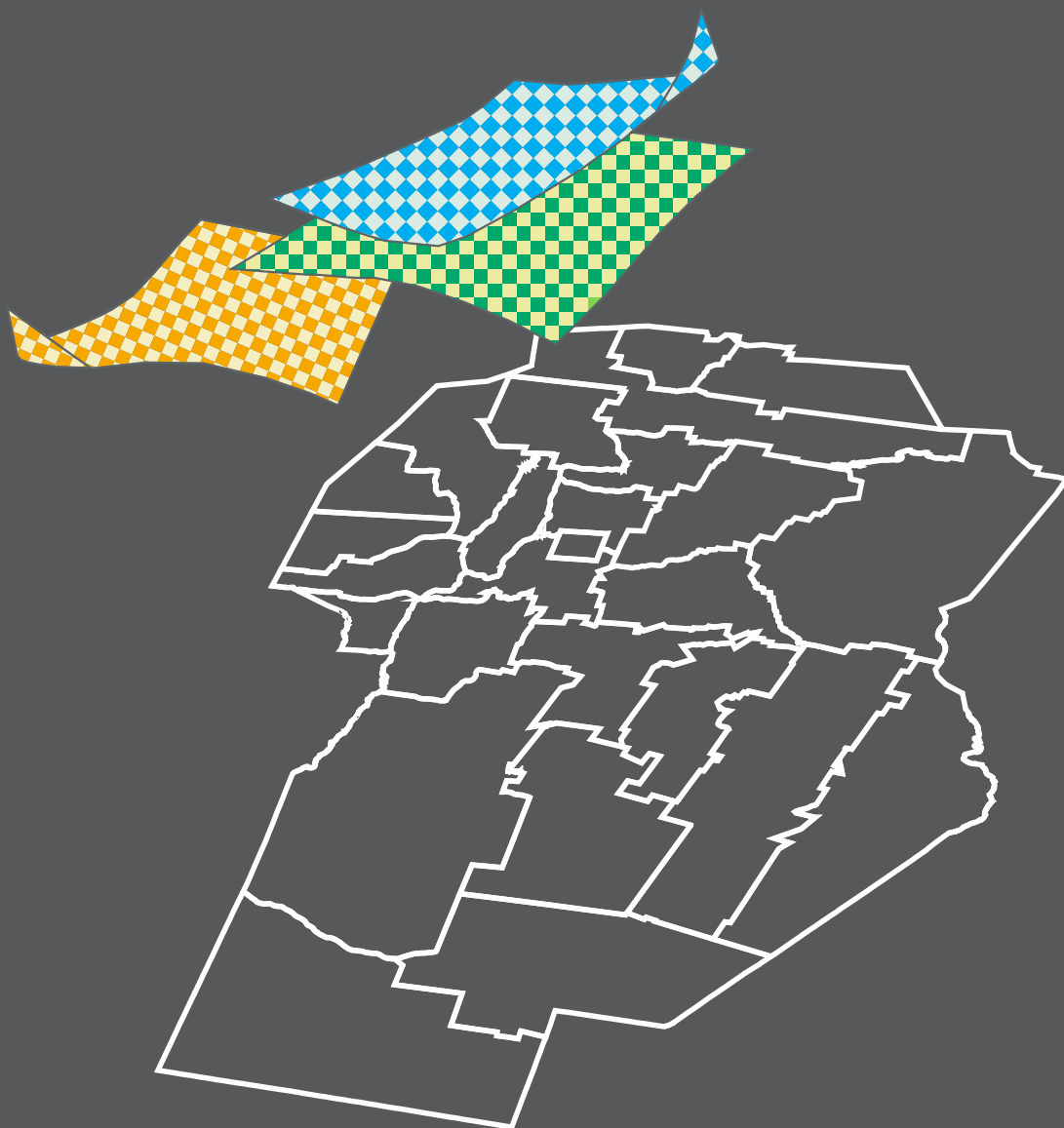


HACIA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. BASES AMBIENTALES



O. Giayetto / M.R. Zak
editores

Hacia el ordenamiento territorial de la provincia de Córdoba : bases ambientales / Zak, Marcelo R.... [et al.]; editado por Oscar Giayetto, Marcelo R. Zak.

1a ed. - Córdoba : Báez Ediciones, 2019.

286 p. ; 27 x 19 cm.

ISBN 978-987-1498-83-3

1. Medio Ambiente. I. Zak, Marcelo R. II. Giayetto, Oscar, ed. III. Zak, Marcelo R., ed.

CDD 354.3

ISBN: 978-987-1498-83-3

Impreso en Córdoba, en los talleres gráficos de Báez Impresiones
baezimpresiones@yahoo.com.ar

HACIA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. BASES AMBIENTALES



Universidad
Nacional
de Córdoba



PRÓLOGO

Juan José Cantero

Este libro, de multi-autoría, es el producto de un PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (PID) que fue cofinanciado entre la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCYT, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación) y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba (Mincyt-Cba) durante el período 2010-2015. Se trata del programa “BASES AMBIENTALES PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL ESPACIO RURAL DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA” que fue ejecutado por una red de investigadores provenientes de la Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Río Cuarto y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

Dentro de los Lineamientos Estratégicos en Ciencia y Tecnología para el período 2008-2011 que habían sido generados por el Mincyt-Cba, el paradigma sostenido era que el conocimiento debía estar al servicio del bien común. Una directriz estratégica del mismo plan proponía: “... promover la producción de conocimientos científico-tecnológicos que contribuyan a la solución de problemáticas de la Provincia de Córdoba, con especial énfasis en los temas sociales, ambientales y productivos...”. En el mismo Plan estratégico del Mincyt-Cba se reconoció como problema estructural de nuestra provincia al conocimiento y uso sustentable de los Recursos Naturales y Protección del Medio Ambiente y se identificó de la misma manera, la necesidad del financiamiento de investigaciones científico-tecnológicas orientadas a problemáticas del medio ambiente y su remediación.

Por todo ello y en relación a esta problemática, en febrero de 2008 desde la dirección del Mincyt-Cba se seleccionó un tema de alta complejidad: el ordenamiento territorial de su espacio rural. La Secretaría de Promoción Científica del Mincyt-Cba asumió el compromiso de planificar y ejecutar las acciones para cumplir ese propósito. Para ello generó un plan de trabajo que comprendió tres etapas: 1) preparación de los términos de referencia del proyecto con las autoridades del Gobierno provincial, 2) exploración de financiamiento nacional para este tipo de propósitos y 3) convocatoria a los investigadores del sistema provincial, especialistas en los temas de interés, a los fines de la preparación del proyecto. Finalmente, luego de una gestión intensa, se logró concretar el objetivo estratégico a través de su financiamiento (Resolución ANPCYT N° 314/09, PID-16-11-2009).

El Ordenamiento Territorial se ha constituido últimamente en una de las metas más preciadas para solucionar los problemas ecológicos y ambientales que coaccionan la eficiencia funcional del territorio. La crisis ecológico-ambiental se asocia a una cuestión fundamental: con frecuencia el proceso de desarrollo soslaya el más indispensable de los conocimientos, el de conocer y manejar adecuadamente la complejidad de los sistemas ecológicos, pues es en ellos donde se dilucidan y estructuran las relaciones funcionales entre la naturaleza y el desarrollo humano. A pesar de los debates y proclamas sobre la necesidad de ordenar

el territorio que se hacen repetidamente en diferentes foros, en Argentina son escasos los modelos y ejemplos de su ejecución. En las últimas décadas, el territorio de la provincia de Córdoba ha evidenciado grandes cambios e innumerables conflictos ambientales no siempre revertidos. Es necesario por ello territorializar la idea de ambiente, incluyendo al hombre como parte de la entidad espacial, el sistema ambiental en el cual se integran, de manera indisoluble, la sociedad y la naturaleza intervenida. Resulta indispensable conceptualizar el ambiente en términos socioeconómico-ecológicos e iniciar estudios integrados de la distribución de los ecosistemas en el espacio provincial (Ordenación Ecológica), de las formas de ocupación de los mismos, de la racionalidad de las intervenciones humanas y de los impactos de los procesos de desarrollo (Ordenación Ambiental). El Ordenamiento Territorial constituye una llave para acceder a la formulación de estrategias, políticas y acciones conducentes a la optimización ambiental del territorio provincial. Este libro proporciona bases científico-técnicas e información ambiental sistematizada para contribuir a establecer los criterios del ordenamiento del medio rural provincial con un sustento ecológico y ambiental.

La provincia de Córdoba cubre una superficie de 165.321 km² en el centro de la República Argentina, a lo largo de casi 6° de latitud entre los 29° 30' y 35° 00' Sur y 4° de longitud, entre los 61° 46' y 65° 46' Oeste. Su territorio comprende dos grandes unidades geomorfológicas: las Sierras Pampeanas y la Llanura Chaco-Pampeana. El sistema serrano cordobés posee una extensión de 430 km, con un ancho promedio de 110 km y alturas sobre el nivel del mar que van desde los 600 hasta los 2.790 m (con su cumbre culminante en el Cerro Champaquí). Las planicies forman parte de la gran provincia geomorfológica de la Llanura Chaco-Pampeana y ocupan la mayor parte del territorio provincial mostrando un suave modelado con alturas entre 100 y 600 m s.n.m. Su posición geográfica y el sistema serrano determinan las características climáticas imperantes en el territorio de Córdoba, con condiciones templado cálidas en el sector serrano y austral de la provincia a subtropicales en el norte y oeste del territorio.

La información geológica es relevante para cualquier plan de ordenamiento territorial que se pretenda a fin de programar y ejecutar una gestión eficiente en el manejo y conservación de los recursos naturales y su consecuente incidencia socioeconómica. También es de utilidad para la promoción de nuevas actividades económicas y usos de los recursos del territorio provincial, en un contexto de desarrollo sostenible, y para la mitigación de riesgos geológicos y restauración de áreas degradadas. En el Capítulo 1 se presenta un Mapa Geológico actualizado a escala 1:250.000, integrado por un mapa litológico ordenado cronológicamente, un mapa geomorfológico, un mapa estructural con las fallas frágiles cenozoicas y las fajas de deformación dúctil paleozoicas, y un mapa minero con las minas activas, minas con pedido de cateo y minas inactivas.

La compleja relación entre los recursos naturales y la sociedad que interaccionan en el ámbito rural, requiere de conocimientos acabados sobre cada componente del sistema. La tierra, y el conjunto de sus cualidades (suelo, agua y clima), son fundamentales en la consideración del problema ambiental como componente decisivo de las actividades que se desarrollan en ámbitos rurales. La cartografía sintética de los suelos es presentada en el Capítulo 2 a través de un mapa escala 1:500.000 con discriminación taxonómica a nivel de Subgrupo. Se describen 270 unidades de suelos (Unidades cartográficas) y 16 caracteres y propiedades para cada componente (Unidades taxonómicas) y además se discute la aptitud versus el uso actual de los suelos de toda la provincia.

La variabilidad geomorfológica y climática del territorio de la provincia se refleja en los patrones espaciales de su vegetación, que varía desde los bosques xerófilos estacionales de

las planicies hasta los prados y pastizales de altura de las montañas, pasando por los bosques y matorrales xerófilos de sierras bajas y la vegetación halófila de los bolsones y depresiones de las cuencas salinas. En el Capítulo 3 se presenta un mapa de la vegetación terrestre de la provincia de Córdoba y se revelan sus patrones actuales de distribución espacial. Para la elaboración del mapa se utilizó información satelital, junto a un estricto relevamiento y control a campo. Las 18 clases de cobertura vegetal reconocidas han sido descritas y se proveen descripciones sintéticas e inventarios florísticos que las caracterizan. El clima puede reconocerse como el factor más influyente en la distribución de la vegetación y en el desarrollo de las distintas fisonomías encontradas en la provincia. Sin embargo, las perturbaciones de naturaleza antrópica han modificado notablemente los patrones espaciales de la vegetación.

