de distinta naturaleza que secuencialmente fueron imponiendo su impronta actual al paisaje.

Como expresa Matteucci (1998a), el paisaje es originado y evoluciona por la acción de un conjunto de variables y procesos físicos, bióticos y sociales que se interrelacionan, es decir, que es un *sistema*. Dicho sistema está constituido por un conjunto de elementos que son perceptibles u observables a simple vista o a través de fotografías aéreas o imágenes satelitales, como por ejemplo los cuerpos de agua, los afloramientos rocosos, la cobertura vegetal, la forma del relieve, los asentamientos urbanos, que González Bernáldez (1981) denominó *fenosistema*. A su vez, al caracterizar tales elementos, así como al interpretar su patrón de disposición, las relaciones entre ellos y los cambios que sufren en el tiempo y en el espacio, lo que se abre es una puerta que permite inferir acerca de patrones y procesos subyacentes, ya no tan observables fácilmente, que conforman el *criptosistema* (por ejemplo, la dinámica geomorfológica, la formación de los suelos, la delineación de la red hidrográfica, la influencia de la historia del uso del suelo, la distribución de organismos sobre gradientes ambientales, etc.).

De acuerdo a lo expresado en el párrafo anterior, las unidades del paisaje que aquí se han descrito, han sido reconocidas en función del fenosistema, que es la manifestación visible del criptosistema. Ahora bien, estas unidades han sufrido cambios a lo largo de la historia ya que el paisaje se ha transformado, principalmente como consecuencia de las actividades humanas. Así, los cultivos y las pasturas implantadas han reemplazado enormes extensiones de pastizales naturales, miles de cabezas de ganado doméstico han sustituido a los herbívoros originarios, numerosas carreteras y caminos han ocupado antiguas huellas, decenas de canales han multiplicado la red de drenaje, miles de tanques australianos han modificado la distribución del agua, extensos tendidos de alambrados han compartimentado la superficie de la cuenca, varias especies introducidas (jabalíes, ciervos colorados, liebres europeas, almejas asiáticas, carpas, gorriones, eucaliptos) han desplazado o eliminado a especies autóctonas, diversos asentamientos urbanos han ocupado sectores de riberas y valles de inundación, etc. Todos estos cambios tienen consecuencias relativas a la erosión de los suelos, la fragmentación del paisaje, la pérdida de biodiversidad, la alteración de la calidad de las aguas, entre muchos otros aspectos.

En suma, estas cuestiones puntuales modifican el funcionamiento integral de la cuenca afectando los procesos hidrológicos que están tan relacionados, por ejemplo, con la sustentabilidad productiva de las tierras. Y es fácil darse cuenta que gran parte de esto se debe a la posición soberbia y absurda que ha adoptado el hombre ante todo lo que le rodea, impulsado por su visión cortoplacista y economicista de la naturaleza. Matteucci (1998c, pág 20) expresa: *“La concepción humana acerca de su superioridad sobre la naturaleza ha sido una constante en la mayoría de las culturas. Quizás se originó a partir del descubrimiento (¿o invención?) de la posibilidad de manejar el fuego, o de la domesticación de plantas o animales, o con la construcción de las primeras herramientas o armas. Esta concepción se tradujo en la práctica en una separación entre el ser humano y su ambiente, con el hombre siempre en primer lugar y por encima del ecosistema natural. La sociedad se lanzó a la conquista de la naturaleza, perdiendo la percepción de su ubicación como parte integrante del ambiente y como factor modificador de peso, dado su poderío tecnológico, olvidando o ignorando que, como sistema orgánico, el ambiente puede responder con cambios frecuentemente no previsible.”*

Y en este punto pareciera oportuno resaltar la idea de que aquí no se plantea una concepción ambiental *versus* una concepción productiva. La cuenca del arroyo del Azul está conformada por agroecosistemas los que, según Swift y Anderson (1992), se caracterizan por la generación y manejo de una comunidad simplificada, muchas veces dominada por especies exóticas al lugar, y donde las relaciones bióticas entre las diferentes comunidades que componen el sistema están, de una u otra forma, alteradas. Además, los problemas ambientales asociados a la actividad agropecuaria son muy numerosos y de diversa índole. Oesterheld (2008), a partir de una encuesta informal a especialistas argentinos, sostiene que los principales problemas son la contaminación por uso de fertilizantes y plaguicidas y por residuos animales (en el caso de producción animal confinada a espacios reducidos), mientras que la degradación del suelo (disminución de materia orgánica, de nutrientes y erosión) y la pérdida de diversidad, son cuestiones que también preocupan mucho a los técnicos e investigadores científicos. En nuestra cuenca la inmensa mayoría de las tierras se usa para el pastoreo de animales domésticos o se la cultiva en una forma cíclica, y es importante saber que en la actualidad existen propuestas -generalmente inspiradas en el

paradigma de la sustentabilidad- para el diseño de nuevos sistemas productivos. Así, tal cual lo plantea Casas (2006, pág. 9) “...*La adecuada gestión del ambiente y uso de los recursos naturales será una exigencia del comercio internacional, por lo que los países que apliquen políticas ambientales rigurosas, exigirán que también lo hagan el resto de los mismos, a riesgo de impulsar sanciones comerciales. La situación planteada no debe considerarse como una amenaza sino como una oportunidad para la Argentina. Si somos capaces de actuar rápidamente en la formulación y aplicación de políticas ambientales consistentes, seguramente obtendremos ventajas comerciales a futuro.*”

Ahora bien, cuestiones como “ordenamiento territorial”, “planificación del paisaje”, “formulación y aplicación de políticas ambientales consistentes”, “manejo sustentable de los recursos naturales”, requieren que primero se transite por una etapa de diagnóstico en la que se estudien aspectos del paisaje como el patrón espacial de sus componentes, su dinámica temporal, las características de los procesos ecológicos que se desarrollan en su seno, etc. Así, la Ecología de Paisajes proporciona un amplio marco para abordar, por ejemplo, la función ecológica de fragmentos de hábitat en ambientes que han sido afectados por procesos antrópicos y los beneficios de la conectividad (Bennet, 1999).

En sistemas fluviales como el aquí planteado, los elementos constituyentes se encuentran hidrológicamente conectados en algún grado y todas las funciones dependen de dicha conectividad, es decir, del grado en el cual el agua, los organismos y los elementos suspendidos puedan moverse a través del paisaje (Figura 18). Los análisis hidrológicos de conectividad se focalizan sobre la frecuencia, la duración y el régimen del agua a través del sistema, principalmente del agua superficial, ya que el régimen del agua subterránea es más difícil de determinar. La *frecuencia* hace referencia a la determinación de cuán a menudo el agua está presente; la *duración* se refiere a cuánto tiempo el agua permanece, y el *régimen* a la dinámica del nivel del agua superficial o subterránea. A su vez, se pueden mencionar dos tipos de conectividad: la longitudinal y la lateral. La primera describe el grado de conexión a lo largo de la dirección principal de flujo para el agua, los sedimentos, los organismos acuáticos y otros elementos del sistema, tanto vivientes como inertes; mientras que la segunda describe el grado de conexión lateral a través del paisaje, en la que el agua y los elementos

suspendidos en una planicie de inundación se mueven sólo durante eventos de inundación.

Así, por diversos mecanismos, los ecosistemas se conectan regionalmente y, como consecuencia, es frecuente que lo que suceda en un ecosistema repercuta en otro (Turner et al., 2001). Por ejemplo, muchos efectos ambientales de la actividad agropecuaria son poco significativos a escala de predio pero, sumados, pueden tener repercusiones en otros ecosistemas e, incluso, en componentes de índole regional y hasta global -por ejemplo, en los acuíferos o la atmósfera- (Giampietro, 1999).

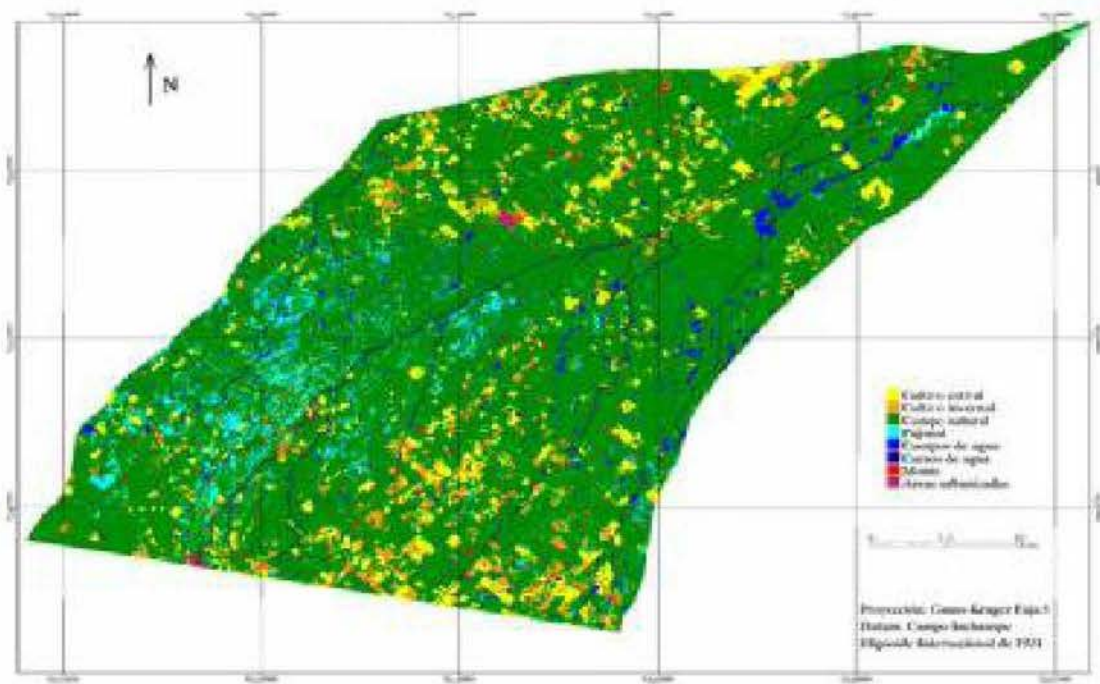
Conocer, entonces, las características del mosaico territorial, es entender que la cuenca es un sistema ambiental complejo en el que, según las condiciones hidrológicas presentes, la conectividad se establece de una u otra manera. Por ejemplo, en determinadas ocasiones, las cubetas de deflación funcionan como parches de contornos bien definidos en los que se almacena agua temporalmente, y en otros momentos funcionan como corredores en los que circula el agua a partir del enlace temporal que se establece entre ellas. Otro ejemplo de elemento que le suma complejidad al sistema son las dunas. Estas geoformas, funcionan como verdaderas barreras para los intercambios laterales entre elementos del paisaje a ambos lados de las mismas, mientras que en situaciones de exceso hídrico son quienes direccionan el movimiento del agua, creando verdaderos cursos superficiales que corren recostados sobre sus laderas.

En suma, tener en cuenta las consideraciones anteriormente descritas ayudaría a que se cambie la visión que tradicionalmente pesa sobre el paisaje. Haría, por ejemplo, que fuera considerado como un sistema complejo, dinámico, sensible..., y para ello nada mejor que enmarcarse en el universo de la Ecología de Paisajes. De esta manera, los pastizales que han sido tan castigados por las actividades humanas (por ejemplo, con la expansión desmesurada de la frontera agrícola), podrán ser el foco de una planificación que asegure mecanismos que garanticen la conservación a largo plazo de la diversidad biológica y los ciclos naturales de dicho ecosistema. Lo mismo podría aplicarse a las cubetas de deflación y a los “peladares”, en los cuales, a partir de reconocer los servicios ambientales que prestan estos humedales (entre otros, su habilidad para reducir la velocidad de la corriente y almacenar los excesos de agua en épocas de crecientes e inclusive para mantener los niveles de agua durante parte de la estación seca;

Canevari et al., 1998), sería posible su justa valoración ya que, en general, estos ambientes han sido históricamente subestimados por sus limitaciones edáficas y anegamientos periódicos.

La cuenca del arroyo del Azul es un sistema que responde a los numerosos estímulos a los que es sometido continuamente, y los patrones, los procesos y la dinámica de su paisaje son resultado de las interacciones entre la sociedad y los ecosistemas. Debido al momento histórico que se atraviesa, las decisiones que se tomen sobre ella - por ejemplo, la gestión de sus recursos naturales o el ordenamiento de su territorio-, exige que se conozca, en primera instancia, todas sus expresiones observables (fenosistema), pero también que se entiendan los procesos que subyacen y que luego terminan manifestándose en superficie.