La Provincia de Córdoba se caracteriza por ser el punto de confluencia de varias ecorregiones, lo que sin duda contribuye a la alta riqueza de especies animales que la habitan. Como base del ordenamiento territorial es de fundamental importancia un enfoque de integración donde se analicen patrones y procesos de la biodiversidad de la fauna de vertebrados terrestres a escala regional. En el Capítulo 4 se presenta una compilación de la biodiversidad de vertebrados terrestres de la Provincia de Córdoba, un diagnóstico de su situación en el espacio rural de la provincia, la identificación de las áreas significativas para la conservación de la biodiversidad y finalmente diferentes mapas temáticos, básicos para el ordenamiento. Se generó una base de datos interactiva y se georreferenciaron alrededor de 7500 localidades con presencia de especies de vertebrados terrestres que habitan la provincia.

En el Capítulo 5 se presentan los resultados del relevamiento geoespacial del patrimonio arqueológico mueble (colecciones) e inmueble provincial. Se ha identificado la distribución departamental de los mismos, los lugares con mayor desarrollo de las investigaciones y la situación de riesgo actual de estos sitios. Se detalla, además, la modelación de las áreas de riesgo para el componente patrimonial y la planificación de su gestión y/o uso para generar la debida protección legal.

Las actividades humanas se basan directa o indirectamente en el uso de servicios y recursos naturales, emergiendo problemáticas ambientales de distinta magnitud. Debido a que las actividades generan o agravan problemas ambientales, es imprescindible su regulación y control. Esto se efectiviza a través de la gestión pública del ambiente, que cuenta con procedimientos y herramientas, entre las que se encuentran la formulación y ejecución de políticas específicas, el derecho ambiental y la organización, ejecución e implementación administrativa de tales políticas y normas. Las normas regulan un sistema ambiental complejo y dinámico, entendiendo al ambiente como una construcción humana, integrada por elementos naturales y sociales y constituye una expresión de conciencia ambiental social, frente a las problemáticas. En el Capítulo 6 se reseña la normativa ambiental como aspecto central de la gestión pública ambiental y la planificación territorial que existe para la provincia de Córdoba.

El ordenamiento territorial constituye una actividad prospectiva, política y académica, cuyas características se explican y referencian en el modelo de desarrollo vigente en el país al momento de su formulación e implementación, en la inercia de las instituciones encargadas de este tipo de políticas y en las propias dinámicas académicas de la planificación territorial. Un enfoque teórico posible es el que asume al ordenamiento territorial desde una perspectiva de optimización de las aptitudes del territorio para el desarrollo de la actividad humana, con la minimización de los impactos ambientales y sociales. Esta perspectiva considera a las contradicciones y conflictos sociales como parte constitutiva de las realidades sociales e imprescindibles de considerar en la planificación territorial, conformando una arena de disputa

política cuyas tensiones y acuerdos imprimirán el contenido y sentido político específico a la planificación territorial. En definitiva, el ordenamiento territorial es un proceso social. En el Capítulo 7, siguiendo este enfoque y asumiendo que el ordenamiento territorial debe ser abordado en su complejidad multidimensional, se aporta información sobre los aspectos socio-económicos del sector agropecuario de la provincia de Córdoba y su interacción con algunas problemáticas ambientales.

Los cambios en el uso del suelo, un ciclo climático húmedo y la falta de planificación y ordenamiento territorial, aparecen como las principales causas de los cambios de la hidrología de superficie en muchas cuencas de la provincia de Córdoba. Es el caso de la cuenca Arroyos Menores del sur provincial que, a partir de la década de 1970, ha sido completamente integrada hidrológicamente, a través de sistemas de canalizaciones. Este proceso se ha dado por una evolución acelerada de los cursos de agua mediante canalizaciones, cárcavas retrocedentes e infraestructura de caminos que conectan, conducen y concentran los escurrimientos, en forma cada vez más aligerada. La mayor parte de las tierras de la cuenca presentan tasas de erosión hídrica por encima de un nivel considerado tolerable. En el Capítulo 8 se presenta una síntesis de las estrategias de ordenamiento agro-hidrológico desarrolladas en esta cuenca. Las mismas representan un esfuerzo de inversión pública y privada de importancia para el mediano y largo plazo y su implementación permitiría reducir drásticamente los valores de degradación de la cuenca y con ello lograr una estabilización hidrológica integral de la misma.

Entre los conflictos urbano-rurales está el del incremento de la población urbana y los procesos de urbanización. Por ello, la decisión sobre los patrones de urbanización constituye un elemento fundamental del ordenamiento territorial. Establecido el patrón de urbanización y el área urbana, es posible planificar y ejecutar las infraestructuras para servicios públicos, desarrollar las zonas residenciales, los espacios públicos y las zonas de amortiguación, e integrar el poblamiento a las políticas agraria, industrial y de conectividad en el territorio. Esto, claro, implica un gran desafío para los distintos niveles de gobierno. A pesar de su importancia, existen escasas referencias que ilustren cómo diseñar y evaluar el área de expansión urbana para la agenda pública. El Capítulo 9 presenta propuestas para comenzar a cerrar esta brecha del conocimiento, tomando como caso de estudio la expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto.

Con frecuencia la producción agropecuaria convierte ecosistemas naturales en agroecosistemas, sin considerar todos los servicios ecosistémicos comerciales y no comerciales generados por éstos. El ordenamiento territorial a partir de la implementación de políticas ambientales permite considerar los servicios ecosistémicos ignorados y subutilizados en el marco de decisión del productor. Como un caso representativo provincial, en el Capítulo 10 se identifican los servicios ecosistémicos que produce el bosque de caldén en el sur de Córdoba. Para ello se ha modelado el comportamiento económico del productor agropecuario ante cinco escenarios de intervención de políticas ambientales para controlar el desmonte: un programa de Extensión en el que el productor adopte prácticas de Manejo Forestal Sostenible, un pago por servicio ecosistémico, la combinación de las dos políticas previamente mencionadas, penalidades por desmonte y la creación de áreas protegidas. Los resultados señalan que este ecosistema genera al menos nueve servicios ecosistémicos de los cuales cuatro no son comercializables.

El corte de caminos rurales por acción de la erosión hídrica constituye un problema muy sensible en el sur de la provincia de Córdoba. Se trata de un fenómeno complejo en el que los conflictos asociados al ordenamiento y mantenimiento de la red de desagüe tienen un papel

significativo. Este problema es de larga data. En el siglo pasado, el corte de caminos tuvo como respuesta la organización de los consorcios camineros (institucionalmente constituidos a partir del año 1952). Posteriormente, el fenómeno de erosión fue considerando a partir de la Ley de conservación de suelo que promovió la conformación de consorcios de conservación de suelo. Más recientemente, los excedentes hídricos y las inundaciones han creado una nueva instancia vinculada a la promoción de los consorcios canaleros. En las tres instancias organizativas participan los productores, realizando aportes económicos y generalmente actuando sobre las consecuencias más que sobre las causas. Una posibilidad de revertir esta situación es a través de un esquema de pago por servicios ecosistémicos, donde el productor aporta recursos económicos si es beneficiario de un servicio y aquellos que aportan el servicio son compensados. En el Capítulo 11 se muestra cómo, a partir de la estimación del costo de oportunidad de la tierra y la valoración económica de la externalidad de la erosión hídrica sobre los caminos rurales, se puede diseñar y evaluar en términos económicos un esquema de pago por servicios ecosistémicos que aporte una solución a la gestión de la red de desagüe, integrada en un plan de ordenamiento.

En la provincia de Córdoba sólo seis cultivos (maíz, soja, trigo, sorgo, maní y girasol) ocupan el 90 % de la superficie cultivada. Esta especialización en el uso de cultivos para la agricultura aumenta sensiblemente la vulnerabilidad del sector productivo ante contingencias de índole climáticas, biológicas o económicas. Así, resulta conveniente y estratégico ampliar los horizontes y optimizar tanto los rendimientos de los cultivos principales como los de aquéllos menos expandidos (cultivos no tradicionales). En tal sentido, resulta necesario evaluar las condiciones de la provincia para la diversificación de sus cultivos. En el Capítulo 12, luego de la identificación de un centenar de especies vegetales con potencial productivo, se analiza la aptitud de 25 cultivos con aptitud para ambientes bien drenados, junto a otros 6 aptos para ambientes hidromórficos y/o halomórficos, siendo todos ellos promisorios para el territorio cordobés. Para cada una de tales especies vegetales se presenta un mapa de distribución potencial, según la aptitud de las tierras cordobesas.

El deseo de todos los autores, es que a través de este libro, el Estado provincial pueda disponer de información precisa para elaborar políticas ambientales apropiadas para un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y ordenar las distintas actividades que se desarrollan en el medio rural.

ÍNDICE

1. Geología.....	11
2. Suelos.....	33
3. Vegetación	55
4. Fauna	93
5. Arqueología.....	113
6. Legislación	133
7. Aspectos socio-económicos de la producción agropecuaria	165
8. Agro-hidrología de las cuencas de los arroyos menores del sur provincial.....	187
9. Problemas de expansión urbana y visiones alternativas de ordenamiento territorial en la ciudad de Río Cuarto	213
10. Políticas de conservación del bosque de caldén. Análisis económico.....	231
11. Pago por servicios de regulación hídrica en el sur de Córdoba	247
12. Cultivos potenciales para la provincia de Córdoba.....	261

1. GEOLOGÍA

Roberto Donato Martino, Alina Beatriz Guerreschi, Claudio Alejandro Carignano,
Jorge Alberto Sfragulla, Aldo Antonio Bonalumi

RESUMEN

Se confeccionó un Mapa Geológico actualizado de la Provincia de Córdoba, a escala 1:250.000, al que se accede mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la provincia. La capa Geología está compuesta por tres subcapas: (1) Litología, con los distintos tipos de rocas cartografiadas y ordenadas estratigráficamente de acuerdo con su edad, (2) Geomorfología, donde se muestran las geoformas reconocidas y (3) Estructura, con las principales fajas de deformación dúctil y las fallas formadas por deformación frágil. Cada unidad cartografiada en las distintas subcapas incluye, además, un texto explicativo.

Para la confección de los mapas de las distintas capas, se realizó un relevamiento de la información existente de la geología de la Provincia: cartas y mapas geológicos previos, secuencias litológicas y sus características, geomorfología, estructuras, yacimientos minerales y rocas de aplicación. Se cartografiaron regionalmente las unidades litológicas, se reconocieron sus rasgos petrológicos y estructurales, y se ordenaron de acuerdo con la edad de las rocas cartografiadas. Se caracterizó e interpretó la deformación del complejo ígneo-metamórfico y de la cobertera sedimentaria de la región. Se integraron la estructura y la petrología de las metamorfitas y rocas ígneas asociadas. Se determinó la edad relativa y se compilaron las edades absolutas de rocas metamórficas y rocas ígneas asociadas. Basados en toda la información obtenida, se formalizó un modelo evolutivo de la historia deformacional y térmica del complejo ígneo-metamórfico dentro del ámbito de las Sierras Pampeanas de Córdoba como base descriptiva e interpretativa de la Geología de la Provincia de Córdoba.

Esta información geológica integrada es relevante para un plan de ordenamiento territorial, a fin de programar y ejecutar una gestión eficiente en el manejo y conservación de los recursos naturales y su consecuente incidencia socioeconómica. También es de utilidad para la promoción de nuevas actividades económicas y usos de los recursos del territorio provincial, en un contexto de desarrollo sustentable, y para la mitigación de riesgos geológicos y restauración de áreas degradadas.