Estos procesos también incluyen a los aspectos sociales, porque para diseñar y poner en marcha políticas y estrategias de gestión del territorio y manejo sustentable de los recursos naturales, es necesario contar con el acompañamiento de todos los actores que forman parte del paisaje. Tal cual lo plantea Matteucci (1998c, pág. 28) “...no existe tecnología capaz de solucionar los problemas si no va precedida de ideas innovadoras y la valentía para explicitarlas, así como no podrá haber cambios sin la participación de la sociedad en su conjunto.” Los productores responsables de establecimientos agropecuarios tienen un rol fundamental en este desafío de impulsar un desarrollo equilibrado de la región, porque ellos son, en parte, los custodios de los relictos de pastizal natural, de las riberas de los arroyos, de las laderas de las sierras, de la fauna silvestre, de los suelos, de las aguas superficiales y subterráneas... Y los otros actores de la sociedad de quienes se necesita su participación son los docentes, ya que ellos son las vías más eficientes para multiplicar el conocimiento y transmitir valores. Por eso este humilde libro está dedicado particularmente a ellos..., a los que tienen la inmensa responsabilidad de formar ciudadanos libres y responsables. Porque no son tantos los textos que contemplan a los ecosistemas regionales, y está claro que si soñamos con que en nuestras escuelas se analicen los ambientes que nos rodean, entonces los investigadores tenemos que hacer el esfuerzo para que los productos de nuestro trabajo se “traduzcan” y sean accesibles a quienes luego los lleven a las aulas.



**Figura 17. Mapa de cubierta del suelo del sector llano de la cuenca (tomado de Argañaraz y Entraigas, 2010).**



**Figura 18. Conectividad hidrológica en el mosaico paisajístico para un momento de exceso hidrológico (agosto de 2012).**





## 7. Los paisajes de la cuenca al aula

*Natalia Vercelli - Laura Chaito - Ilda Entraigas*

Enseñar ciencias plantea la necesidad de establecer puentes entre el conocimiento cotidiano de los alumnos con el cual dan sentido al mundo y los modelos y marcos teóricos con el que los científicos analizan e interpretan la realidad (Gellon y Furman, 2009).

Según el Diseño Curricular para la Escuela Secundaria elaborado por la Dirección General de Cultura y Educación de la provincia de Buenos Aires, la enseñanza de las ciencias debe dirigirse hacia el propósito específico de la “Alfabetización Científica” (DGCyE, 2010). A partir de este concepto, señala que la educación consiste no sólo en conocer conceptos y teorías de las diferentes disciplinas, sino también en entender la ciencia como actividad humana en la que las personas se involucran, dudan y desconfían de lo que parece obvio, formulan conjeturas, confrontan ideas y buscan consensos, elaboran modelos explicativos que contrastan empíricamente, avanzan pero también vuelven sobre sus pasos, revisan críticamente sus convicciones...

La ciencia utiliza numerosas representaciones externas para comunicar el conocimiento, cada una con sus características particulares de construcción, análisis y transformación. Además, actualmente los individuos se encuentran inmersos en una cultura visual llena de representaciones. Entonces, el aprendizaje de las ciencias debe hacer énfasis en los procesos necesarios para formar dichas representaciones, analizarlas y transformarlas en otras, ya que la internalización de conceptos pertenecientes a la ciencia está ligada al aprendizaje sobre las representaciones que forman parte del conocimiento científico.

Por otro lado, el mencionado diseño curricular afirma que los alumnos de la Escuela Secundaria son sujetos lectores y escritores, por lo que el docente debe atender a la especificidad que cobra esta tarea en la clase de ciencias. Dicha especificidad no sólo está dada por la

terminología del área, sino también por las maneras particulares en que se presenta la información; muchas descripciones y explicaciones pertenecientes a la Biología suelen apoyarse en diagramas, esquemas, gráficos, imágenes, etc., que forman parte del lenguaje específico de esta disciplina, y que los alumnos deben aprender a interpretar correctamente. Diferentes registros presentan distintas posibilidades y limitaciones para el tratamiento y la comunicación de la información, por lo que cuanto mayor sea el número y tipo de relaciones que el alumno pueda establecer, mayor será su comprensión conceptual (García, 2005).

Es por esto que, en el presente libro, hemos decidido incorporar una propuesta de actividades áulicas para la enseñanza y el aprendizaje de los paisajes regionales, diseñada con el objetivo de enfrentar a los alumnos con situaciones de lectura y escritura, utilizando representaciones gráficas en distintos registros semióticos. Debe tenerse en cuenta que en la región los ambientes estudiados se encuentran sometidos a diferentes presiones de uso agrícola-ganadero, por lo que pueden considerarse como agroecosistemas. En este capítulo, en primer lugar, se presentan las orientaciones didácticas para que el docente pueda llevar adelante la propuesta, y luego se propone la misma.

### **7.1. Orientaciones para el docente**

Como ya fuera mencionado, la propuesta de actividades que aquí se presenta tiene por finalidad llevar los paisajes de la región a las aulas a través del análisis de representaciones gráficas en diferentes tipos de registros semióticos. Así, durante el desarrollo de las tareas propuestas, los alumnos deberán formar, tratar y convertir gran cantidad de representaciones gráficas seleccionadas específicamente para el abordaje de esta temática, de manera tal que esto les permita conocer la cuenca del arroyo del Azul a la vez que se interiorizan en el uso de algunos de los registros semióticos más utilizados en el ámbito científico.

Teniendo en cuenta los principales conceptos de la Ecología de Paisajes desarrollados en el primer capítulo de este libro, la propuesta se estructura siguiendo las distintas escalas de análisis que plantea esta rama de la ciencia: en las primeras actividades se intenta que los alumnos logren describir la *región* donde se encuentra incluida la

cuenca del arroyo del Azul; luego, los estudiantes deberán analizar el *paisaje* de la cuenca en general, para más tarde poder caracterizar los *ecotopos* presentes en la misma. Por último, las actividades de cierre pretenden la comparación y relación entre unidades del paisaje, para intentar construir desde la ciencia escolar el *mosaico* de paisajes presente en la cuenca bajo estudio.

En primer lugar, para llevar adelante las actividades propuestas, el docente debe tener en cuenta que los alumnos requieren conocimientos previos referidos a conceptos básicos de la estructura y la dinámica de los ecosistemas en general. Además, debe contextualizar los contenidos a enseñar de dos formas diferentes para promover en los alumnos un aprendizaje significativo: el para qué los chicos lo deben aprender y el cómo se vincula el contenido enseñado con su entorno vital. Es decir, siguiendo a Ausubel et al. (1978), debe tener en cuenta la significatividad del material en sí mismo (su estructura y organización) y la motivación para el aprendizaje significativo del alumno.

Las actividades diseñadas para el inicio de esta propuesta tienen como objetivo caracterizar la región que incluye a la cuenca del arroyo del Azul, teniendo en cuenta principalmente su ubicación dentro de la provincia de Buenos Aires y las condiciones climáticas imperantes, para promover la comprensión del contexto en el cual se encuentran los paisajes locales que se analizarán posteriormente.

Las actividades de desarrollo consideradas aquí cuentan con dos partes: una que pretende describir la cuenca del arroyo del Azul teniendo en cuenta el mosaico ambiental, es decir, a escala de paisaje; y otra que analiza (con alto nivel de detalle) los principales ecotopos presentes en el sector más llano de la cuenca.

Entonces, el objetivo principal de las actividades de desarrollo a escala de paisaje será que los alumnos reconozcan las diferencias que se presentan al interior de la cuenca del arroyo del Azul, a la vez que la diferencian del partido homónimo. A partir del análisis de distintas imágenes satelitales y de diversos mapas temáticos de la cuenca se espera que sean capaces de justificar las diferencias que se presentan entre la zona más alta (serrana) y la más baja (llana) en el material analizado. El docente debería poner énfasis en el significado de las diferencias de colores, de escalas, de herramientas tecnológicas con las que se produjeron las representaciones, etc. La idea es que el análisis conjunto de diferentes tipos de representaciones gráficas

permita justificar los diversos usos que se le dan a la tierra, los cuales responden a los requerimientos de las actividades agropecuarias que se realizan en la zona de estudio.

Por otro lado, en cada ecotopo, el objetivo será la caracterización del mismo teniendo en cuenta la comunidad vegetal, la microtopografía y la dinámica del agua, para lo cual el docente guiará a los alumnos (para favorecer su metacognición) hacia la idea de que están utilizando procedimientos similares a los que usan los científicos en sus investigaciones: manipular los datos obtenidos mediante el muestreo de la vegetación, analizar imágenes en distintos registros de modo que muestren aspectos diferentes de los objetos analizados, expresar los resultados en forma de gráficos, esquemas o tablas, etc. Estos procedimientos llevan a la transformación de los datos obtenidos en información útil para comparar ambientes ecológicamente diversos. Además, dicha información es requerida como preliminar para la realización de estudios específicos referidos a la hidrología de la cuenca y al manejo sustentable de los agroecosistemas presentes en la misma.

Es importante que la dinámica de trabajo con cada agroecosistema en particular sea grupal, lo que permitirá que los alumnos realicen la tarea con suficiente nivel de detalle al tener que abocarse cada grupo a uno de los distintos objetos de análisis. Dicha modalidad de trabajo también habilitará que las actividades de cierre sean al mismo tiempo de socialización del conocimiento construido colectivamente y de inteligencia distribuida (Perkins, 1992). Es decir, que considerando el trabajo realizado por cada grupo como proceso de construcción colectiva del conocimiento, se habilitará a que las actividades de cierre se constituyan en situaciones de trabajo cooperativo y colaborativo (además de procesos de socialización del conocimiento), cuya realización permitirá que las mismas se conviertan en actividades de evaluación coherentes y consistentes con el proceso de enseñanza y aprendizaje consumado por el docente y los alumnos. De este modo, se garantiza que lo que el docente evalúe sea aquello que ha enseñado, apuntando tanto a valorar la calidad del desarrollo del proceso de construcción de los conocimientos como la calidad de los resultados de dicho proceso.

Durante las actividades 4 y 5 dentro del análisis a escala de ecotopo, el docente tendrá la posibilidad de evaluar el desempeño de sus alumnos respecto del trabajo grupal de caracterización detallada.

Al redactar un pequeño texto donde se resuman los resultados obtenidos y las conclusiones a las que se arribó, los estudiantes llevarán adelante un proceso importante de síntesis del conocimiento construido colectivamente y de desarrollo de la inteligencia distribuida. Esto hace que el docente pueda apreciar nuevamente aquellos procesos que se han llevado adelante durante las actividades en grupos de trabajo, y verifique la calidad de los resultados de los mismos.

Las actividades sugeridas para la finalización del módulo de trabajo se constituyen como situaciones de evaluación, ya que permiten apreciar el avance del proceso de aprendizaje en el alumno y la calidad de los resultados de la enseñanza. Allí, las consignas de trabajo pretenden lograr la comparación, generalización y aplicación de los conocimientos adquiridos a la solución de problemas reales de su entorno. Asimismo, este proceso de evaluación constituye una instancia más en el proceso de aprendizaje, ya que facilita a los alumnos la generación de esas estructuras que son indispensables para el logro de una aprehensión significativa de los contenidos escolares tratados en la propuesta.

Esta forma de presentar la enseñanza de la temática de paisajes, facilita al docente la posibilidad de abordar el contenido teniendo en cuenta que hoy la inteligencia ya no se considera como un ente monolítico sino como una diversidad de capacidades, es decir lo que Gardner (1998) ha denominado “inteligencias múltiples”. Este autor tiene una visión pluralista de la mente que reconoce muchas fases distintas de la cognición y postula que las personas tienen diferentes potenciales cognitivos. Así, la inteligencia se considera como la capacidad para resolver problemas, o para elaborar productos que son de gran valor para un determinado contexto comunitario o cultural. Aquí se propone prioritariamente el trabajo con al menos siete de las ocho inteligencias explicadas por Gardner (1998, 2003): la inteligencia biológico-naturalista, la lógico-matemática, la lingüística, la visoespacial o visomotora, la cinético-corporal, la intrapersonal y la interpersonal. De esta forma el docente tiene el reaseguro de “no dejar fuera” las capacidades de ningún alumno, ya que apela a través de las actividades a las distintas dominancias de la inteligencia.

Finalmente, es importante aclarar que, si bien esta propuesta de actividades está pensada para ser llevada a cabo en su totalidad, será el docente quien, evaluando las condiciones de posibilidad de la

situación particular de sus alumnos, tomará las decisiones pertinentes para recortar y/o reformular la mismas en la forma que considere más productiva para ellos.