INTRODUCCIÓN

Desde 1995 no se realiza una cartografía geológica regional, a escala 1:250.000, actualizada e integrada de las Sierras de Córdoba (~35.000 km²) y su entorno provincial incluyendo la llanura Chacopampeana, totalizando una superficie de aproximadamente 165.321 km². En este proyecto, se sistematizó, actualizó e hizo accesible una información que muchas veces está dirigida solamente a especialistas, ampliando la visión a un público más vasto. De esta manera, la información geológica incluida en este capítulo está dirigida a una amplia audiencia, ya que puede ser útil para el Estado en general, en sus distintas áreas de gobierno, así como para profesionales, docentes, investigadores, estudiantes y público interesado.

La información geológica integrada es relevante para cualquier plan de ordenamiento territorial, a fin de programar y ejecutar una gestión eficiente en el manejo y conservación de los recursos naturales y su consecuente incidencia socioeconómica. También es de utilidad para la promoción de nuevas actividades económicas y usos de los recursos naturales del territorio provincial, en un contexto de desarrollo sustentable, y para la mitigación de riesgos geológicos y la restauración de áreas degradadas.

La cartografía geológica regional elaborada comprende tres aspectos: 1) Litología, 2) Geomorfología y 3) Estructura. Cada uno de estos tópicos constituye una subcapa específica dentro de la capa Geología del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la provincia (<http://www.ordenamientoterritorialcba.com/web3/>).

La capa Geología compila e integra trabajos científicos generales y de detalle sobre las rocas del basamento ígneo-metamórfico, que forma casi la totalidad de los afloramientos serranos, más los sedimentos de la llanura Chacopampeana. Además, se incorporaron las principales fallas que configuran la estructura actual de cordones montañosos

alargados en sentido norte-sur y la geomorfología general de la provincia, integrando el área serrana con la llanura. Dentro del área serrana, se incluyeron yacimientos minerales y rocas de aplicación de interés económico. Esta información abarca una historia geológica de más de 540 millones de años, desde el Precámbrico a la actualidad.

DESARROLLO

Materiales y métodos

La metodología de trabajo comprendió tareas de gabinete, tareas de campo y tareas de laboratorio.

1. Análisis de los antecedentes geológicos de la región. Comprendió la compilación, análisis e interpretación de la bibliografía geológica (petrológica, estratigráfica, estructural, geomorfológica y de yacimientos minerales y rocas de aplicación) existente para las Sierras de Córdoba y otras regiones vinculadas de las Sierras Pampeanas, así como de la Llanura Chacopampeana.

2. Cartografía. Se cartografiaron las principales unidades litológicas, geoformas y estructuras mayores. Se realizó también la ubicación mediante posicionador satelital (GPS) de las explotaciones mineras registradas y activas. Dada su importancia, este ítem se desarrollará más extensamente en: Métodos cartográficos.

3. Control de campo. Se compilaron y revisaron las unidades litológicas, geoformas y estructuras reconocidas y cartografiadas.

4. Análisis geomorfológico regional. Se utilizaron los conceptos de regiones geomorfológicas y sistemas geomorfológicos (grandes unidades geomorfológicas), identificando los componentes básicos del paisaje (geoformas).

5. Análisis estructural. Se compiló la información disponible y se realizaron: **a)** Levantamiento de datos estructurales mesoscópicos

e interpretación de las estructuras macroscópicas más importantes, como las fajas de deformación dúctiles y frágiles (fallas). **b)** Confección de secciones geológicas regionales en áreas críticas, a fin de caracterizar la estructura deformacional en tres dimensiones.

6. Muestreo de rocas. Se realizó la colección de muestras orientadas a estudios petrográficos, estructurales, geoquímicos y geocronológicos.

7. Estudio petrográfico y mineralógico. Se realizó la descripción de las rocas mediante microscopía óptica y la determinación por microsonda electrónica de especies minerales desconocidas.

8. Análisis textural y microestructural. Este análisis estuvo orientado a establecer, por un lado, las paragénesis que reflejen las condiciones de presión y temperatura de formación del complejo ígneo-metamórfico estudiado, y por el otro, vincular la deformación entre las escalas mesoscópica y microscópica. Para el primer punto, se hicieron análisis químicos con microsonda electrónica para la identificación y caracterización de las fases minerales con interés petrogenético, a partir de los cuales se hicieron los cálculos de las condiciones de presión y temperatura (geotermobarometría) y la evolución metamórfica (redes petrogenéticas, pseudosecciones). Para el segundo punto, se realizaron estudios de petrofábrica en rocas deformadas ricas en cuarzo mediante microscopio electrónico con detector de electrones retrodifundidos difractados (EBDS). Esto complementa el análisis estructural descrito en párrafos anteriores.

9. Geoquímica y geocronología. Se compilaron y analizaron las composiciones químicas de roca total por técnicas de fluorescencia de rayos X (FRX). Se compilaron y realizaron estudios isotópicos y geocronológicos para establecer las edades de los principales eventos geológicos. Esta parte del trabajo estuvo orientada a precisar la litoestratigrafía del área, al momento de la interpretación estructural.

Para llevar adelante las tareas del punto **2. Cartografía**, se emplearon los siguientes métodos cartográficos:

Se realizó un relevamiento de la información de la geología de la Provincia de Córdoba, siguiendo el esquema de trabajo detallado a continuación, a modo de inventario de la información geológica regional:

- a) Cartas y mapas geológicos previos.
- b) Secuencias litológicas y sus características.
- c) Estructuras de deformación dúctil y frágil y sus características.
- d) Rasgos geomorfológicos y sus características.
- e) Yacimientos minerales y de rocas industriales.

Mediante tableta digitalizadora, se digitalizaron las 10 hojas geológicas del Servicio Geológico y Minero Argentino (SEGEMAR), a escala 1:250.000, correspondientes a la provincia de Córdoba.

Se organizó un Sistema de Información Geográfico (SIG) con el programa QGis versión 2.6.1, utilizando el sistema de Coordenadas Planas Gauss-Krüger modificado de Argentina, con datum WGS84, y la faja 4 como referencia.

Como base topográfica, se utilizaron modelos digitales de elevación (MDE) del terreno AsterGDEM y SRTM, de 30 y 90 metros de resolución respectivamente, complementados con la cartografía topográfica oficial del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Para la identificación de litologías, geoformas y estructuras, se utilizaron imágenes multiespectrales Landsat TM 5 de 30 m de resolución y ETM7 de 15 m de resolución, a las que se les aplicaron diferentes procesamientos, filtrados y combinaciones de bandas, con el fin de destacar rasgos y características poco visibles. También se utilizaron imágenes multiespectrales Quick Bird Sensor QB02,

con resolución 0,6 m del modo pancromático Pan_MS1, en combinación multiespectral de falso color real, obtenidas del servidor Google Earth.

Para el análisis y modelado de las características estructurales, se efectuó un Análisis Digital del Terreno: metodología cuantitativa de análisis de la superficie de la tierra, cuyo objetivo es la extracción de parámetros y manipulación de objetos de la superficie terrestre desde los modelos de elevación digital (MDE) utilizados.

Se realizaron relevamientos geológicos de campo de los lugares que carecían de información litológica y estructural, y en los que era necesario hacer revisiones o modificaciones de la información disponible. Se ajustaron detalles de ensamble entre las diferentes hojas digitalizadas y se introdujeron modificaciones a las unidades litológicas y estructurales cartografiadas, ya sea mediante ajuste de contactos o nueva cartografía.

Se construyeron las bases de datos de los atributos que se utilizaron en el SIG, las que posteriormente fueron completadas con toda la información geológica relevada, analizada e interpretada.

En cuanto a la Minería, se compiló la ubicación de las explotaciones de sustancias de tercera categoría (es decir, aquellas no concesibles por el Estado y cuya propiedad corresponde al dueño del suelo) que estaban activas al 2014, momento de la realización del Mapa Geológico. El relevamiento de las explotaciones en terreno fue cedido por la División Catastro Minero de la Secretaría de Minería de Córdoba, quien inventarió las explotaciones registradas y activas, ubicándolas mediante GPS. Las explotaciones registradas son las obrantes en el RUAMI (Registro Único de la Actividad Minera) de dicha Secretaría. Aparecen relevadas las canteras de áridos de trituración y fluviales, rocas carbonáticas, rocas ornamentales, arcillas y serpentinitas. Las sustancias de primera y segunda categoría (en general, minera-

les metalíferos y minerales industriales tales como cuarzo, feldespatos, mica, fluorita, entre otros, que son concesibles por el Estado) fueron ubicadas de acuerdo con la cartografía de denuncios mineros (vigente a octubre de 2014) obrante en la Secretaría de Minería de la Provincia de Córdoba, la cual refleja las mensuras de minas y verificaciones de denuncios obrantes en la División Catastro Minero de dicha Secretaría.

En general, se siguieron las normativas establecidas por el Servicio Geológico y Minero Argentino (SEGEMAR) para una Carta Geológica.

RESULTADOS

El principal producto obtenido es un Mapa Geológico integrado a escala 1:250.000, en colores, con leyenda y símbolos cartográficos y ordenamiento estratigráfico (Figuras 1a y 1b, 2 y 3 y Tabla 1). Incluye un mapa de ubicación y un esquema regional de ubicación con respecto a otras provincias geológicas.

La capa Geología está compuesta por distintas subcapas: (1) Litología, donde se muestran los tipos de rocas de distintas edades, (2) Geomorfología, donde se marcan los componentes básicos del paisaje o geoformas y (3) Estructura, con las fallas producto de deformación frágil y las fajas de deformación dúctil. Cada unidad cartografiada en las distintas subcapas incluye, además, un texto explicativo.

Litología

En esta subcapa del mapa geológico, se cartografían los distintos tipos de rocas (unidades litológicas) reconocidas a la escala empleada, ordenadas estratigráficamente de acuerdo con la edad de las rocas en millones de años (Figuras 1ab y 2). Las descripciones están basadas principalmente en los capítulos correspondientes del libro "Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba",

Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Martino y Guerreschi, 2014) y bibliografía citada allí, listados al final en las Referencias Bibliográficas.

Las Sierras Pampeanas de Córdoba constituyen el grupo más oriental de la provincia geológica argentina de Sierras Pampeanas. Está integrada por un sector central (Sierras de Córdoba) y uno norte (Sierra Norte), separados por el valle de Deán Funes.

Las *Sierras de Córdoba* están conformadas por una serie de cordones montañosos constituidos por rocas metamórficas polideformadas con intercalaciones de rocas máficas-ultramáficas parcialmente serpentinizadas (Neoproterozoico-Cámbrico), imbricadas por fajas de deformación dúctil contraccionales (milonitas) generadas durante el Paleozoico inferior (Cámbrico), medio (Ordovícico-Silúrico) y superior (Devónico-Carbonífero) (Figura 2). Ese conjunto de rocas está intruido por granitoides neoproterozoicos-cámbricos, ordovícicos y devónicos-carboníferos. Entre estos últimos se destacan los grandes batolitos de Achala y de Cerro Áspero-Alpa Corral. Las rocas metamórficas están representadas por filitas, esquistos, gneises, mármoles y migmatitas (metatexitas y diatexitas). En algunos sectores localizados, los granitoides han producido rocas metamórficas de contacto (corneanas). Los cordones montañosos están formados por bloques de basamento ígneo-metamórfico orientados norte-sur, limitados por fallas inversas inclinadas hacia al este y separados por valles con relleno sedimentario cenozoico (Paleógeno-Neógeno y Cuaternario). Esporádicamente, aparece una cobertera sedimentaria paleozoica superior (sedimentitas continentales carboníferas-pérmicas), mesozoica (sedimentitas continentales y volcanitas cretácicas) y cenozoica (Paleógeno-Neógeno y Cuaternario). En el sector noroeste de las sierras, se destaca un grupo importante de rocas volcánicas y piroclásticas (Neógeno), que se sobreponen al paisaje de bloques basculados al este por

las fallas inversas mencionadas. Los cordones montañosos emergen como un conjunto de la llanura Chacopampeana formada por sedimentos continentales y suelos de edad Cuaternaria (Paleoceno - Holoceno).