Las actividades desarrolladas en este trabajo para el análisis detallado de cada ecotopo se presentan tomando como ejemplo a las cubetas de deflación que se distribuyen en la cuenca baja del arroyo del Azul. Para trabajar con las demás unidades, el docente deberá confeccionar las tablas correspondientes y reelaborar las consignas siguiendo como modelo los ejemplos presentados, utilizando la información contenida en este libro, así como también los resultados y conclusiones expuestos en diversos trabajos donde se estudian los paisajes de nuestra cuenca: el corredor y principal conector del paisaje, el arroyo del Azul, fue analizado desde diferentes perspectivas por Rodríguez (2004), Rudzik (2006) y Trovato Yungblut (2008), los pajonales de paja colorada por Lara (2010), los campos naturales por Migueltoarena (2009), Lucero (2011), Vercelli (2011) y Álvarez Lezcano (2012), y las cubetas de deflación por Migueltoarena (2009) y Vercelli (2011). Cada uno de los documentos mencionados fue presentado como Trabajo Final para obtener el título de Profesor en Ciencias Biológicas (UNCPBA), contiene información detallada de los ambientes analizados y, además, presenta diferentes aspectos de la enseñanza de las ciencias en la Escuela Secundaria. Estos trabajos están disponibles en la biblioteca de la Facultad de Agronomía de Azul para su consulta.

## **7.2. Propuesta de actividades para el aula**

### **LOS PAISAJES DE LA CUENCA DEL ARROYO DEL AZUL**

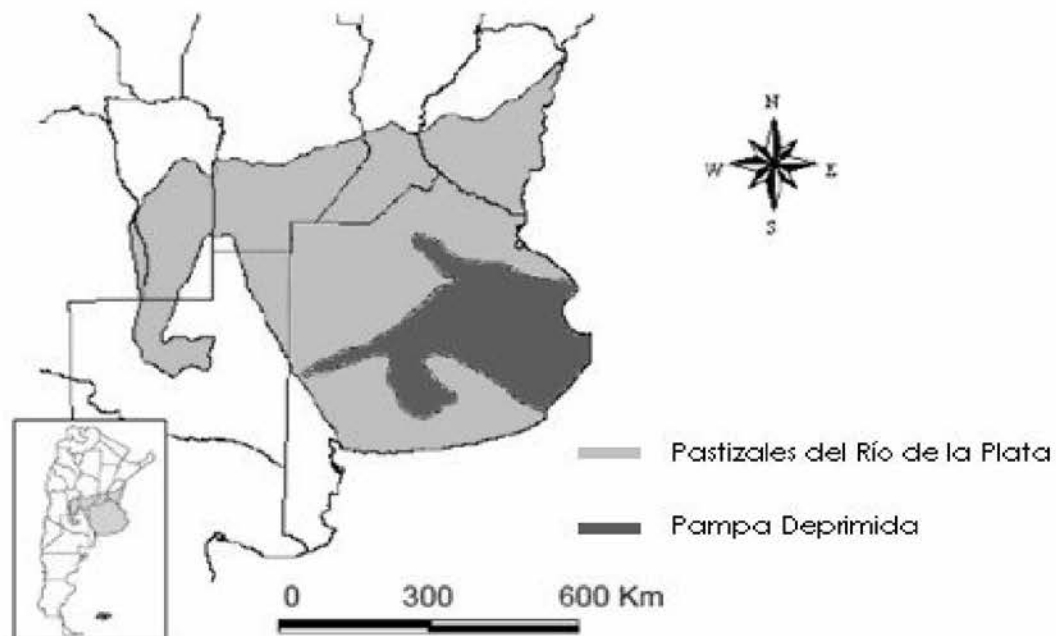
Luego de haber estudiado los ecosistemas en general adoptando un modo de pensamiento sistémico y fisiológico, comenzaremos a analizar las características propias de los paisajes locales, considerándolos como agroecosistemas, es decir, ambientes sometidos por el hombre a frecuentes modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos. Dichas modificaciones afectan prácticamente a todos los procesos y abarcan desde el comportamiento de los individuos y la dinámica de las poblaciones, hasta la composición de las comunidades y los flujos de materia y energía.

La implantación de agroecosistemas es un fenómeno ampliamente extendido, a tal punto que de todas las acciones humanas que modifican el ambiente, el establecimiento de agroecosistemas es por lejos el que afecta a la mayor superficie.

### Actividades a nivel regional

#### **El contexto de la cuenca del arroyo del Azul**

En el centro-este del país existe una planicie aparentemente continua, de unos 760.000 km<sup>2</sup>, conocida como Pastizales del Río de la Plata. Dentro de dicha región se extiende una gran llanura, de 10 millones de hectáreas aproximadamente, ubicada hacia el noreste y sudoeste de las sierras de Tandilia en la provincia de Buenos Aires, la cual es conocida como “Pampa Deprimida”.



Area ocupada por los Pastizales del Río de la Plata (gris), destacando la Pampa Deprimida (gris oscuro). Modificado de Soriano et al., 1992.

- Busquen información sobre las características principales de esta subregión teniendo en cuenta: clima, tipo de vegetación

predominante, régimen hídrico, suelos y tipos de agroecosistemas más frecuentes.

- ¿Cuáles son las características principales que la diferencian del resto de los pastizales del Río de la Plata?
- En un mapa físico-político de la provincia de Buenos Aires ubiquen el partido y la ciudad de Azul.
- En el mismo mapa, marquen el sector ocupado por la subregión denominada Pampa Deprimida.
- Dentro de la subregión en cuestión, algunos autores distinguen dos áreas: La Depresión del Salado y la Región de Laprida.
  1. ¿Por qué recibe esta denominación la primera de ellas?
  2. Averigüen en qué sector se encuentra el partido de Azul.

### **Actividades a escala de paisaje**

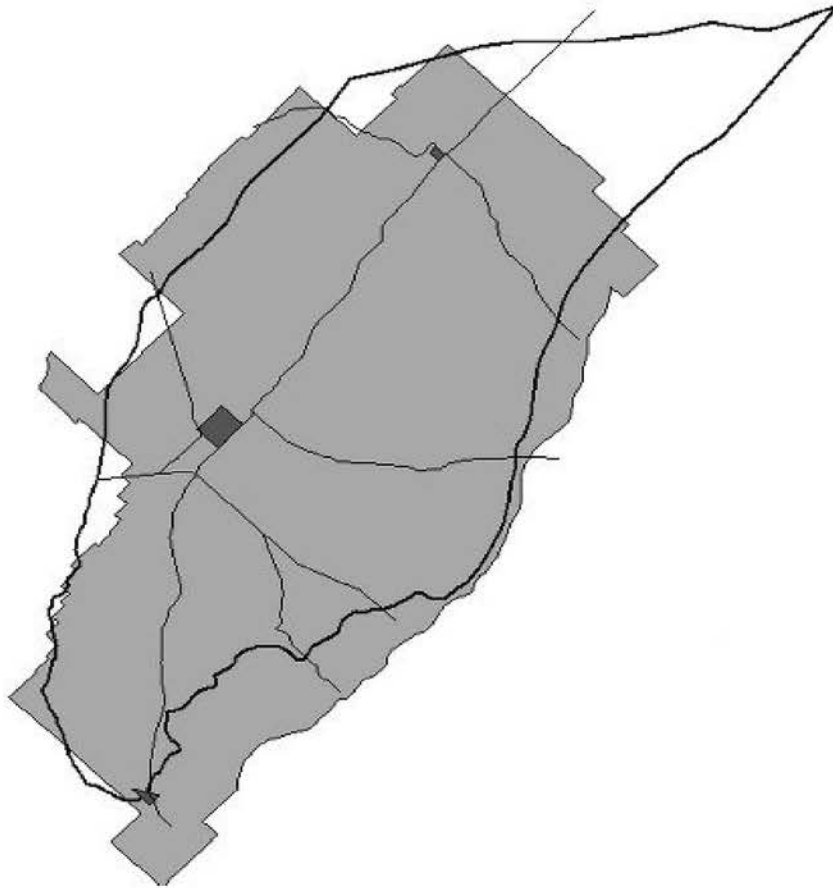
#### **La cuenca del arroyo del Azul**

Como se explicó anteriormente, el partido de Azul se ubica en el centro geográfico de la provincia de Buenos Aires, ocupando un área de 6.615 km<sup>2</sup>. Su cabecera es la ciudad homónima, en la que viven 65.000 habitantes en una superficie de 27 km<sup>2</sup>. Otras localidades importantes del partido son Cacharí, 16 de Julio y Chillar. La cuenca del arroyo del Azul cubre casi la totalidad del partido, ocupando una superficie de 6.237 km<sup>2</sup>.

**Actividad N° 1.** La imagen inferior muestra los límites del partido y de la cuenca del arroyo del Azul, además de las principales rutas que lo atraviesan y las localidades principales.

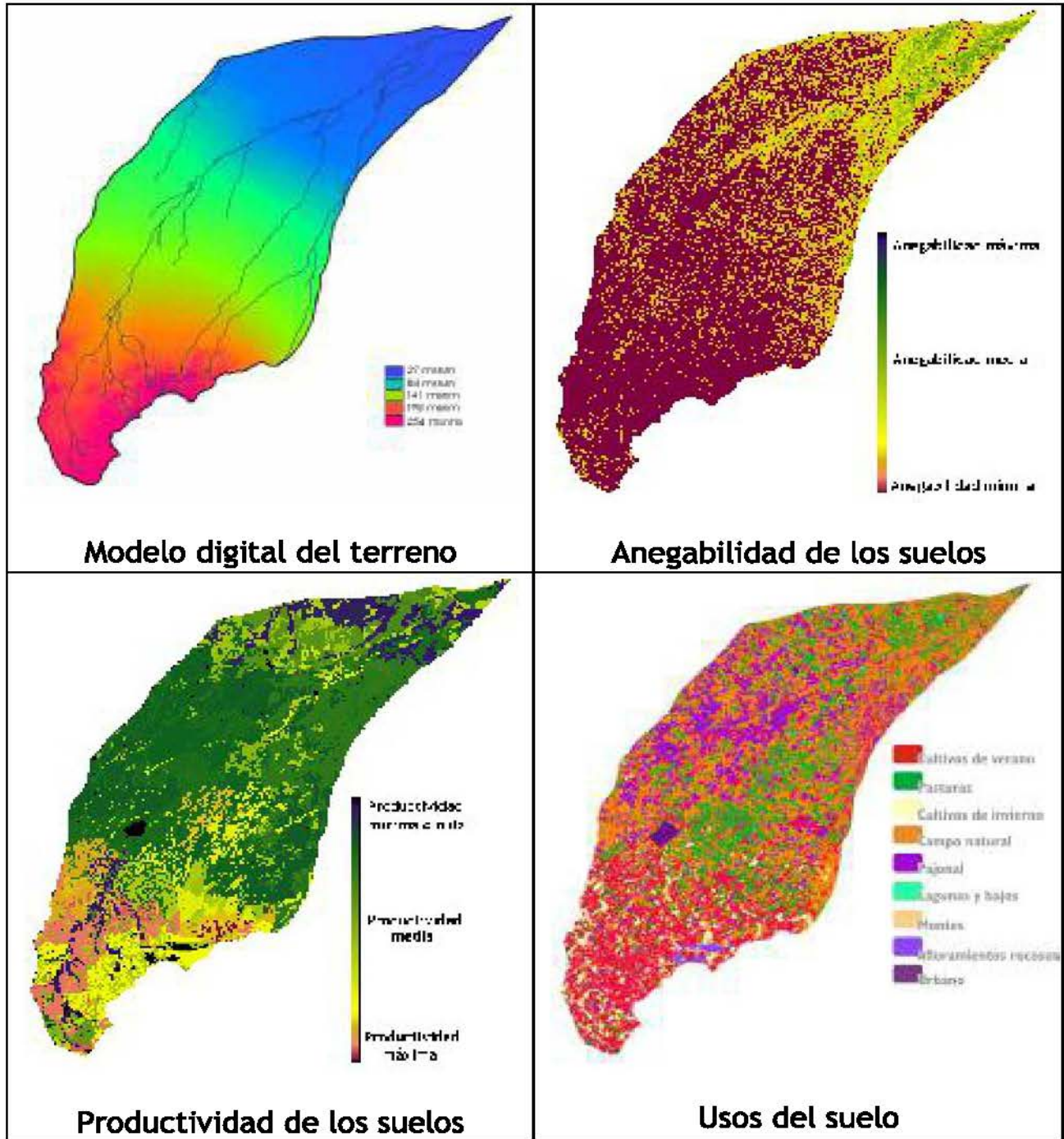
1. Revisen el significado del concepto cuenca.
2. Identifiquen las rutas que atraviesan el partido y las localidades más importantes. Agreguen en la misma imagen los partidos que limitan con Azul.