La *Sierra Norte* y su continuación hacia el noreste en las *Sierras de Ambargasta y Sumampa* (provincia de Santiago del Estero) están constituidas por un gran bloque en forma de meseta, en el que se destacan cordones montañosos suaves, orientados en dirección nornoreste. Están formados mayoritariamente por intrusiones granitoides calcoalcalinas (batolito de Sierra Norte-Ambargasta) del Neoproterozoico-Cámbrico, que alojan grandes colgajos de metamorfitas de bajo grado (pizarras, filitas y esquistos), mediano grado (anfíbolitas, mármoles y gneises) y alto grado (migmatitas y gneises calcosilicáticos). Las edades de estas metamorfitas han sido asignadas al Neoproterozoico. También se reconocen sedimentitas como relictos de cuencas fanerozoicas sin metamorfizar, a modo de colgajos o dispuestas en depresiones invertidas tectónicamente. Colectivamente estas rocas han sido cartografiadas como sedimentitas y metasedimentitas neoproterozoicas-cámbricas. Localmente, estas rocas han sido metamorfizadas por contacto (corneanas). Se reconocen rocas subvolcánicas de la misma edad que los granitoides. Una enorme faja de deformación dúctil (milonitas) de naturaleza transcurrente dextral, de probable edad Cámbrica temprana, que afecta a la parte central de la Sierra Norte, separaría dos ambientes tectomagmáticos contrastados. Además, se encuentran escasos afloramientos de sedimentitas continentales carboníferas-pérmicas, diques basálticos de edad permo-triásica y sedimentitas continentales cretácicas.

En la Tabla 1 se ha sintetizado esta vasta información litológica en un Cuadro Estratigráfico ordenado de más antiguo a más moderno.

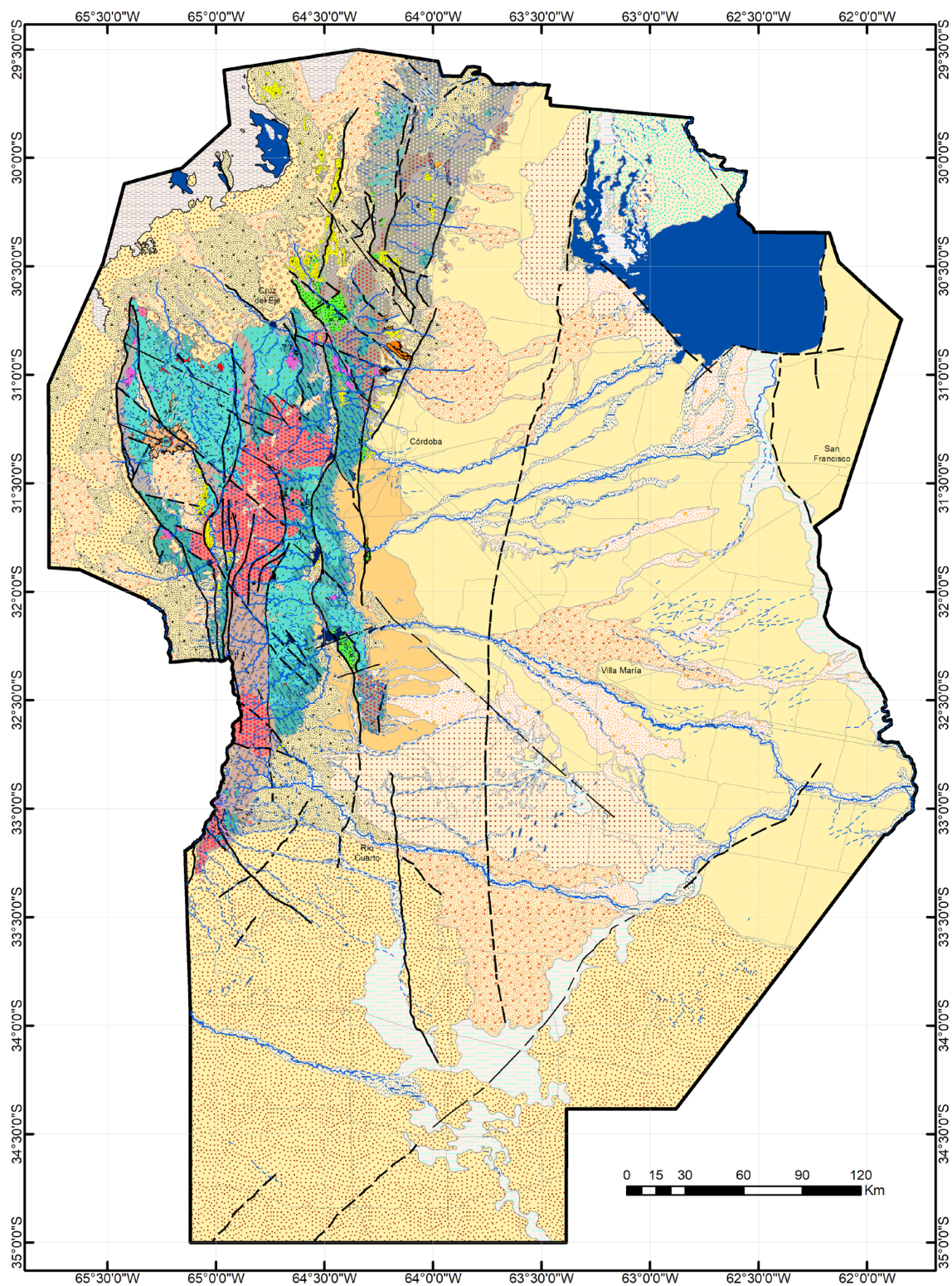


Figura 1a.

Figura 1: a) Mapa geológico integrado de la Provincia de Córdoba mostrando las principales unidades litológicas y fallas de las áreas serranas y de la llanura. b) Referencias hídricas, de la red vial, de las principales estructuras y códigos alfanuméricos de las unidades geológicas de la Figura 1a. En la Tabla 1 se muestra una descripción de las unidades litológicas cartografiadas ordenadas por su código alfanumérico. La Figura 2 es un detalle ampliado de las Sierras de Córdoba, con las mismas referencias de 1b. Se puede acceder a esta información mediante la capa Geología, subcapas Fallas y Litología, del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Provincia de Córdoba (<http://www.ordenamientoterritorialcba.com/web3/>).



Figura 1b.

Estructura

En las Sierras de Córdoba (Figura 2), se reconocen estructuras de deformación dúctil y frágil, de distintas edades, que se superponen en un patrón complejo. Dada la escala del mapa, no se han representado las estructuras internas del basamento metamórfico neoproterozoico-cámbrico (foliaciones y pliegues) y solamente han sido cartografiadas las fajas de deformación dúctil paleozoicas y las principales fallas y lineamientos de la deformación frágil cenozoica. La información que sigue ha sido tomada fundamentalmente de Martino (2003), Martino y Guerreschi (2014), y Martino *et al.* (2014a, b).

Estructura neoproterozoica-paleozoica.

Las Sierras de Córdoba están constituidas por un complejo metamórfico del Neoproterozoico-Paleozoico formado por una serie de dominios litológicos y estructurales, separados por fajas de deformación dúctil y con intercalaciones de rocas máficas y ultramáficas intensamente deformadas. Estructuralmente, habría una transición de una superestructura a una infraestructura. Las rocas que afloran pertenecen mayoritariamente a la infraestructura, con restos dispersos de la superestructura. Las unidades de la superestructura comprenden rocas metasedimentarias de grado

Tabla 1: Unidades litológicas cartografiadas ordenadas de acuerdo con la edad relativa o absoluta (fechado radimétrico) de las rocas siguiendo el Principio de Superposición Estratigráfica.

Nº	Unidad cartografiada	Edad relativa en periodos geológicos	Edad absoluta (en millones de años: Ma)	Descripción de la litología
41	Arcillas, limos y evaporitas holocenos	Holoceno superior		Arcillas, limos y evaporitas.
40	Limos arcillosos palustres holocenos	Holoceno superior		Limos arcillosos palustres.
39	Arenas eólicas holocenenas	Holoceno superior		Arenas eólicas.
38	Loess pleistoceno tardío-holoceno	Pleistoceno tardío-Holoceno inferior		Loess (<i>Formaciones: Tezanos Pinto, La Invernada, Guanaco Muerto, Palo Negro, San Guillermo, Zanjas Hondas</i>).
37	Arenas eólicas pleistoceno tardío holocenenas	Pleistoceno tardío Holoceno inferior		Arenas eólicas (<i>Formaciones San Gregorio, Las Ollas, Las Saladas</i>).
36	Sedimentos de albardones pleistoceno tardío-holocenos	Pleistoceno tardío-Holoceno inferior		Sedimentos de albardones. Limos arenosos y limos arcillosos.
35	Sedimentos fluvioeólicos holocenos	Holoceno inferior		Sedimentos fluvioeólicos
34	Loess pleistoceno superior-holoceno	Pleistoceno superior-Holoceno inferior		Loess (<i>Formaciones, Tezanos Pinto, La Invernada, Guanaco Muerto, Palo Negro</i>).
33	Arenas eólicas pleistoceno superior holocenenas	Pleistoceno superior Holoceno inferior		Arenas eólicas (<i>Formaciones Laguna Oscura, La Batea, Lomita del Indio, Teodelina</i>).
32	Sedimentos de prodelta y palustres pleistoceno superior-holocenos	Pleistoceno superior-Holoceno inferior		Sedimentos de prodelta y palustres.
31	Sedimentos fluviales pleistoceno superior-holocenos	Pleistoceno superior-Holoceno inferior		Gravas, arenas y limos fluviales (<i>Formaciones Río La Granja, Río Cuarto, Las Lajas, Reducción, Chuña</i>).
30	Sedimentos fluvioeólicos pleistoceno superior-holocenos	Pleistoceno superior-Holoceno inferior		Sedimentos limosos (loess) de color pardo rojizo a pardo amarillento, con alto contenido de CO ₃ Ca disperso en la masa y niveles de calcretes discontinuos (<i>Formaciones: General Paz, Pampiano, Toro Muerto, Carcarañá. Lucio López, Lagunilla del Plata</i>).
29	Sedimentos fluvioeólicos pleistoceno medio-superior	Pleistoceno medio-superior		Arenas y limos fluviales con intercalaciones de sedimentos limosos (<i>Formaciones: General Paz, Mina Clavero, Río Primero, Chocancharava, Charbonier</i>).
28	Fanglomerados pleistoceno inferior medio	Pleistoceno inferior medio		Depósitos pedemontanos constituidos por fanglomerados, cenoglomerados, gravas y arenas fluviales (<i>Formaciones: Las Rabonas, Estancia Belgrano, Río Cruz del Eje y Alpa Corral</i>).
27ab	Rocas volcánicas y volcaniclásticas neógenas (Sierra de Pocho)	Mioceno superior-Plioceno inferior	7,9-4,7 Ma	a) <i>Rocas volcánicas:</i> domos, cuerpos subvolcánicos y diques de traquiandesitas basálticas a traquitas/traquidacitas (serie calcoalcalina alta en K y shoshonítica). b) <i>Rocas volcaniclásticas:</i> ignimbritas, depósitos de flujos de escorias, depósitos de flujos de bloques y ceniza, depósitos hidromagmáticos y depósitos de caída. Depósitos volcaniclásticos secundarios. Travertinos (<i>Formación La Playa</i>).