3. Expliquen por qué no coinciden los límites mencionados. Tenga en cuenta el criterio usado para su delimitación.



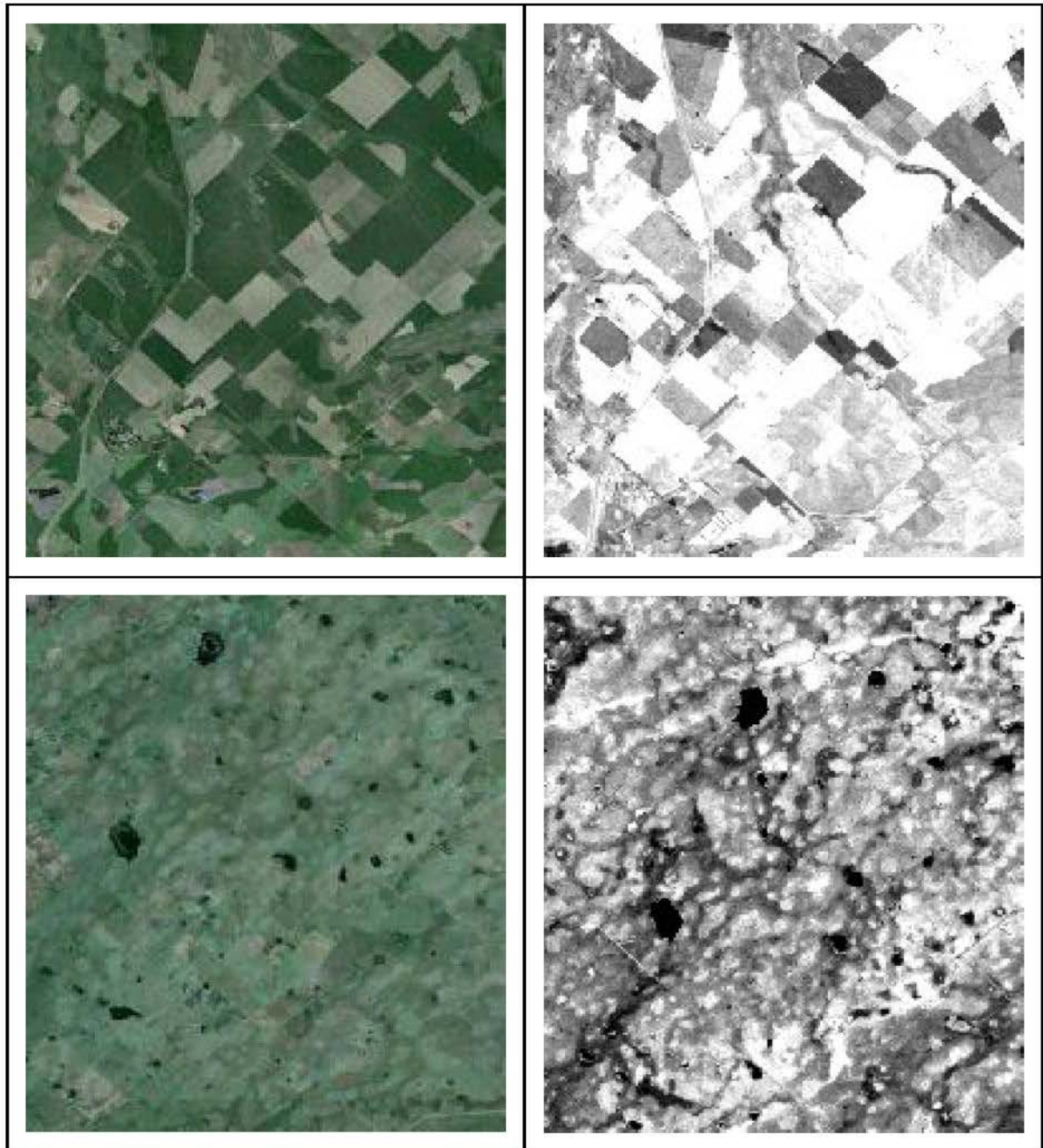
**Actividad N° 2.** A pesar de la uniformidad aparente del terreno, la cuenca del arroyo del Azul suele ser dividida en subcuencas con fines de análisis. Los criterios de delimitación obedecen principalmente a las pendientes y a las características hidrológicas.

A continuación se presenta una serie de mapas temáticos (extraídos de Entraigas, 2008) con información que permite explicar las diferencias entre los sectores norte y sur de la cuenca.



- A. Observen los mapas con detenimiento y analicen la información aportada por cada uno de ellos.
- B. Relacionen la información contenida en los mapas y escriban un texto donde se sinteticen las principales características de los sectores norte y sur.

**Actividad N° 3.** Las imágenes que se muestran en la tabla siguiente fueron obtenidas a partir de sensores ubicados en plataformas satelitales. Las de la izquierda tienen diferente resolución espacial (distinto grado de detalle) que las de la derecha, pero corresponden a la misma zona de análisis.



- I. Identifiquen a qué sector de la cuenca pertenece cada imagen y justifique.
- II. ¿Ambos sitios se corresponden con el concepto de agroecosistema?
- III. ¿Qué características requiere un ecosistema para poder albergar a los principales cultivos comerciales? ¿Se cumple esto en algún sitio de la cuenca bajo análisis?

### **Actividades a escala de ecotopo**

Una vez finalizada la caracterización de la cuenca del arroyo del Azul, analizaremos las diferentes unidades o ecotopos que se incluyen en el paisaje de la misma, cada uno de los cuales presenta características distintivas en cuanto a la comunidad vegetal que soportan, la dinámica del agua, la microtopografía y el perfil de suelos.

Para llevar adelante un análisis detallado de cada unidad, los alumnos se dividirán en grupos de trabajo, a fin de que cada uno estudie un ecotopo en profundidad. Luego, cada uno de estos grupos presentará a los demás los resultados obtenidos y las conclusiones a las que arribaron, para que todos puedan conocer y comparar estos ambientes a partir de las variables analizadas.

### **Ejemplo: Las Cubetas de Deflación**

**Actividad N°1.** A continuación se presenta una tabla que contiene los elementos necesarios para construir el perfil topográfico de una cubeta de deflación típica del sector más llano de la cuenca: se muestran las coordenadas de los puntos tomados en línea recta en el terreno analizado con dirección SE-NO y la altura de cada uno de ellos expresada en metros sobre el nivel del mar (msnm).

Nombre	Latitud	Longitud	H msnm	Distancia (m)	Sumatoria distancia
1	59° 42' 39,97''	36° 38' 12,02''	90,951		
2	59° 42' 40,59''	36° 38' 11,78''	90,998		
3	59° 42' 41,21''	36° 38' 11,51''	90,973		
4	59° 42' 41,62''	36° 38' 11,27''	90,883		
5	59° 42' 42,08''	36° 38' 11,04''	90,771		
6	59° 42' 42,67''	36° 38' 10,76''	90,438		
7	59° 42' 43,54''	36° 38' 10,37''	89,865		
8	59° 42' 44,02''	36° 38' 10,03''	89,736		
9	59° 42' 45,34''	36° 38' 9,32''	89,66		
10	59° 42' 45,6''	36° 38' 9,13''	89,766		
11	59° 42' 47,78''	36° 38' 7,62''	89,773		
12	59° 42' 48,36''	36° 38' 7,21''	89,802		
13	59° 42' 48,63''	36° 38' 6,98''	89,753		
14	59° 42' 48,97''	36° 38' 6,78''	89,78		
15	59° 42' 49,48''	36° 38' 6,43''	89,772		
16	59° 42' 50,6''	36° 38' 5,39''	89,867		
17	59° 42' 50,74''	36° 38' 5,2''	90,047		
18	59° 42' 50,84''	36° 38' 4,96''	90,420		
19	59° 42' 50,97''	36° 38' 4,7''	90,884		
20	59° 42' 51,04''	36° 38' 4,58''	90,800		

- I. Completen las columnas en blanco con las distancias entre los puntos y la sumatoria de éstas.
- II. Construyan el gráfico correspondiente en un plano cartesiano teniendo en cuenta las diferencias de escala entre ambas variables.
- III. Identifiquen y/o calculen:
  - a. Alturas del terreno máxima, mínima y promedio
  - b. Extensión total de la unidad de análisis

IV. A partir de las coordenadas de los puntos presentados en la tabla, localicen la cubeta estudiada con ayuda del programa Google Earth.

**Actividad N°2:** Para analizar la composición florística de las cubetas de deflación se las dividió en 3 sitios a partir de las diferencias visuales y de las especies predominantes en cada uno de ellos. Estos sitios se denominaron “Duraznillar”, “Juncal” y “Claro” y se ubican desde la orilla hacia el centro de la unidad respectivamente.

Las tablas presentadas a continuación resumen los datos obtenidos luego del muestreo de la comunidad vegetal presente en una cubeta, durante la primavera de 2010 y el otoño de 2011.

Clase	Familia	Especie	Status	FV	Duraznillar		Juncal		Claro	
					Pr	O	Pr	O	Pr	O
P	Azollaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	N	CrH			80	3	80	
L	Cyperaceae	<i>Eleocharis macrostachya</i>	N	CrG					24	3
		<i>Eleocharis radicans</i>	N	CrG	6					
		<i>Eleocharis viridans</i>	E	H		95		3		3
		<i>Schoenoplectus californicus</i>	N	H			45	25		
	Poaceae	<i>Amphibromus scabrivalvis</i>	N	CrG						3
		<i>Bromus catharticus</i>	N	H	1					
		<i>Cynodon dactylon</i>	E	CrG	45					
		<i>Glyceria multiflora</i>	N	H			5			3
		<i>Lachnagrostis filiformis</i>	E	T	3					1
		<i>Lolium multiflorum</i>	E	T	20					
		<i>Poa trivialis</i>	E	H	3					
M	Amaranthaceae	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	N	CrG		3		10		3
	Apiaceae	<i>Cyclospermum leptophyllum</i>	N	T	1					
		<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	N	CrG	1	3				

Asteraceae	<i>Ambrosia tenuifolia</i>	N	CrG	4					
	<i>Carduus acanthoides</i>	E	T	1					
	<i>Cirsium vulgare</i>	E	T	3					
	<i>Conyza sp.</i>	N	T	3					
	<i>Hypochaeris sp.</i>	E	H	1					
	<i>Symphothichium squamatus</i>	N	H		1				
Convolvulaceae	<i>Dichondra microcalyx</i>	N	H	24					
Fabaceae	<i>Medicago lupulina</i>	E	T	1					
Geraniaceae	<i>Geranium molle</i>	E	H			1		4	
Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i>	E	H	4		1			
Malvaceae	<i>Malvella leprosa</i>	N	CrG	1					
Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i>	N	H		3	45	35	24	25
Polygonaceae	<i>Polygonum hydropiperoides</i>	N	H			1	20	3	75
Ranunculaceae	<i>Ranunculus apiifolius</i>	N	T			4		3	
Solanaceae	<i>Solanum glaucophyllum</i>	N	F	10	7	1			

• Los datos numéricos muestran la cobertura de cada especie expresada en porcentaje, calculada en una parcela de 4 m<sup>2</sup>

• P: Pteridópsidas - L: Liliópsidas - M: Magnoliópsidas - N: Nativa - E: Exótica - FV: Forma de vida - Hi: Hidrófita - G: Geófita - T: Terófita - H: Hemicriptófita - F: Fanerófita - Pr: Primavera - O: Otoño

I. Para cada sitio y época del año determinen:

- Nº de especies, géneros y familias
- Nº de Pteridópsidas, Liliópsidas y Magnoliópsidas
- Familias más representadas
- Especies con mayores porcentajes de cobertura
- Porcentaje de especies nativas y exóticas. Representen los resultados mediante un gráfico de torta.