Nº	Unidad cartografiada	Edad relativa en periodos geológicos	Edad absoluta (en millones de años: Ma)	Descripción de la litología
26ab	Sedimentitas continentales paleógenas-neógenas: a) Paleógeno b) Neógeno	Eoceno inferior-Mioceno superior-Plioceno		a) <i>Paleógeno</i> : Conglomerados arenosos rojizos (<i>Formación Villa Belgrano</i>). Arcosas conglomerádicas rojizas, pelitas y limolitas calcáreas rojizas y conglomerados graníticos (<i>Formación Cosquín</i>). Conglomerados gruesos arenosos y fangosos, areniscas, limolitas y pelitas rojas (<i>Formación Valle del Sol</i>). b) <i>Neógeno</i> : Calcretes y silcretes blanquecinos (<i>Formación Los Llanos/Calcretes Avellaneda</i>). Conglomerados arenosos, areniscas, pelitas y tobas interestratificadas (<i>Unidad rojiza Los Tártaos</i>). Conglomerados y brechas muy gruesos a finos, intercalados con areniscas (<i>Formación Casa Grande</i>). Conglomerados y sabulitas, limolitas areniscosas y arcillitas (<i>Formación Brochero</i>).
25	Volcanitas cretácicas	Cretácico inferior-Paleoceno	129,6 ± 1 Ma 150 a 55 Ma	Basaltos alcalinos-traquitas en coladas en manto y diques (volcanismo alcalino potásico de la Sierra Chica). Basaltos nefelínicos (Chaján y Estancia Guasta).
24	Sedimentitas continentales cretácicas	Cretácico inferior		Brechas y conglomerados, que pasan a areniscas conglomerádicas y areniscas tabulares con intercalaciones pelíticas, y a pelitas y evaporitas.
23	Volcanitas pérmicas-triásicas (Sierra Norte)	Carbonífero superior hasta Triásico inferior	246-301 Ma	Diques de basalto o basanitas: cuerpos de El Escondido, Fátima, Caspi Cuchuna, Ichagón y La Cienaguita (magmatismo básico y ultrabásico alcalino de Sierra Norte).
22	Sedimentitas continentales carboníferas-pérmicas	Carbonífero (Pensilvaniano)-Pérmico inferior		Conglomerados con intercalaciones de pelitas, de origen glacial y posglacial, que pasan hacia arriba a areniscas rosadas-rojizas (<i>formaciones Chancaní y Tasa Cuna</i> con paleofloras). <i>Areniscas de Sampacho</i> . <i>Areniscas de Cerro Colorado</i> : areniscas arcóscas con intervalos conglomerádicos y areno-conglomerádicos, que pasan hacia arriba a cuerpos tabulares de areniscas, limoareniscas y pelitas rojizas.
21	Pegmatitas devónicas-carboníferas	Devónico superior a Carbonífero inferior		<i>Pegmatitas del Distrito Punilla</i> : pegmatitas de subtipo berilo-columbita-fosfato de familia petrogenética NYF o mixta.
20	Fajas de deformación (milonitas) devónicas-carboníferas	Devónico superior a Carbonífero inferior	355 ± 1 Ma 370 Ma	Fajas de deformación (milonitas) La Laja, Soconcho, La Higuera-Dos Pozos.
19	Corneanas devónicas-carboníferas	Devónico superior a Carbonífero inferior		Corneanas con cordierita-andalucita y andalucita-antofilita.
18ab	Granitoides devónicos-carboníferos: a) Devónicos, b) Carboníferos	Devónico inferior? - Devónico superior a Carbonífero inferior (Mississippiano)	336 Ma 362 a 383 Ma 366-379 Ma 413 Ma	a) <i>Devónicos</i> : -Batolito de Achala y plutones Loma de la Población, La Yeya Sur, San José: monzogranitos biotítico-muscovíticos, granodioritas y tonalitas (magmatismo tipo A aluminoso). -Batolito de Cerro Aspero: monzogranitos biotíticos (magmatismo granítico de alto K, granitos tipo A peraluminosos y alcalinos). -Complejo Achiras y Granito Inti Huasi: Leucogranitos, monzonitas cuarzosas biotíticas, monzogranitos biotíticos, y monzogranitos biotíticos anfibólicos. b) <i>Carboníferos</i> : plutones Serrezuela Oriental y Occidental, y Capilla del Monte.

Nº	Unidad cartografiada	Edad relativa en periodos geológicos	Edad absoluta (en millones de años: Ma)	Descripción de la litología
17	Pegmatitas ordovícicas-silúricas	Ordovícico superior-Silúrico inferior		<i>Pegmatitas del Distrito Comechingones:</i> Pegmatitas de clase muscovita-elementos raros de signatura LCT (Li-Cs-Ta).
16	Fajas de deformación (milonitas) ordovícicas-silúricas	Ordovícico superior-Silúrico inferior		Fajas de deformación (milonitas) Guacha Corral, Pachango, Altautina, San Marcos, La Estanzuela, Casa Bamba, Carapé
15	Granitoides ordovícicos	Cámbrico superior a Ordovícico medio	478-460 Ma 499 Ma 510-460 Ma	Tonalitas, trondhjemitas, granodioritas y granitos (magmatismo TTG). (Plutones Güiraldes y La Fronda; Calmayo, El Hongo y San Agustín; Piedra Grande, Cuesta de Los Romero y Paso del Carmen; Loma Ancha, Mesa del Coro, La Yeya Norte, Cóndor Huasi, El Hueco; Cruz del Eje, La Playa o Charquina y Agua de Ramón)
14	Pegmatitas cámblicas-ordovícicas	Cámbrico inferior a Ordovícico inferior	475 Ma 526 Ma	<i>Pegmatitas de Distritos Alta Gracia y Altautina:</i> Pegmatitas de clases muscovita, muscovita-elementos raros y litíferas de clase elementos raros. Pegmatoides turmaliníferos.
13	Fajas de deformación (milonitas) cámblicas	Cámbrico inferior	530-535 Ma	Fajas de deformación (milonitas) Sauce Punco, Ischilín, Napa-Toyos, Los Túneles, Ambul-Mussi, Guamanes
12ab	Rocas subvolcánicas cámblicas (Sierra Norte)	b. Cámbrico superior a. Cámbrico inferior-Cámbrico medio	b) ~494 Ma a) 518 ± 4 Ma 557 ± 4 Ma	<i>a) Domo dacítico-riolítico Cerro de los Burros:</i> Hipabisal dómico dacítico-riolítico con diques ácidos riolíticos y dacíticos. Diques andesíticos (Andesitas Balbuena). <i>b) Diques de Oncán:</i> Diques riolíticos. Lamprófiros espessartíticos.
11	Corneanas neoproterozoicas-cámbricas (Sierra Norte)	Neoproterozoico a Cámbrico superior		Corneanas cordierítico-biotíticas
10abc	Granitoides neoproterozoicos-cámbricos (Sierra Norte y Las Peñas)	Neoproterozoico a Cámbrico superior	a) ~560 a 500 b) 554 a 515 Ma c) ~525 Ma	<u>Batolito de Sierra Norte-Ambargasta</u> (magmatismo calcoalcalino metaluminoso tipo I): <i>a) Granodioritas-monzogranitos (La Isla)</i> <i>b) Granitos porfíricos (Ischilín-Ojo de Agua)</i> <i>c) Granitos (Villa Albertina)</i> <u>Sierra de Las Peñas:</u> <i>b) Granitoide Las Peñas:</i> granitoides porfíricos biotíticos, con texturas protomiloníticas a miloníticas.
9abc	Migmatitas neoproterozoicas-cámbricas: a) Metatexitas, b) Diatexitas, c) Granitoides anatócticos (tipo El Pilón)	Neoproterozoico-Cámbrico inferior	a-b) ~548-510 Ma 538 Ma ~580 Ma c) 527-514 Ma	<i>a) Metatexitas:</i> metatexitas estromatíticas graníticas y tonalíticas con biotita, granate y sillimanita. <i>b) Diatexitas:</i> diatexitas graníticas y tonalíticas con biotita, granate y cordierita. <i>c) Granitoides anatócticos (tipo El Pilón):</i> diatexitas, granitos y granodioritas con cordierita y sillimanita
8abc	Gneises neoproterozoicos-cámbricos	Neoproterozoico-Cámbrico inferior Ordovícico?	ab) 585 Ma c) 459 ± 4 Ma 469 ± 23 Ma 471 Ma	<i>a) Metasedimentitas de medio-alto grado de Sierra Norte Oriental:</i> gneises biotíticos, granatíferos y sillimaníticos, ortogneises, esquistos cuarzo-biotíticos, metagabros y gneises calcosilicáticos. <i>b) Paragneises:</i> gneises tonalíticos biotíticos, granatíferos y sillimaníticos. <i>c) Ortogneises:</i> ortogneises tonalíticos y granodioríticos con hornblenda o granate.

Nº	Unidad cartografiada	Edad relativa en periodos geológicos	Edad absoluta (en millones de años: Ma)	Descripción de la litología
7	Mármoles neoproterozoicos-cámbricos	Neoproterozoico-Cámbrico inferior		Mármoles calcíticos, calcodolomíticos y dolomíticos con tremolita, diópsido, forsterita y clinohumita. Mármoles y rocas calcosilicáticas con diópsido, escapolita, wollastonita y grosularia.
6	Esquistos y gneises neoproterozoicos-cámbricos (Mojigasta)	Neoproterozoico-Cámbrico inferior		<i>Esquistos y gneises Mojigasta</i> : Esquistos y gneises muscovítico-biotíticos intruidos por granitos pegmatoides foliados.
5	Esquistos bandeados neoproterozoicos-cámbricos	Neoproterozoico-Cámbrico inferior		a) <i>Esquistos bandeados Tuclame</i> : esquistos cuarzo-micáceos con bandeo tectónico. b) <i>Esquistos de Altautina</i> : Esquistos bandeados dominantes, cuarcitas micáceas y micacitas, con intercalaciones de mármoles y gneises calcosilicatados.
4	Metasedimentitas neoproterozoicas-cámbricas	Neoproterozoico-Cámbrico inferior	b) 525 ± 18 Ma	a) <i>Metasedimentitas de bajo grado de Sierra Norte Occidental</i> : Secuencia de conglomerados y areniscas (cuarcitas ± grauvacas) con transiciones a limolitas y arcillitas con metamorfismo de muy bajo grado. Filitas de San Francisco del Chañar. b) <i>Filitas La Mermela</i> : Metapelitas masivas y laminadas verdes, metagrauvacas pardas y metacuarcitas verdosas.
3ab	Rocas máficas (metabasitas) neoproterozoicas-cámbricas: a) metagabros, b) anfibolitas	Neoproterozoico-Cámbrico inferior	a) ≥ 530 Ma 496 ± 15 Ma 512 ± 15 Ma 521-516 Ma 622 a 631 Ma b) 530 Ma 570-560 Ma	a) <i>Metagabros</i> : Metagabro Cañada del Puerto, gabro estratificado Cerro San Lorenzo. Noritas, gabronoritas, dioritas y gabros de Sol de Mayo-Inti Yaco, Suya Taco, Cantera Champaquí y Río Grande. b) <i>Anfibolitas</i> : Para y ortoanfibolitas con hornblenda, plagioclasa, diópsido, titanita e ilmenita.
2	Metaignimbritas-metasedimentitas neoproterozoicas (La Lidia)	Neoproterozoico	~583 Ma	Metatobas y metaignimbritas riolíticas, con intercalaciones de metaconglomerados, metaareniscas arcósicas y metalimolitas.
1	Rocas ultramáficas serpentinizadas neoproterozoicas	Neoproterozoico	628-649 Ma 647 ± 77 Ma 672 Ma	Serpentinitas de reemplazo de harzburgitas y lherzolitas subordinadas, con lentes o capas de piroxenitas, hornblenditas, metabasitas y cromititas.

metamórfico bajo como filitas, esquistos micáceos y esquistos bandeados, en las que se reconocen estructuras como clivaje, esquistosidad, plegamiento similar y *kink-bands*. La superestructura presenta contactos transicionales, intrusivos y tectónicos con la infraestructura. La infraestructura comprende rocas metamórficas de grado medio a alto, principalmente gneises, migmatitas (metatexitas y diatexitas), anfibolitas, mármoles y rocas calcosilicáticas. En la infraestructura, la principal estructura reconocida es una foliación metamórfica

estratiforme, muy penetrativa y de distribución regional. La tendencia estructural de la foliación metamórfica se orienta con un rumbo dominante N 330°, buzando al este, con ángulos medios a bajos, hasta horizontal en algunas lugares. Esta foliación fue retrabajada formando pliegues en vaina, pliegues isoclinales oblicuos y pliegues reclinados. Todas estas estructuras habrían sido producidas por deformación no coaxial, con distinto grado de intensidad, cuyo resultado final es una fábrica penetrativa S (planar) + B (plegada), reconocible a todas

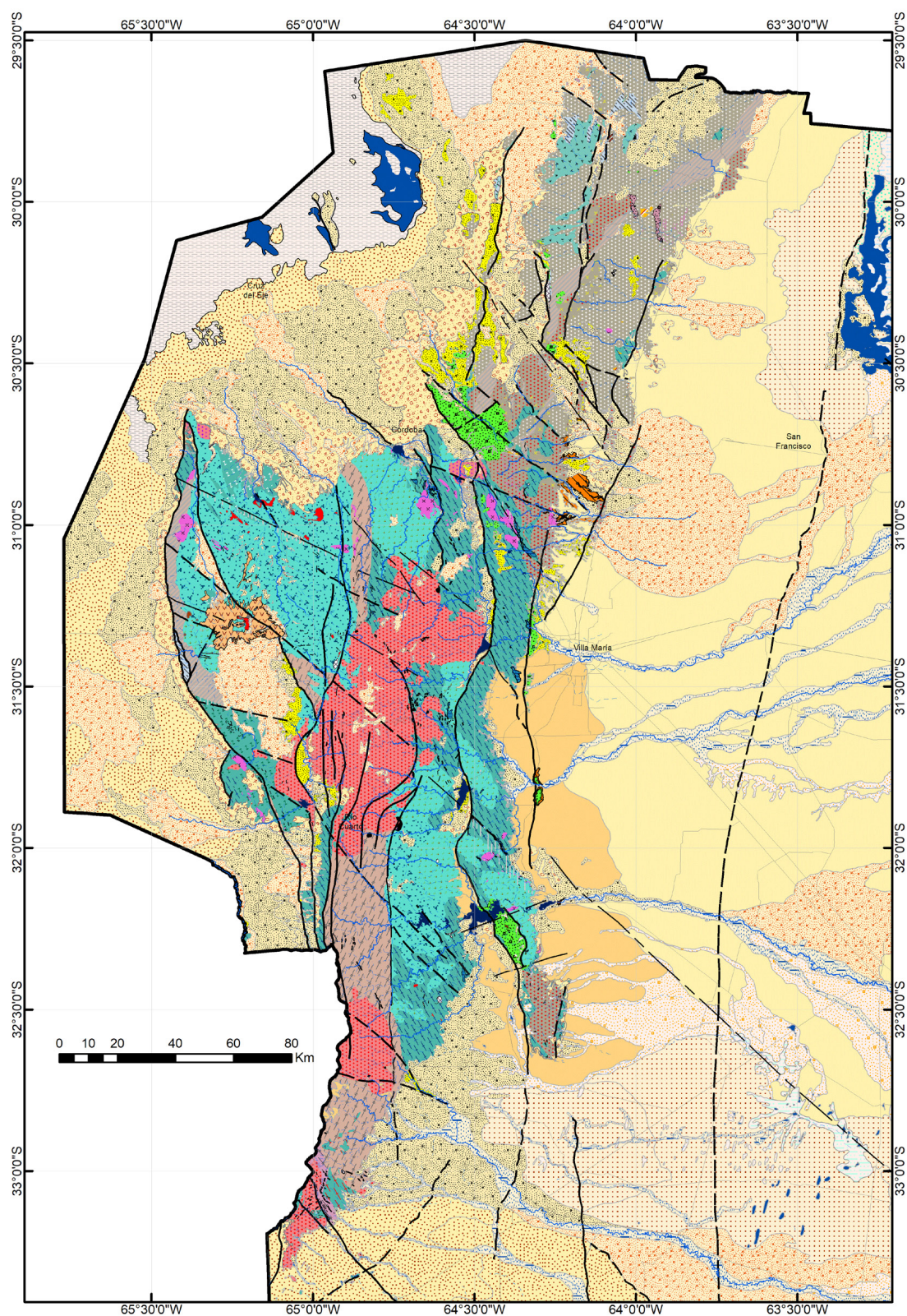


Figura 2: Mapa geológico ampliado de las Sierras de Córdoba para una mejor comprensión de las áreas serranas en detalle. Las referencias se encuentran en la figura 1b.

las escalas de observación, generada en los niveles medios de la corteza neoproterozoica-paleozoica inferior de las Sierras Pampeanas de Córdoba.

Fajas de deformación dúctil paleozoicas. El complejo metamórfico está deformado penetrativamente por fajas de deformación dúctil, posmetamórficas, de naturaleza contraccional, con geometrías de corrimientos. Estas fajas habrían producido el desenraizamiento del orógeno Pampeano y una inversión metamórfica generalizada: las rocas de más alto grado quedaron por encima de las de bajo grado en términos relativos. Con esta deformación contraccional, habría comenzado el enfriamiento de este sector de la corteza en las Sierras de Córdoba, generando retrogradación en las metamorfitas. Las fajas de deformación produjeron rocas de la serie de las milonitas en distintas etapas, por lo que según su edad, estas litologías fueron cartografiadas como milonitas cámbricas, milonitas ordovícicas-silúricas y milonitas devónicas. Hasta el momento, han sido identificadas 21 fajas de deformación dúctil en las Sierras de Córdoba. Entre estas fajas, las dos más importantes por su rol en la exhumación tectónica, son las fajas de deformación Los Túneles y Guacha Corral. Otras fajas de deformación dúctil son las de Guamanes, La Higuera-Dos Pozos, Ambul-Mussi, Pachango, Altautina, La Laja, Soconcho, Carapé, San Marcos e Ischilín.

Estructura mesozoica-cenozoica. Las Sierras de Córdoba están constituidas por un basamento ígneo-metamórfico dispuesto en cordones montañosos de orientación meridiana, limitados por fallas inversas cenozoicas que buzan hacia el este. Las principales fallas y lineamientos reconocidos han sido marcados en el mapa estructural utilizando el criterio de "escarpa de falla" para una geoforma coincidente o groseramente coincidente con un plano de falla que ha afectado la superficie del suelo. Las principales fallas morfogenéticas que levantaron los bloques que conforman las Sierras de Córdoba, en sentido oeste a este,

de norte a sur, desde la más antigua a la más moderna, son las siguientes: falla de la Sierra de Pocho, falla de Ciénaga del Coro-La Sierrita, falla de Cumbre de Gaspar-falla de Nono, falla de la Sierra Grande-Sierra de Comechingones, falla de la Sierra de San Marcos-Cunuputo-Perchel, falla de la Sierra Chica y falla de la Elevación Pampeana. Además de las fallas mencionadas, se reconocen fallas inversas menores en las terminaciones de las sierras y antiguos lineamientos casi verticales, de rumbo NNO y NNE, oblicuos al rumbo general de las sierras. Entre éstos, se destacan los lineamientos Ojo de Agua, Candelaria, Corral del Carnero, Rincón Grande, Guasta y Retamito, que afectan al sector noroeste y al batolito de Achala; y lineamientos asociados a fajas de deformación dúctil como La Higuera-Dos Pozos, Pachango, Carapé y Soconcho, entre otros. El lineamiento Deán Funes separa la Sierra Chica de la Sierra Norte, tiene rumbo NNO, coincidente con una de las tendencias estructurales más acentuadas de la tectónica cretácica en territorio argentino, y se extendería hasta el margen atlántico, en la actual cuenca del Salado.

Geomorfología

El mapa de esta capa (Figuras 4a y 4b) fue realizado a partir de información del capítulo Geomorfología del Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: Geología y Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba (Carignano *et al.*, 2014 y bibliografía citada allí).

La provincia exhibe en su territorio un variado conjunto de geoformas resultantes de procesos de la dinámica terrestre interna (endógenos) y externa (exógenos), que permiten reconocer los cambios tectónicos, ambientales y climáticos registrados en el pasado, especialmente durante el Cuaternario. Como resultado, se presenta un ordenamiento de unidades geomorfológicas y una cartografía geomorfológica a escala regional (Subcapa Geomorfología) que muestra de manera sintética la distribución de las formas de relieve