II. Con las respuestas anteriores confeccionen una tabla que resuma los datos obtenidos.

- III. Busquen información acerca de las características significativas (en sentido ecológico) de las familias más representadas. ¿Qué relación encuentran entre dichas familias y las particularidades del ambiente en cuestión?
- IV. Teniendo en cuenta los resultados de ambos muestreos, ¿cuáles creen que son las especies indicadoras para cada sitio?
- V. La riqueza específica (S) es una de las formas más sencillas de medir la biodiversidad, siendo este parámetro igual al número total de especies encontradas, por muestreo, en una comunidad determinada. Calculen la riqueza específica para cada sitio en ambas épocas de muestreo, sintetizando los resultados obtenidos en una tabla. ¿Encuentran relación entre las variaciones de éste parámetro, los sitios estudiados y las épocas de muestreo?
- VI. Las especies observadas en la cubeta de deflación fueron clasificadas según su forma de vida siguiendo el sistema de Raunkiaer (1934), el cual utiliza como criterio la posición de las yemas vegetativas de renuevo. A partir de la información presentada en la tabla anterior, calcule la proporción de cada forma de vida (en cada sitio y para cada época) y exprese los resultados mediante un gráfico de barras, es decir, construya el espectro biológico de la comunidad.
- VII. El índice de similitud de Jaccard ( $I_j$ ) es una forma de expresar el grado en que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas. Varía entre 0 (muestras que no comparten ninguna especie) y 1 (muestras que comparten las mismas especies). Dicho índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a: N° de especies presentes en el sitio A

b: N° de especies presentes en el sitio B

c: N° de especies comunes a ambos sitios, A y B







Apliquen la fórmula anterior para comparar la similitud en cada sitio en ambos muestreos, y entre los sitios para cada época analizada.

**Actividad N° 3.** Las cubetas de deflación son geoformas eólicas de erosión que se caracterizan por la presencia de una depresión topográfica de forma semicircular a circular. Los suelos desarrollados en estos ambientes presentan evidencias de drenaje interno deficiente, lo que provoca anegamientos en épocas de lluvias.

- ¿Qué inferencias pueden hacer acerca de la dinámica del agua en esta unidad del paisaje? Consideren los procesos de evaporación e infiltración.
- Intenten determinar cuáles son los servicios ecosistémicos que brindan este tipo de ambientes. ¿Existen diferencias entre épocas secas y húmedas? Justifiquen.

**Actividad N° 4.** A continuación se muestran fotografías tomadas en cada sitio para ambas épocas de muestreo.

- Observen detenidamente las fotografías y discutan las diferencias que perciben entre los distintos aspectos que presenta cada sitio en cada época del año.
- Redacten un pequeño texto donde se describan la fisonomía de cada sitio y de todo el ambiente en general, teniendo en cuenta las características ecológicas analizadas en los puntos anteriores.

	Primavera 2010	Otoño 2011
Duraznillar		
Juncal		
Claro		

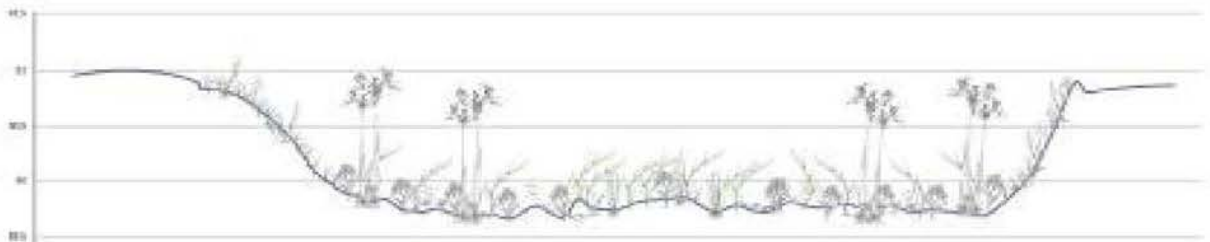
**Actividad N° 5:** Para describir y representar la fisonomía de una cubeta de deflación típica se realizaron esquemas donde se muestran las variaciones en el perfil del terreno, así como también la composición florística del ambiente, teniendo en cuenta los porcentajes de cobertura de las especies más abundantes.

- I. Observen detalladamente los esquemas y amplíen la descripción realizada en el punto anterior.

- II. Busquen en Internet fotografías de las especies más abundantes en cada época del año, a partir de los datos presentados en la tabla de la actividad 2. Sitio sugerido: [www.darwin.edu.ar](http://www.darwin.edu.ar).



Representación esquemática de la comunidad vegetal presente en una cubeta de deflación durante la primavera de 2010



Representación esquemática de la comunidad vegetal presente en una cubeta de deflación durante el otoño de 2011

### **Actividades de cierre**

#### **El mosaico de paisajes en la cuenca del arroyo del Azul**

Luego de escuchar atentamente las presentaciones de todos los grupos de trabajo y de anotar las características más importantes de cada ecotopo, se discutirán las conclusiones a las que arribó cada uno, enmarcándolos en el contexto de la cuenca del arroyo del Azul.

1. Comparen las unidades de paisaje analizadas teniendo en cuenta el espectro biológico y el índice de riqueza, en cada época del año y entre las mismas.

- a. ¿Cuál es el ambiente con mayor riqueza?
  - b. Analicen las variaciones del espectro biológico que se dan entre los agroecosistemas.
  - c. Intenten concluir qué sucede con las variables analizadas entre la primavera y el otoño. ¿Se observan comportamientos similares en las distintas comunidades?
2. Calculen el índice de Jaccard utilizando el total de especies encontradas en cada unidad de análisis. ¿Qué ecotopos presentan la mayor similitud?
3. ¿Qué tipos de agroecosistemas predominan en la zona de estudio? Relacionen la tendencia encontrada con las características de la cuenca bajo análisis.

## 8. Consideraciones finales

*Ilda Entraigas - Natalia Vercelli*



El rol del docente es fundamental al momento de organizar los procesos de enseñanza que acompañen a los estudiantes en sus aprendizajes, para que logren concebir a los ambientes agroecológicos como un todo dentro del cual los diferentes componentes tienen su importancia individual, a la vez que interactúan entre ellos de una manera intensa. Considerar estos sistemas de un modo integrador significa, paradójicamente, conocer en profundidad cada uno de los elementos que los componen y al mismo tiempo comprender su estructura, función y dinámica (Lucero, 2011). Pareciera que frecuentemente se saltean estos pasos, y se conduce a los alumnos directamente a la etapa única de análisis de un todo, sin los conocimientos básicos que permitan sostener discusiones criteriosas y arribar a conclusiones robustas, porque solamente se describen paisajes a manera de “cuento”, como si fueran “cuadros”, es decir, estructuras *cuasi* estáticas. Esto, una vez más resalta la importancia de que los alumnos, al momento de abordar ciertas problemáticas, profundicen el conocimiento acerca de los componentes del sistema para llegar a entenderlo como tal. Solo de esta manera van a tener herramientas para argumentar acerca de estas cuestiones tan integradoras y que no sean meros oyentes de explicaciones lineales y simplistas, a partir de las cuales construyan modelos extremadamente sencillos e incompletos de la realidad.

A veces pareciera que el análisis de un ecosistema cualquiera consiste en enumerar sus componentes bióticos y abióticos y luego, desde allí, sin muchas escalas intermedias, plantear temas como la contaminación ambiental, por ejemplo. ¡Hay tanto para analizar entre esos dos extremos temáticos! Muchos aspectos de un ecosistema deben entenderse previamente al análisis de cuestiones tan complejas como la contaminación, o el efecto de la invasión de especies exóticas, o el impacto de las actividades antrópicas, porque si no es

así, estas problemáticas terminan por analizarse muy superficialmente producto de la carencia de saberes básicos indispensables que permitan una discusión productiva y un entendimiento cabal de dichas cuestiones.

Al mismo tiempo, analizar la realidad a escala de paisaje y, a su vez, que dichos paisajes sean los de la región, ayudaría a que docentes y alumnos perciban, comprendan y valoren la complejidad de los agroecosistemas que nos rodean. Por ejemplo, es importante reconocer que dentro de los pastizales de la Pampa Deprimida existen un par de comunidades que podrían llamarse “típicas” (las cuales han sido descritas en base a su topografía, sus suelos y la frecuencia e intensidad de los anegamientos), pero que entre estas dos comunidades existe un gradiente de composición florística (Perelman et al., 1982) que estaría asociado con leves diferencias en la posición topográfica (Burkart et al., 1990) y que, a su vez, a lo largo de esta variación topográfica existen cambios en el régimen hídrico y en la frecuencia de anegamientos que afectan directamente a las poblaciones vegetales (Batista y León, 1992). Es decir que “a campo”, lo más probable es que no se encuentren esos ambientes “tipo”, tan bien descritos en la bibliografía, sino alguno de los diferentes estados y transiciones entre el pastizal supuestamente prístino y aquel considerado como el más alejado de la condición original (León y Burkart, 1998). Está claro que los agroecosistemas muestran una gran heterogeneidad ambiental y dinámicas estacionales e interanuales muy complejas (Oosterheld, 2008), y estas condiciones deben tenerse en cuenta al momento de plantearse el desafío de su análisis.

También sería importante adoptar una perspectiva no tan antropocéntrica al momento de evaluar algunos fenómenos. Por ejemplo, analizar las inundaciones y anegamientos desde el punto de vista de cómo afectan a los pastizales, considerando que, muchas veces, esos fenómenos pueden considerarse como un “servicio de la naturaleza” ya que favorecen a las gramíneas (en su mayoría nativas) en desmedro de muchas malezas (en su mayoría exóticas), por lo que revierten, al menos en parte, el deterioro provocado por el pastoreo; es decir, mejoran la cantidad y calidad del forraje disponible (Insausti, 1995; Insausti et al., 1999; Entraigas et al., 2013). En otros casos, por ejemplo en los pastizales no pastoreados, las inundaciones no tienen un gran efecto ya que las especies que los componen parecen ser tolerantes a las inundaciones (Oosterheld, 1990; Loreti y Oosterheld, 1996). Es decir, lo que a primera vista parece ser un fenómeno

negativo, no siempre lo es. Al menos, no para todos los sistemas, o no para todos los estados posibles de esos sistemas. De allí que sea necesario incorporar en los estudios de índole ecológica, la influencia de los disturbios característicos (por ejemplo, las inundaciones y el pastoreo) como parte fundamental de las causas que determinan la composición, la estructura y la dinámica de las comunidades de estos ambientes.

Está claro que el camino hacia la alfabetización científica no es nada fácil. Ese camino está relacionado con alumnos ávidos de información, con actitud inquisidora, interesados en la búsqueda de las causas de los fenómenos y en el análisis de situaciones con sentido crítico. Pero, como plantea Gortari (2000), resulta difícil que los docentes promuevan preguntas y propicien la formación de conceptos en sus alumnos cuando en realidad no han sido formados en ese sentido. Uno de los grandes problemas de la enseñanza de las ciencias es el abismo que existe entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y el modo en que se construye el conocimiento científico (Gil, 1986; Campanario y Moya, 1999). La metodología “tradicional” de transmisión verbal, por parte del docente, de conceptos y teorías ya construidas, nada tiene que ver con el proceso por el cual los científicos han arribado a la construcción de determinados cuerpos teóricos, y el rol asignado al estudiante es escaso, de carácter pasivo y limitado al cumplimiento de metas y objetivos propuestos por el docente.

Por otro lado, en ciertos casos, las creencias y opiniones de los propios profesores respecto al conocimiento científico pueden constituir un verdadero obstáculo durante el desarrollo de su práctica, ya que suele estar presente la convicción de que las actividades científicas son difíciles de realizar, que sólo pueden ser llevadas a cabo por los especialistas o que dentro del salón de clases es casi imposible lograrlas con éxito (Porlán Ariza y Martín del Pozo, 1996). Las reformas curriculares ocurridas durante los últimos años exigen que el docente se involucre significativamente en los cambios que éstas conllevan (Gil et al., 1998), adoptando los nuevos modelos para entender la ciencia, y contribuyendo de esta manera al proceso de alfabetización científica y al fortalecimiento de las relaciones Ciencia-Sociedad-Tecnología. Es por ello que se propone que el docente se permita la pregunta, se permita el “no-saber” y descubrir cosas con sus alumnos (Gortari, 2000). Atreverse a esto, en parte, significa que el docente acepte el reto de investigar en Ciencias Biológicas.