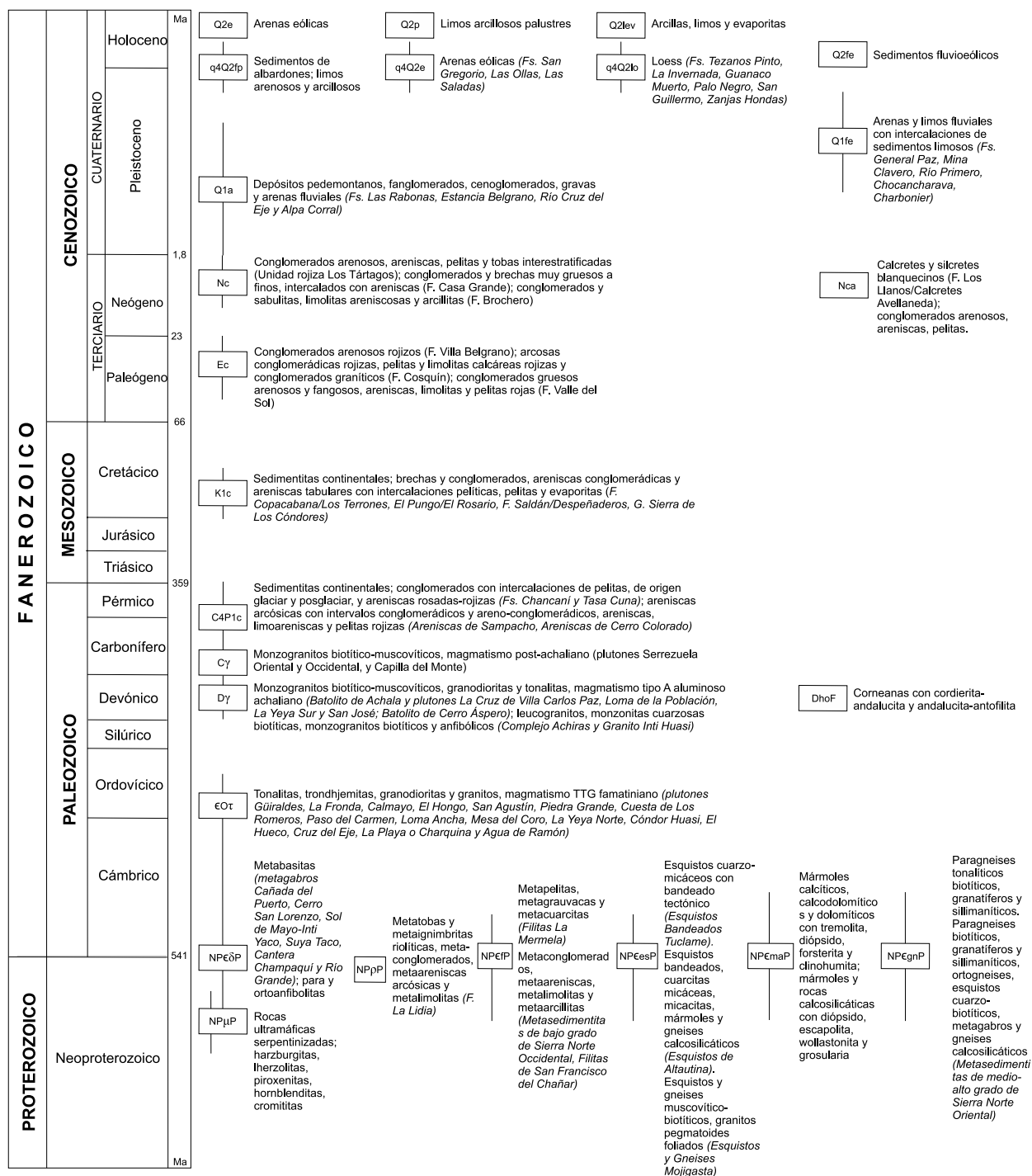
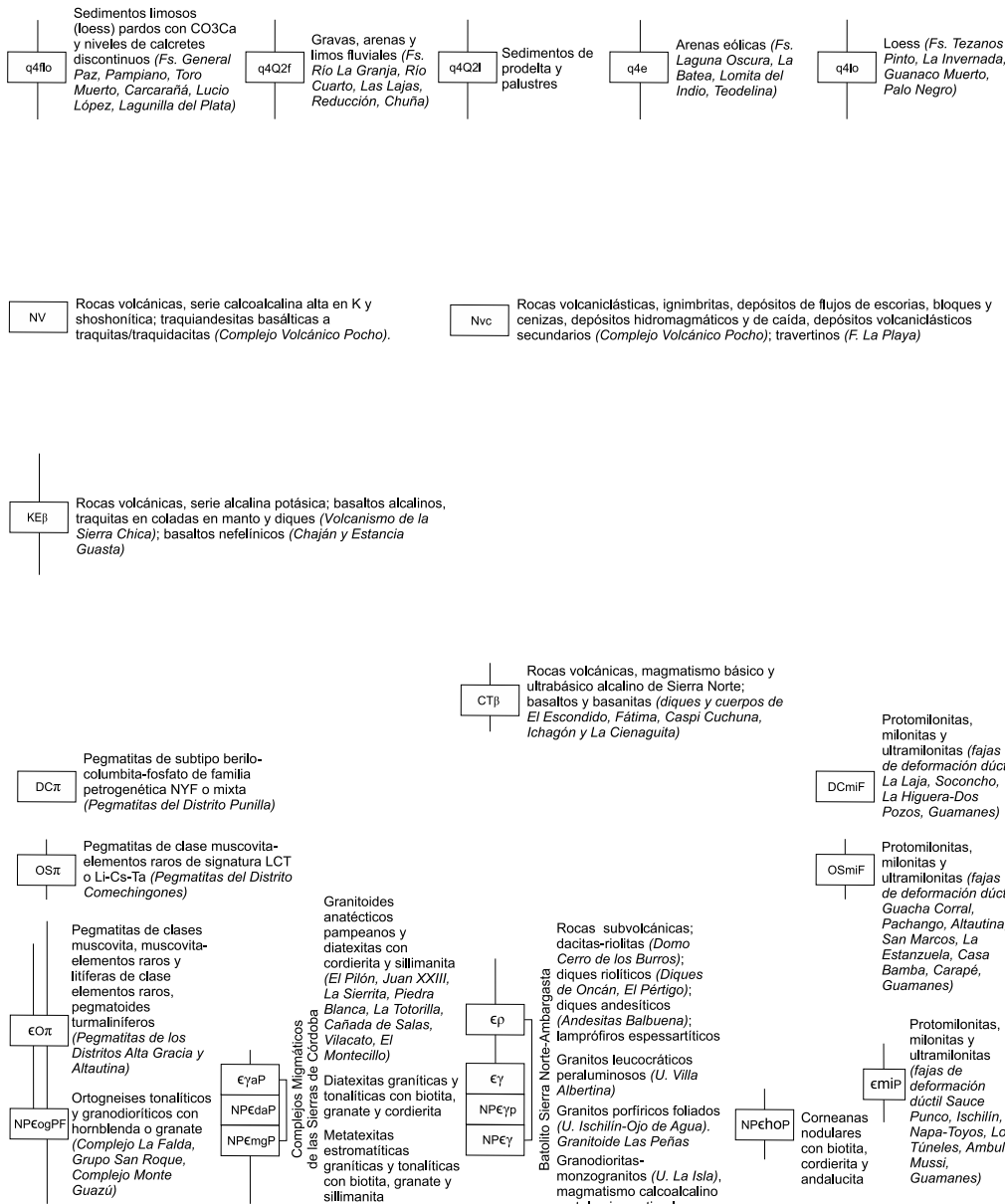


Figura 3: Cuadro estratigráfico de la Provincia de Córdoba (códigos alfanuméricos y referencias en Figura 1b, complementarios con Tabla 1).



FANEROZOICO	CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno	1,8
			Pleistoceno	
	TERCIARIO		Neógeno	23
			Paleógeno	
MESOZOICO			Cretácico	66
			Jurásico	
			Triásico	
			Pérmico	
			Carbonífero	
PALEOZOICO			Devónico	359
			Silúrico	
			Ordovícico	
PROTEROZOICO			Cámbrico	541
			Neoproterozoico	

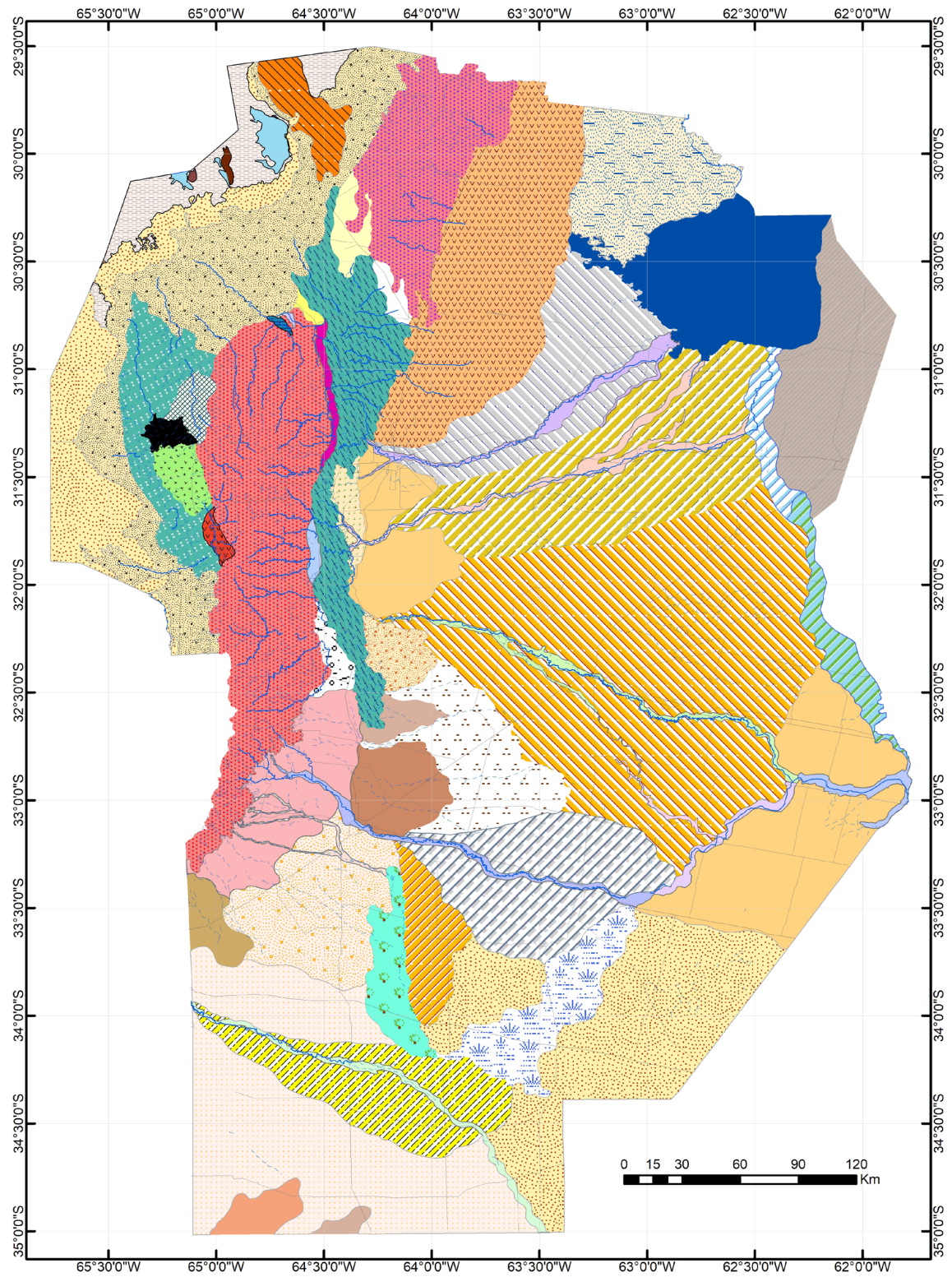


Figura 4a.

Figura 4: a) Mapa geomorfológico de la Provincia de Córdoba mostrando las principales unidades que componen el paisaje (geoformas) en las zonas serranas y de llanura. b) Referencias de las unidades geomorfológicas cartografiadas. Se puede acceder a esta información mediante la capa Geología, subcapa Geomorfología, del Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Provincia de Córdoba (<http://www.ordenamientoterritorialcoba.com/web3/>).



Figura 4b.

y los paisajes cuaternarios y precuaternarios, incluyendo geoformas muy antiguas, relictas y exhumadas, así como la impronta sobre el relieve de los cambios ocurridos en el paisaje y en el ambiente.

Gran parte de la Provincia de Córdoba está afectada por problemas de erosión, inundaciones, sedimentación, colapsos de suelos, etc., que constituyen amenazas para las personas, recursos naturales y obras de infraestructura. Ya existen situaciones irreversibles derivadas del manejo inadecuado del territorio y muchos sectores están en franco deterioro por esta misma causa. Esto es con-

secuencia directa del poco conocimiento que hay sobre la dinámica y evolución geomorfológica en cada región. Las modificaciones que se producen en el ambiente no consideran estos aspectos y causan, por lo tanto, profundas alteraciones en el equilibrio existente, desencadenando o acelerando procesos que derivan en una rápida degradación del terreno. Es en este contexto donde se pretende contribuir con esta sistematización, pues el conocimiento geomorfológico de una región es fundamental, ya que permite definir, con precisión, cuál es el estado del ambiente y cómo evolucionará. Los rasgos morfodinámicos son una extraordinaria fuente de informa-

ción, pues la morfología de una comarca está en función de complejas relaciones existentes entre formas, procesos, materiales y clima.