Además, tal cual lo plantea Pozo (2007), pensar en el aprendizaje de la ciencia como un proceso de cambio representacional, y no sólo conceptual, implica asumir que adquirir los conocimientos científicos requiere no sólo acceder a nuevos conceptos sino sobre todo a nuevos formatos y sistemas de representación, diferentes a aquellos sobre los que se estructuran nuestras teorías intuitivas. Entonces, un ciudadano alfabetizado científicamente debe ser capaz de comprender el lenguaje científico que incluye, entre otros, a los distintos registros utilizados por la ciencia para expresar ideas, resultados, tendencias, etc. Para alcanzar este propósito, es necesario aprender diferentes tipos de representaciones gráficas que se producen en las distintas instancias de investigación, es decir, mostrar cómo han sido armadas, en qué contexto y con qué supuestos fueron concebidas, qué efectos producen, qué información transmiten, qué ideologías las sustentan y, para esto, con la mirada espontánea no basta (Augustowsky, 2011). Esta misma autora postula que para descifrar y comprender las imágenes, es necesario poner en juego un conjunto de habilidades y procesos cognitivos que deben ser enseñados. La percepción demanda que el observador realice una serie de actividades mentales y que ponga en juego saberes interiorizados, estrategias que requieren una participación activa y consciente de quien la emplea.

Se espera que este texto sirva, al menos, como fuente de ejemplos regionales concretos de flora, fauna, suelos, ecosistemas, procesos ecológicos, patrones espaciales..., y así puedan generarse investigaciones escolares en las que, desde una perspectiva integradora y holística, se analicen y se discutan contenidos de ciencia teniendo a *nuestros* paisajes, los de la cuenca del arroyo del Azul, como protagonistas.

## **Bibliografía citada**

- Álvarez Lezcano, I. 2012. *Caracterización de la avifauna de los bajos alcalinos de la cuenca del arroyo del Azul y su integración con los contenidos propuestos para el 1º año de la Escuela Secundaria*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Ansín, O.E. 1995. *Pastoreo de comunidades halomórficas de la Pampa Deprimida*. Tesis de Magister, Facultad de Agronomía, UBA.
- Ansín, O.E., Deregibus, A. y Lanfranco, J.W. 2002. Papel del alga *Nostoc commune* y efecto del pastoreo por vacunos sobre la colonización de suelos alcalinos en la Pampa Deprimida. *Ecología Austral* 12:135-142.
- Arellano, A.R. 1953. Barrilaco pedocal, a stratigraphic ca. 5,000 B.C. and its climatic significance. *XIX Congreso Internacional de Geología*, Section VII, Fasc. VII, 53-76. En: Terrugi et al., 1957 (pp. 245).
- Ares, G., Varni, M., Entraigas, I. y Marzoratti, M. 2007. Evaluación de la variación espacio temporal de la cobertura vegetal en una cuenca del centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En: *Computación Aplicada a la Industria de Procesos*. Valderrama, J. (Ed.), Capítulo 15, 463-466.
- Argañaraz, J. y Entraigas, I. 2010. Análisis de los tipos de cubierta del suelo en la cuenca baja del arroyo del Azul (Buenos Aires, Argentina) a partir de imágenes Landsat 5 TM. En: M. Varni, I. Entraigas y L. Vives (eds.) *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. Vol. II:623-630. Editorial Martín. Mar del Plata.
- Augustowsky, G. 2011. Imagen y Enseñanza, educar la mirada. Capítulo 3. En: Augustowsky, G., Massarini, A. y Tabakman, S. *Enseñar a mirar imágenes en la escuela*. Tinta Fresca. Buenos Aires.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. 1978. *Educational Psychology: a cognitive view*. 2da Ed. Nueva York.
- Batista, W.B. y León, R.J.C. 1992. Asociación entre comunidades vegetales y algunas propiedades del suelo en el centro de la Depresión del Salado. *Ecología Austral* 2:47-55.

- Bennet, A. F. 1999. *Linkages in the Landscape. The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge, UK.
- Berasategui, L.A. y Barberis, L.A. 1982. Los suelos de las comunidades vegetales de la región Castelli-Pila, Depresión del Salado (Prov. de Bs. As.). *Revista de la Facultad de Agronomía* 3:13-25.
- Bilello, G. 2012. Transformaciones productivas de la ganadería vacuna a partir de la expansión agrícola. Su impacto en la ocupación de mano de obra y el empleo rural. Tesis Doctoral. Facultad de Agronomía de la UBA.
- Bilenc, 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.
- Borzzone, H. 2001. Reflexiones sobre el arbolado público. De Azul hacia el futuro. *El Tiempo*, periódico de Azul, Buenos Aires, Argentina.
- Burkart, S.E., León, R.J.C. y Movia, C.P. 1990. Inventario fitosociológico del pastizal de la Depresión del Salado (prov. Bs. As.) en un área representativa de sus principales ambientes. *Darwiniana* 30(1-4):27-69.
- Burkart, S.E., Garbulsky, M.F., Ghersa, C.M., Guerschman, J.P., León, R.J.C., Oesterheld, M., Paruelo, J.M. y Perelman, S.B. 2005. Las comunidades potenciales del pastizal pampeano bonaerense. En: Oesterheld, M., M.R. Aguiar, C.M. Ghersa y J.M. Paruelo (comps.), *La heterogeneidad de la vegetación de los agroecosistemas: un homenaje a Rolando J.C. León*. 379-399. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Cabrera, A.L. 1963. Compositae. En: A.L. Cabrera (ed.), *Flora de la Provincia de Buenos Aires*. Colección Científica del INTA. 4(6 a).
- Cabrera, A.L. 1971. *Fitogeografía de la República Argentina*. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XIV(1-2).
- Campanario, J.M. y Moya, A. 1999. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias* 17:179-192
- Canevari, P., Blanco, D., Bucher, E., Castro, G. y Davidson, I. 1998. *Los humedales de la Argentina. Clasificación, situación actual, conservación y legislación*. Wetlands International - Pub. N° 46.
- Cañibano, A., Gandini, M., Sacido, M. Y Vázquez, P. 2004. El crecimiento de la actividad agrícola en la cuenca del arroyo del Azul, Buenos Aires, Argentina. *XI Simposio Latinoamericano sobre percepción remota y sistemas de información espacial*. Chile.

- Casas, R. 2006. Preservar la calidad y salud de los suelos: una oportunidad para la Argentina. *Anales de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria* 60:37-61.
- Cazenave, G. 2012a. *Inundación del 18 de mayo de 2012 en la ciudad de Azul. Informe técnico elevado a las autoridades de la Municipalidad del Partido de Azul*. Instituto de Hidrología de Llanuras. Azul, Buenos Aires.
- Cazenave, G. 2012b. *Predicción numérica de crecidas del arroyo del Azul y análisis de medidas de mitigación. Informe técnico elevado a las autoridades de la Municipalidad del Partido de Azul*. Instituto de Hidrología de Llanuras. Azul, Buenos Aires.
- Chapman, D. 1992. *Water Quality Assesment*. Chapman & Hall. Londres.
- Chebez, J.C. 2005. *Guía de las Reservas Naturales de la Argentina*. Tomo 5: Zona Centro. Editorial Albatros. Buenos Aires.
- Costanza, R., D'arget, R., Groot, R., Faber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, T.V., Paruelo, J., Sutton, R. y Van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Dajoz, R. y Leiva Morales, M.J. 2003. *Tratado de Ecología*. Mundi-Prensa Libros. Madrid.
- D'Alfonso, C., Scaramuzzino, R. y Requesens, E. 2007. Poáceas en pastizales del Partido de Azul (Bs. As.): comparación de ambientes serranos y de Pampa Deprimida. *IV Congreso Nacional - I Congreso del Mercosur sobre manejo de pastizales naturales*. Villa Mercedes.
- D'Alfonso, C., Scaramuzzino, R. y Farina, E. 2009. Asteraceae en un Sector del Sistema de Tandilia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* Vol.44 - (Suplemento): 84-85.
- Dalla Salda, L., de Barrio, R.E., Echeveste, H.J. y Fernández, R.R. 2005. El basamento de las sierras de Tandilia. En: R.E. de Barrio, R.O. Etcheverry, M.F. Caballé y E. Llambías (eds.), *Geología y recursos minerales de la provincia de Buenos Aires*. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, Cap. III:31-50.
- De Dominicis, H. 2010. *Parámetros productivos y resultados económicos en establecimientos de cría del norte del Partido de Azul. Estudio de caso*. Tesis de Especialista en Gestión de la Cadena de Valor de la Carne Bovina. Universidad de Buenos Aires - Universidad de Lomas de Zamora. Buenos Aires.

- Delucchi, G. 2006. Las especies vegetales amenazadas de la provincia de Buenos Aires: Una actualización. *APRONA Boletín Científico* N° 39:19-31.
- DGCyE. 2010. *Diseño curricular para la Educación Secundaria: marco general para el ciclo superior*. 1ra Edición. La Plata
- Entraigas, I. 2008. Implementación de Sistemas de Soporte de Decisiones Multipropósito a escalas urbana y rural. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP.
- Entraigas, I., Pandolfo, A., Rigo, S. y Pacheco, D. 1997. *Arroyo del Azul... y del Verde*. Informe Final del Proyecto de Investigación Escolar. Club de Ciencias "Callvú Leovú", EEM N° 1 de Azul.
- Entraigas, I., Battista, C., Dalla Valle, C., Ibarbide, V. y Rui, L. 2002. *La trama verde de Azul*. Informe Final del Proyecto de Investigación Escolar. Instituto San Cayetano de Azul.
- Entraigas, I., Rodríguez, L., Arrubia, E., Ruiz, N., Cirigliano, B., Andrich, A. y Ridaio, M. 2004a. Análisis comparativo de las poblaciones de moluscos pertenecientes al bafon sobre *Potamogeton pectinatus* y *Zannichellia palustris*. *III Jornadas sobre Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos*. Tandil, Buenos Aires.
- Entraigas, I., Gandini, M. y Varni, M. 2004b. Zonificación de inundaciones mediante la percepción remota y el relevamiento visual in situ a escala urbana y periurbana. En: Gonzáles, M.A. y Bejerman, J.J. (eds.), *Peligrosidad geológica en argentina. Metodologías de análisis y mapeo. Estudio de casos*. Cap. 3:230-246.
- Entraigas, I., Migueltoarena, M.V., Argañaraz, J., D'Alfonso, C. y Scaramuzzino, R. 2011. Análisis de la heterogeneidad interna de la vegetación en bajos alcalinos con diferentes presiones de uso pastoril en la cuenca del Arroyo del Azul (Bs. As., Argentina). *III Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes*. Bariloche.
- Entraigas, I., Vercelli, N., Carretero, N., Chiramberro, S. y de Dominicis, H. 2013. Influencia de los anegamientos prolongados en la composición florística del pastizal natural en la cuenca baja del arroyo del Azul. *IV Jornadas - I Congreso Argentino de Ecología de Paisajes*. San Pedro.
- Fandiño, B. y Pautasso, A. 2011. Avifauna del AVP La Salamandra. En: Pautasso, A., *La fauna y su conservación en los Bajos Submeridionales*. Edición Biológica. Santa Fe.
- Farina, E. L. y Orfila, E. N. 2000. Plantas Acuáticas de Utilidad Económica Presentes en el Arroyo Azul. Publicación N° 16.

***Programa Institucional de Investigación y Transferencia Tecnológica.***

- Fertonani, M.E. y Prendes, H. 1983. Hidrología en área de llanura. Aspectos conceptuales, teóricos y metodológicos. En: M.C. Fuschini Mejía (Ed.) *Hidrología de las Grandes Llanuras*. Coloquio de Olavarría. UNESCO. Secretaría Nacional de Recursos Hídricos. Vol. 3: 787-864.
- Forman, R.T.T. 1983. An ecology of the landscape. *Bioscience* 33:535.
- Forman, R.T.T. y Godron, M. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *Bioscience* 31: 733-740.
- Forman, R.T.T. y Godron, M. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley & Sons. Nueva York.
- Fucks, E., Huarte, R., Carbonari, J. y Figini, A. 2007. Geocronología, paleoambientes y paleosuelos holocenos en la región pampeana. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(3):425-433.
- Fucks, E., Pisano, F., Carbonari, J. y Huarte, R. 2012. Aspectos geomorfológicos del sector medio e inferior de la Pampa Deprimida, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 25 (1-2):107-118.
- Fuschini Mejía, M.C. 1994. *El agua en las llanuras*. UNESCO/ORCYT, Montevideo.
- García, J.J. 2005. La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula. Tesis doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada.
- García Torres, L. y Fernández-Quintanilla, C. 1991. *Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Gardner, H. 1998. *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Paidós Ibérica. Barcelona.
- Gardner, H. 2003. *La inteligencia reformulada. Las inteligencias múltiples en el siglo XXI*. Paidós Ibérica. Barcelona.
- Gellon, G. y Furman, M. 2009. Ciencias Naturales. En: C. Bracchi (Coord.) *Diseño curricular para la Educación Secundaria*. 1ra Edición. La Plata.
- Gentile, R., Correa, H. y Fidalgo, F. 1987. Estratigrafía del Cenozoico Superior en la cuenca del arroyo del Azul, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *X Congreso Geológico Argentino*, Tomo III:283-287.

- Giampietro, M. 1999. Economic growth, human disturbance to ecological systems, and sustainability. En: L.L. Walker (ed.) *Ecosystems of disturbed ground*. Elsevier, Ámsterdam.
- Gil, D. 1986. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las ciencias* 4(2):111-121.
- Gil, D., Furió, C. y Gavidia, V. 1998. El profesorado y la reforma educativa en España. *Investigación en la escuela* 36:49-64.
- González Bernáldez, F. 1981. *Ecología y Paisaje*. Blume Ediciones. Madrid.
- Gortari, M. 2000. El aprendizaje y la enseñanza de las Ciencias Naturales. En: *Educación General Básica. Los contenidos en la enseñanza. Aportes para el debate metodológico y el análisis institucional*. Ediciones Novedades Educativas.
- Grosman, F. y Merlos, C. 2011. Una mirada ambiental a los ecosistemas acuáticos del partido de Azul. En: E. Requesens (Coord.) *Bases agroambientales para un desarrollo sustentable del partido de Azul*, Cap. IV:77-116. Facultad de Agronomía, UNCPBA.
- Herrera, L., Laterra, P., Maceira, N., Zelaya, D. y Martínez, G. 2009. Fragmentation status of tall-tussock grassland relicts in the Flooding Pampa, Argentina. *Rangeland Ecol. Manage* 62:73-82.
- IHLLA. 2003. *Sistema de soporte para la gestión eficiente de los recursos hídricos en la llanura bonaerense*. Proyecto CIC-UNCPBA, Informe Final. Instituto de Hidrología de Llanuras. Azul.
- INDEC. 2010. *Censo de población, viviendas y hogares por radios censales para la ciudad de Azul, Buenos Aires*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de la República Argentina.
- Insausti, P. 1995. *Respuestas estructurales y funcionales a las inundaciones de un pastizal de la Depresión del Salado*. Tesis Magíster Scientiae. Facultad de Agronomía. UBA.
- Insausti, P., Chaneton, E. y Soriano, A. 1999. Flooding reverted grazing effects on plant community structure in mesocosms of lowland grassland. *Oikos* 84.
- Jensen, W., Hodgson, E., Christiansen, H., Mackey, J., Tinney, L., y Sharitz, R. 1986. Remote sensing inland wetlands: a multispectral approach. *Photogrammetry Engineering Remote Sensing* 52(1):87-100.
- Kandus P., Quintana, R., Minotti, P., Oddi, J.P., Gonzalez Trilla, G. y Ceballos, D. 2011. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidrogeomórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. En: Laterra, P., E. Jobbagy y J. Paruelo (Eds.)

- Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, 265-292.
- Katinas, L., Gutiérrez, D.G., Gross, M.A. y Crisci, J.V. 2007. Panorama de la familia Asteraceae (=Compositae) en la República Argentina. *Boletín de la sociedad Argentina de Botánica* 42(1-2):113-129.
- Köppen, W. 1931. Klassifikation der klimare nach temperatur, niederschlag und jahreslauf. *Petermann's Mitteilungen* 64: 193-203.
- Lahitte, H.B., Hurrell, J.A., Mehlreter, K., Belgrano, M.J., Jankowski, L.S., Haloua, M.P. y Canda, G. 1997. *Plantas de la costa. Las plantas nativas y naturalizadas más comunes de las costas del Delta del Paraná, Isla Martín García y ribera platense*. L.O.L.A. Buenos Aires.
- Lara, B. 2010. Biogeografía de islas en fragmentos de pajonal del paisaje de Ariel. Análisis de la enseñanza del concepto de biodiversidad en la Educación Secundaria Básica. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía, UNCPBA.
- Lara, B. y Gandini, M. 2011. Biogeografía de islas en fragmentos de pajonal del paisaje Ariel (Azul, Buenos Aires, Argentina). *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes* 2(2):1-8.
- Lattera, P. y Maceira, N. 1996. Ecología de pajonales de paja colorada: impacto del fuego sobre la productividad, la biodiversidad y la estabilidad del sistema. En: Sarmiento, G. y M. Cabido (eds.) *Biodiversidad y funcionamiento de Pastizales y Sabanas en América Latina. Estado del conocimiento y perspectivas de investigación*. Cytel-Cielat.
- Lattera, P., Vignolio, O.R., Hidalgo, L.G., Fernández, O.N., Cahuépe, M.A. y Maceira, N.O. 1998. Dinámica de pajonales de paja colorada (*Paspalum* spp.) manejados con fuego y pastoreo en la Pampa Deprimida Argentina. *Ecotropicos* 11(2):141-149.
- León, R.J.C., Burkart, S.E. y Movia, C.P. 1979. Relevamiento fitosociológico del pastizal del norte de la Depresión del Salado (Partidos de Magdalena y Brandsen, Prov. de Buenos Aires). Vegetación de la República Argentina, 1-90. *Serie Fitogeográfica* 17, INTA.
- León, R.J.C. y Burkart, S.E. 1998. El pastizal de la Pampa Deprimida: estados alternativos. *Ecotropicos* 11(2):121-130.
- Loreti, J. y Oesterheld, M. 1996. Intraspecific variation in the resistance to flooding and drought in populations of *Paspalum*

- dilatatum* from different topographic positions. *Oecologia* 108:279-284.
- Lucero, L. 2011. *Los suelos de los peladares de la cuenca baja del arroyo del Azul: caracterización físico-química y análisis de su abordaje en el 4º año de la Escuela Secundaria*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Lucero, L., Mestelán, S., Entraigas, I. y Migueltoarena, M.V. 2012. Variabilidad de suelos de peladares de la cuenca baja del arroyo del Azul. *XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Mar del Plata.
- Lunetta, R. y Balogh, E. 1999. Application of multi-temporal Landsat 5 TM imagery for wetland identification. *Photogrammetry Engineering Remote Sensing* 65(11):1303-1310.
- Marino, G.D. 2008. *Buenas prácticas ganaderas para conservar la vida silvestre de las pampas: una guía para optimizar la producción y conservar la biodiversidad de los pastizales de la Bahía de Samborombón y la Cuenca del Río Salado*. Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata. Vida Silvestre Argentina y Birdlife International. -1ª ed.- Buenos Aires.
- Martinoia, G., de Haro, A. y Parmiggiani, E. 2005. Especies animales asociadas a los cultivos de soja y girasol en un sector agrícola del Partido de Azul, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 64(4):407.
- Matteucci, S.D. 1998a. El análisis regional desde la ecología. En: Matteucci, S.D. y Buzai, G.D. (eds.), *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. Eudeba. Buenos Aires.
- Matteucci, S.D. 1998b. La cuestión del patrón y la escala en la ecología del paisaje y de la región. En: Matteucci, S.D. y Buzai, G.D. (eds.), *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. Eudeba. Buenos Aires.
- Matteucci, S.D. 1998c. La creciente importancia de los estudios del medio ambiente. En: Matteucci, S.D. y Buzai, G.D. (eds.), *Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial*. Eudeba. Buenos Aires.
- Matteucci, S.D. 2008. *Ecología de Paisajes. Elementos básicos aplicados a la gestión y manejo de territorios áridos y semiáridos*. Curso de postgrado. Universidad Nacional de Córdoba.
- Mestelán, S. y Ramaglio, J.C. 2011. Características, distribución y usos de los suelos del partido de Azul. En: E. Requesens (Coord.) *Bases*

- agroambientales para un desarrollo sustentable del partido de Azul*, Cap. III:61-75. Facultad de Agronomía, UNCPBA. Azul.
- Migueltoarena, M.V. 2009. *Estudio comparativo entre dos elementos del paisaje en la cuenca del arroyo del Azul. Análisis del tratamiento de los conceptos de la Ecología de Paisajes en el Nivel Secundario (ex - Polimodal)*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Migueltoarena, M.V., Entraigas, I., Mestelán, S. y Lucero, L. 2011a. Alkaline wetland (“peladares”) biomasa production in the Arroyo del Azul basin. *IX International Rangeland Congreso*. Rosario.
- Migueltoarena, M.V., Entraigas, I., Lucero, L. y Mestelán, S. 2011b. Caracterización de la vegetación de los “peladares” presentes en los bajos alcalinos de uso ganadero en la cuenca del Arroyo del Azul (Bs. As., Argentina). *III Jornadas Argentinas de Ecología de Paisajes*. Bariloche.
- Odum, E.P., Barret, G.W. y Aguilar Ortega, M.T. 2006. *Fundamentos de Ecología*. Cengage Learning Editores. México.
- Oesterheld, M. 1990. *Effect of grazing and flooding on plant growth and allocation*. Thesis. Universidad de Siracusa.
- Oesterheld, M. 2008. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas. Fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. *Ecología Austral* 18:337-346.
- Orfila, E. y Farina, E. 2002. *Leguminosas autóctonas y naturalizadas de las Sierras de Azul (Provincia de Buenos Aires)*. Editorial de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- Othax, N., Peluso, F. y Usunoff, E. 2008. Estudio comparativo de la evolución espacio-temporal del contenido en nitratos del agua de bebida en un entorno urbano según criterios basados en valores normativos y riesgo sanitario. *GeoFocus* N° 8:169-186.
- Pacheco, L. 2011. *Relevamiento y análisis espacio-temporal de grupos de diatomeas en distintos sectores del arroyo del Azul*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Peluso, F., Usunoff, E. y Entraigas, I. 2003. Integración de parámetros socioeconómicos en estudios espaciales de riesgo sanitario mediante el uso de herramientas multicriterio. *GeoFocus* N° 3: 186-198.
- Perelman, S.B., León, R.J.C. y Deregibus, V.A. 1982. Aplicación de un método objetivo al estudio de las comunidades de pastizal de la

- Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). *Revista de la Facultad de agronomía* 3:27-40.
- Perelman, S.B., León, R.J.C. y Oesterheld, M. 2001. Cross-scale vegetation patterns of Flooding Pampa grasslands. *Journal of Ecology* 89:562-577.
- Perkins, D. 1992. *La escuela Inteligente*. Paidós, Madrid.
- Piscitelli, M. y Sfeir, A. 2004. Fisiografía detallada del partido de Azul para el desarrollo de un planteo conservacionista de manejo de suelos. *II Congreso de la Ciencia Cartográfica y IX Semana Nacional de Cartografía* 148-159.
- Porlán Ariza, R. y Martín del Pozo, R. 1996. Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas. *Revista Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*. Madrid.
- Pozo, J.I. 2007. Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. En: J.I. Pozo y F. Flores (eds.) *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Antonio Machado Libros, Madrid; OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá.
- Rahn, K. 1995. Plantaginaceae. En: A.T. Hunziker (ed.) *Flora fanerógama argentina* 3:1-24.
- Rang, S., Cisneros, J., Melanesio, A., Gil, H. y Degioanni, A. 1999. *Propuesta de creación del Distrito de Ordenamiento Ambiental para el área sur de Laboulaye-Rosales-Leguizamón*. Documento Técnico. CONICOR-ADESUR-UNRC.
- Raunkiaer, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press. Oxford.
- Requesens, E. 2008. *Teoría ecológica y agroecología. Vínculos y proyecciones*. Editorial de la UNCPBA. Tandil.
- Requesens, E., Martinefsky, M.J. y Scaramuzzino, R. 2004. Banco de semillas de malezas a lo largo de un gradiente microtopográfico en un suelo agrícola de Azul (Buenos Aires). *Ecología Austral* 14:141-147.
- Requesens, E. y Scaramuzzino, R. 1999. Composición y variabilidad espacial del banco de semillas de malezas en un área agrícola de Azul (Argentina). *Planta Daninha* 17:227-232.
- Ringuelet, R.A. 1962. *Ecología acuática continental*. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Buenos Aires.
- Rodríguez, L. 2004. *Análisis espacio-temporal de Corbicula fluminea en un sector de la traza urbana del arroyo del Azul*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.

- Rodríguez, L., González Castelain, J. y Peluso, F. 2008. Sectorización de la calidad del agua del arroyo del Azul, provincia de Buenos Aires, mediante la aplicación de técnicas estadísticas multivariadas. *V Congreso de Ecología y Manejo de Ecosistemas Acuáticos Pampeanos*. Luján, Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez, L., González Castelain, J., Peluso, F. y Othax, N. 2010. Desarrollo de un índice de calidad de agua para la cuenca del Arroyo del Azul, Buenos Aires, Argentina. En: M. Varni, I. Entraigas y L. Vives (eds.) *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. Vol. II:713-720. Editorial Martín. Mar del Plata.
- Rudzik, G. 2006. *Plantas acuáticas del sector urbano del arroyo del Azul. Material didáctico para el trabajo a campo y en el aula*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Sacido, M. 2003. Fuego prescripto en pastizales naturales de la Pampa Deprimida Bonaerense. En: C.R. Kunst, S. Bravo y J.L. Panigatti (eds.) *Fuego en los ecosistemas argentinos*. INTA. Buenos Aires.
- Sala, O., Soriano, A. y Perelman, S. 1981. Relaciones hídricas de algunos componentes de un pastizal de la Depresión del Salado. *Revista de la Facultad de Agronomía* 2(1):1-10.
- Sala, J. M., Kruse, E., y Aguglino, R. 1987. *Investigación hidrológica de la Cuenca del Arroyo del Azul, Provincia de Buenos Aires*. Informe 37. CIC. La Plata.
- Sánchez, R.O. 2009. *Ordenamiento territorial. Bases y estrategia metodológica para la ordenación ecológica y ambiental de tierras*. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires.
- Sandar, A.M. 2000. *Flood delineation using radarsat data*. Space Research and Remote Sensing Organization (SPARRSO) Report. Bangladesh.
- Scaramuzzino, R., D'Alfonso, C. y Farina, E. 2006. Identificación de Cyperaceae en el banco de semillas del suelo, en el Partido de Azul (Buenos Aires). *Revista Científica Agropecuaria de la Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNER* 10(1):21-32.
- Scaramuzzino, R., Gandini, M., Valicenti, R., D'Alfonso, C. y Farina, E. 2010. Especies vegetales asociadas a humedales en distintos sectores de la cuenca del arroyo del Azul: Monocotiledóneas. En: M. Varni, I. Entraigas y L. Vives (eds.) *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. Editorial Martín. Mar del Plata.

- Scioli, C., Villanueva, A., Cazenave, G. y Pelizardi, F. 2010. Modelación hidrológica de grilla en zonas de llanura: estimación de los parámetros del modelo. En: M. Varni, I. Entraigas y L. Vives (eds.) *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. Vol. II:523-530. Editorial Martín. Mar del Plata.
- Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires. 1996. Ley 11820: Marco Regulatorio para la Prestación de los Servicios Públicos de Provisión de Agua Potable y Desagües Cloacales en la Prov. de Bs. As., y las Condiciones Particulares de Regulación para la Concesión de los Servicios Sanitarios de Jurisdicción Provincial. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-11820.html>
- Sfeir, A., Varni, M., Piscitelli, M., Ares, G., Crespo, R. y Usunoff, E. 2006. Efecto de la siembra directa permanente sobre la reducción del escurrimiento superficial. *III Congreso Iberoamericano sobre el control de la erosión y los sedimentos*. Buenos Aires.
- Silvestro, L.B. 2009. *La lechucita de las vizcacheras cambia su dieta con el correr de las estaciones: una propuesta de trabajo con alumnos de escuelas rurales, hacia la alfabetización científica*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Soriano, A., León, R.J.C., Sala, O.E., Lavado, R.S., Deregibus, V.S., Cahuépe, M.A., Scaglia, O.A., Velázquez, C.A. y Lemcoff, J.F. 1992. Río de la Plata grasslands. En: Coupland, R.T. (Ed.). *Natural grasslands: introduction and western hemisphere* (367-407). *Ecosystems of the World 8<sup>a</sup>*. Elsevier. Netherlands.
- Stambuck-Giljanovic, N. 1999. Water quality evaluation by index in Dalmatia. *Water Research* 33(16):3426-3440.
- Swift, M. J. y Anderson, J.M. 1992. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. En: E.D. Schulze y H. Mooney (Eds.). *Biodiversity and ecosystem function*. Springer, Berlín.
- Teruggi, M.E, Etchichury, M. y Remiro, J. 1957. Estudio sedimentológico de los terrenos de las barrancas de la zona Mar del Plata-Miramar. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales* IV(2):166-250.
- Teruggi, M.E. y Kilmurray, J.O. 1975. Tandilia. Geología Provincia de Buenos Aires. En: *Relatorio VI Congreso Geológico Argentino* (55-77). Buenos Aires.
- Teruggi, M. y Kilmurray, J.O. 1980. Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires. *Geología Regional Argentina* 11: 919-965.

- Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R. 1955 *The Water Balance*. Publications in Climatology VIII (1), Laboratory of Climatology. Centerton NJ.
- Tonni, E.P., Cione, A. y Pasquali, R. 1998. Los climas del Cuaternario: causas y consecuencias. *Ciencia Hoy* 8(45):52-60.
- Tricart, J.L.F. 1973. Geomorfología de la Pampa Deprimida. Base para los estudios edafológicos y agronómicos. *Colección Científica del INTA*. N° 12. Buenos Aires.
- Trovato Yungblut, J. 2008. *Análisis espacio-temporal del bentos del arroyo del Azul. De la investigación científica a la investigación escolar*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Turner, M.G., Gardner, R.H. y O'Neill, R.V. 2001. *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer-Verlag, Nueva York.
- Valicenti, R., Méndez Escobar, R., Requesens, E., Orfila, E., Farina, E., D'Alfonso, C. y Scaramuzzino, R. 2000. Relaciones entre la vegetación y la fisiografía en una transección perpendicular al Arroyo Azul (Provincia de Buenos Aires). *Revista de la Facultad de Agronomía - UNLPam*. 11(1):31-42.
- Valicenti, R., Farina, E., D'Alfonso, C. y Scaramuzzino, R. 2005. Caracterización fitosociológica de un pajonal serrano de *Paspalum quadrifarium* Lam. en Azul (provincia de Buenos Aires). *Revista Científica Agropecuaria* 9(2):141-152.
- Valicenti, R., Farina, E., Scaramuzzino, R. y D'Alfonso, C. 2010. Ordenación de la vegetación en el paisaje Boca de las Sierras (Azul, Sistema de Tandilia). *Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes - Cambios de uso de la tierra. Causas, consecuencias y mitigación*. 1(1):111-122.
- Varni, M., Entraigas, I. y Gandini, M. 2006. Propuesta de dos métodos para el mapeo de áreas anegadas utilizando condiciones hidrológicas cuantificables. *GeoFocus* 6:33-46.
- Varni, M., Entraigas, I., Migueltoarena, V. y Comas, R. 2012. Evaluation of flooded areas with satellite imagery using an objective hydrologic criterion. *Water and Environment Journal* (Article first published online: DOI: 10.1111/j.1747-6593.2012.00356.x).
- Varni, M. y Usunoff, E. 1999. Contaminación de aguas de suministro: diagnóstico y optimización de costos de abastecimiento. Caso de la Ciudad de Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Hidrología Subterránea. Serie Correlación Geológica* 13:143-151.

- Vázquez, P., Entraigas, I., Varni, M., Gandini, M. y Usunoff, E. 2003. Identificación de patrones de anegamiento en la cuenca del arroyo del Azul mediante el uso de imágenes Landsat. *Revista de Teledetección* 19:43-50.
- Vercelli, N. 2011. *Caracterización de agroecosistemas a escala de paisaje en la cuenca baja del arroyo del Azul y propuesta para su enseñanza en la Escuela Secundaria*. Trabajo Final del Profesorado en Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía de la UNCPBA.
- Vercelli, N., Entraigas, I., Migueltoarena, V. y Varni, M. 2012. Las cubetas de deflación y su función en los pastizales pampeanos. *II Jornadas Interdisciplinarias "Ciclo del agua en los agroecosistemas"*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Vercelli, N., Entraigas, I., Scaramuzzino, R., Migueltoarena, V. y D'Alfonso, C. 2013. Plantas medicinales de los bajos alcalinos de la cuenca del arroyo del Azul (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo* (en evaluación).
- Vervoorst, F.B. 1967. Las comunidades vegetales de la Depresión del Salado (Provincia de Buenos Aires). La vegetación de la República Argentina. *Serie Fitogeográfica* 7, INTA. Buenos Aires.
- Vives, L., Comparato, H., Cazenave, G., Abrile, P., Villanueva, A. y Seoane, D. 2007. Implementación de una red telemétrica y una base de datos hidrológicos en la cuenca alta del arroyo del Azul. *XXI Congreso Nacional del Agua*. Tucumán.
- Weinzettel, P. 2005. *Hidrodinámica de la zona no saturada en suelos argiudoles de la cuenca del Arroyo del Azul*. Tesis doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
- Whittaker, R.H., Levin, S.A. y Root, R.B. 1975. Niche, habitat and ecotope. En: Whittaker y Levin, S.A. (eds.) *Niche. Theory and applications*. Benchmark papers in ecology. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. Stroudsburg.
- WHO. 1987. *GEMS/WATER Operacional Guide*. World Health Organization. Génova.
- Wynne, J., de Haro, A., Martinoia, G. y Rivas, V. 2008. Agentes animales asociados al cultivo de soja bajo sistema de siembra directa y convencional. *VII Congreso Argentino de Entomología*. Huerta Grande, Córdoba.
- Zabala, M.E., Manzano, M. y Vives, L. 2010. Estudio preliminar del origen del fondo químico natural de las aguas subterráneas en la cuenca del arroyo del Azul. En: M. Varni, I. Entraigas y L. Vives

(eds.) *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. Vol. I:249-256. Editorial Martín. Mar del Plata.

Zárate, M. y Mehl, A. 2010. Geología y geomorfología de la cuenca del arroyo del Azul, provincia de Buenos Aires, Argentina. En: M. Varni, I. Entraigas y L. Vives (eds.) *Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en zonas de llanura*. Vol. I:65-78. Editorial Martín. Mar del Plata.

### **Comunicaciones personales**

**Horacio Borzone.** Ingeniero Agrónomo (UBA). Profesor Asociado de Dasonomía (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

**Mauro Holzman.** Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente (UNLPam). Doctor en Geografía (UNS). Becario Post-doctoral del CONICET con lugar de trabajo en el Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Usunoff”.

**Gabriela Martinoia.** Ingeniera Agrónoma (UNCPBA). Magíster Scientiae en Producción Vegetal (UNMdP). Profesora Adjunta de Zoología Agrícola (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).

**Exequiel Scialfa.** Médico Veterinario (UNCPBA). Jefe de Trabajos Prácticos de Ovinos y Granja (Facultad de Agronomía de la UNCPBA). Especialista en control biológico, Departamento de Zoonosis Rurales.

**Jorge “Oso” y Oscar “Pocho” Spagnuolo.** Eternos azuleños y apasionados por la naturaleza de sus pagos...

**Laura Vavrin.** Estudiante avanzada del Profesorado en Ciencias Biológicas (Facultad de Agronomía de la UNCPBA).



## INDICE

Autores .....	7
Lectores críticos.....	8
Agradecimientos .....	10
Estructura del libro .....	11
Prólogo.....	13
Introducción .....	17
El arroyo del Azul .....	29
La ciudad de Azul .....	37
Paisajes serranos y periserranos .....	45
Paisajes de llanura.....	57
El mosaico de paisajes .....	73
Los paisajes de la cuenca al aula.....	83
Consideraciones finales .....	103
Bibliografía.....	107

## LOS PAISAJES DE LA CUENCA del arroyo del Azul

Ilda Entraigas - Natalia Vercelli

*Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Usunoff"*

*(Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires -  
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires -  
Municipalidad de Azul)*

Este libro, en sus 8 capítulos, contiene información sobre los distintos componentes del mosaico paisajístico que se desarrolla en la cuenca del arroyo del Azul (centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina). Se comentan características referentes a la vegetación, la fauna, el suelo, el uso y la dinámica hídrica de cada ambiente, como así también las relaciones de flujos horizontales que se plantean entre ellos y los cambios que han sufrido a lo largo del tiempo. También se incluye una propuesta pedagógica para llevar los paisajes a las aulas, a partir de la consideración de los sistemas de representación en la ciencia y su enseñanza. La Ecología de Paisajes brinda el marco adecuado para el análisis en perspectiva de estos sistemas regionales típicos de la llanura bonaerense.

Dirigido a estudiantes del nivel superior de educación y docentes en ejercicio. Puede también servir de referencia para profesionales formados en hidrología, geología, agronomía y medio ambiente.