En este sentido, el análisis y la clasificación de las geoformas y su génesis son primordiales en los estudios de evaluación y planificación territorial, pues la evaluación del territorio implica el proceso de valoración de las aptitudes de la tierra para un uso determinado. Por ello, en la medida que se conozca mejor la evolución de una región en el transcurso de este tiempo geológico, mejor preparación se tendrá para evaluar y hacer un uso racional de los recursos.

El análisis de la geomorfología de la provincia se realizó a nivel de regiones geomorfológicas y sistemas geomorfológicos (grandes unidades geomorfológicas), teniendo en cuenta que éstas son la base fundamental de la clasificación geomorfológica a escala regional. Las regiones geomorfológicas son áreas caracterizadas por un estilo condicionado por la recurrencia de caracteres tectónicos, litológicos y eventos morfogenéticos endógenos y exógenos, con una dinámica controlada por las condiciones climáticas (por ejemplo, Sierras Chicas, Bolsón de Las Salinas Grandes, etc.). Los sistemas geomorfológicos son zonas caracterizadas por un conjunto relativamente homogéneo de geoformas, resultantes de procesos morfogenéticos y morfodinámicos condicionados por la geodinámica externa que presentan interacciones sistémicas o relaciones funcionales. Se considera que una unidad abarca un área caracterizada por uno o más tipos de elementos geomorfológicos que se repiten regularmente, pudiendo ser mono o poligenética y mono o policíclica. El elemento corresponde a las geoformas unitarias con identidad morfogenética propia, sin consideraciones de su grado de conservación y funcionalidad; este nivel identifica los componentes básicos del paisaje que se muestran en el mapa geomorfológico.

La provincia de Córdoba comprende dos regiones geomorfológicas de primer orden: la zona de montañas y las grandes llanuras.

La primera abarca la zona oriental de la provincia geomorfológica de Sierras Pampeanas y comprende cinco unidades mayores: Sierra Norte, Sierras Chicas-Las Peñas, Sierras Grandes-Comechingones, Sierras de Pocho-Guasapampa y Valles Estructurales. Esta provincia comprende, además, las grandes cuencas intermontanas como el Bolsón de las Salinas Grandes y de Ambargasta, correspondiente a una extensa área alargada en dirección norte-sur y con escaso relieve. Las planicies de la provincia de Córdoba son parte del sector sudoccidental de la gran provincia geomorfológica de la Llanura Chacopampeana que, a su vez, se divide en tres grandes regiones naturales a partir de sus características morfosedimentarias: Chaco, Pampa Norte y Pampa Sur. En la llanura cordobesa, se diferencian cuatro ambientes geomorfológicos mayores: Depresión de la Laguna de Mar Chiquita, Planicie Fluvioeólica Central, Planicie Arenosa Eólica del Sur y Ambientes Pedemontanos.

Minería

La producción minera de la provincia de Córdoba se restringe a minerales y rocas industriales (Bonalmi *et al.* 2014 y bibliografía allí citada), ya que no se registra producción de minerales metalíferos desde fines del siglo XX. En orden de importancia, lideran la producción minera de Córdoba los áridos de origen fluvial y de trituración, seguidos en un orden de magnitud menor por los carbonatos para diversos usos (cemento, cal, molienda) y las arcillas. Sustancias como la serpentinita (esencialmente para uso siderúrgico) y cuarzo y feldespatos tienen una producción importante, con un fuerte crecimiento de la primera en la última década. A pesar de que el volumen producido no es muy alto, Córdoba es líder nacional en la producción de fluorita y rocas ornamentales; en cambio, la producción de sal es muy variable, ya que está controlada por el factor climático. Cierran el cuadro productivo la mica, de producción muy restringida en la actualidad, y la vermiculita,

con problemas ambientales que han derivado en el cese casi total de su extracción. Los yacimientos metalíferos de Córdoba tuvieron una importancia relativa dentro de la minería nacional del siglo XX, entre los que se destacan los distritos de wolframio y manganeso por el volumen producido.

CONCLUSIONES

Se realizó un Mapa Geológico actualizado de la Provincia de Córdoba, a escala 1:250.000, al que se accede mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG) de la provincia. La capa Geología está compuesta por distintas subcapas: Litología, con los tipos de rocas de distintas edades (Figuras 1a, 1b, 2 y 3 y Tabla 1), Geomorfología, con los componentes básicos del paisaje o geoformas (Figura 4) y Estructura, con las principales fallas frágiles y las fajas de deformación dúctil (Figuras 1a, 1b y 2). Cada unidad cartografiada en las distintas subcapas incluye, además, un texto explicativo. Tabla 1 y Figura 3 (Columna estratigráfica).

La provincia de Córdoba posee en su territorio un variado conjunto de litologías, estructuras, geoformas y yacimientos minerales resultantes de procesos exógenos y endógenos que actuaron durante su larga evolución geológica desde el Precámbrico hasta la actualidad, y que actualmente permiten reconocer los cambios tectónicos, ambientales y climáticos registrados en el pasado. Toda esta información integrada es aplicable a planes de uso, manejo y conservación de los recursos naturales renovables y no renovables, entre los que se incluyen los minerales industriales y rocas de aplicación en la construcción de obras de infraestructura civiles y viales, recursos hídricos superficiales y subterráneos y sus aprovechamientos hidráulicos para riego y generación de energía hidroeléctrica, paisajes y sitios de interés turístico. También será de importancia para la búsqueda y exploración de nuevos recursos naturales, principalmente agua, energía y minerales, para hacer

frente a los cambios tecnológicos futuros y a la demanda creciente por parte de la industria y de toda la comunidad.

Gran parte de la Provincia está afectada por problemas de erosión, inundaciones, sedimentación, colapsos de suelos, etc., que constituyen amenazas para las personas, los recursos naturales y las obras de infraestructura. En este sentido, el análisis y la clasificación de las distintas litologías aflorantes, geoformas, estructuras geológicas y yacimientos minerales son esenciales en los estudios de evaluación y planificación territorial, y en la valoración de las aptitudes de la tierra para un uso determinado. Por ello, en la medida que se conozca mejor la evolución de una región en el transcurso del tiempo geológico, mejor preparación se tendrá para la evaluación y uso racional de los recursos naturales, promoción de nuevas actividades, minimización de impactos ambientales, mitigación de riesgos geológicos, restauración de áreas degradadas, entre muchos otros usos como instrumento de política provincial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anzil, P. A., Guerreschi, A. B., Martino, R. D. (2014). Las rocas ultramáficas de las Sierras de Córdoba. En: R.D. Martino y A.B. Guerreschi (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino*, Tomo I, pp. 129-150), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Arnosio, M., Popridkin, C., Báez, W. y Bustos, E. (2014). El volcanismo terciario: Complejo Volcánico Pocho. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 623-647). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Astini, R.A. y Del Papa, C. E. (2014). Cubierta sedimentaria paleozoica superior. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino

- (Tomo I, pp. 393-419), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Astini, R.A. y Oviedo, N. d. V. (2014). Cubierta sedimentaria mesozoica. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 435-471), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Astini, R., Tauber, A., Marengo, H. y Oviedo, N. (2014). Cubierta sedimentaria cenozoica (Paleógeno-Neógeno). En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: *Geología y Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba* (Tomo I, pp. 539-589), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Baldo, E., Rapela, C., Pankhurst, R., Galindo, C., Casquet, C., Verdecchia, S. y Murra, J. (2014). Geocronología de las Sierras de Córdoba: revisión y comentarios. En: R.D. Martino y A.B. Guerreschi (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino* (Tomo II, pp. 845-868), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Baldo, E. y Verdecchia, S. O. (2014). Las metamorfitas de contacto asociadas al magmatismo achaliano de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 349-363). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Bonalumi, A., Sfragulla, J., Jerez, D., Bertolino, S., Sánchez Rial, J. y Carrizo, E. (2014). Yacimientos de minerales y rocas industriales. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo II, pp. 983-1024). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Carignano, C. Kröhling, D. Degiovanni, S. y Cioccale, M. (2014). Geomorfología. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.), Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: *Geología y Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba* (Tomo I, pp. 747-822). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- D'Eramo, F., Pinotti, L., Bonalumi, A., Sfragulla, J., Demartis, M., Coniglio, J. y Baldo, E. (2014). El magmatismo ordovícico en las Sierras Pampeanas de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 233-254). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Galliski, M. A. y Sfragulla, J. (2014). Las pegmatitas graníticas de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 365-388). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Gordillo, C.E. y Lencinas, A.N. (1979). Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. En: J.C. Turner (ed.), *Geología Regional Argentina* (pp. 577-650). Córdoba, Academia Nacional de Ciencias.
- Guerreschi, A.B. y Martino, R.D. (2014). Las migmatitas de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 67-94). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Kröhling, D. y Carignano, C. (2014). Estratigrafía de los depósitos sedimentarios cuaternarios. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino: *Geología y Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba* (Tomo I, pp. 673-724), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Lagorio, S.L., Vizán, H. y Geuna, S. (2014). El volcanismo alcalino cretácico. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 473-511), Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Lira, R. y Sfragulla, J. (2014). El magmatismo devónico-carbonífero: El Batolito de Achala y los plutones menores al norte del cerro Champaquí. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp.

- 293-347). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Lira, R., Poklepovic, M.F. y O'Leary, M.S. (2014). El magmatismo cámbrico en el batolito de Sierra Norte-Ambargasta. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 183-215). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Martino, R.D. (2003). Las fajas de deformación dúctil de las Sierras Pampeanas de Córdoba: una reseña general. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 58, 549-571.
- Martino, R. D. y Guerreschi, A. B. (editores, 2014). *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba*. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, Córdoba, 2 tomos, 1350 p.
- Martino, R. D. y Guerreschi, A. B. (2014). La estructura neoproterozoica-paleozoica inferior del complejo metamórfico de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 95-128). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Martino, R. D., Guerreschi, A. B., Carignano, C. A., Calejari, R. J. y Manoni, R. (2014a). La estructura de las cuencas extensionales cretácicas de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 513-538). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Martino, R. D., Guerreschi, A. B., y Caro Montero, A. (2014b). La estructura cenozoica (paleógena-neógena) de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 649-671). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- O'Leary, M.S., Lira, R. y Poklepovic, M.F. (2014). Volcanismo y subvolcanismo del sector centro-oeste del batolito de Sierra Norte-Ambargasta. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 217-232). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Otamendi, J. E., Cristofolini, E. A., Fagiano, M. R., Pinotti, L.P. y D'Eramo, F.J. (2014). Los granitos devónicos del sur de la Sierra de Comechingones. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 277-291). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Pinotti, L.P., Coniglio, J.E., D'Eramo, F.J., Demartis, M., Otamendi, J. E., Fagiano, M. R. y Zambroni, N. E. (2014). El magmatismo devónico: Geología del batolito de Cerro Aspero. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 255-276). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.
- Tibaldi, A., Demichelis, A., Fagiano, M. R., Otamendi, J. E. y Rabbia, O. (2014). Las rocas máficas del Paleozoico Inferior de las Sierras de Córdoba. En: R. D. Martino y A. B. Guerreschi (eds.): *Geología y recursos naturales de la Provincia de Córdoba*, Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino (Tomo I, pp. 151-167). Córdoba, Asociación Geológica Argentina.

2. SUELO

Juan Gorgas, José Tassile, Eduardo Maximiliano Zamora, Verónica Bustos, Mariana Carnero

RESUMEN

Este Capítulo sintetiza los aportes del área Cartografía de Suelos y Evaluación de tierras, agrupados en tres ámbitos (i) desarrollo de un SIG, (ii) carencias de datos y (iii) extracción automática de información.

Módulo SIG. Incluye la capa de suelos y las bases de datos de atributos y metadatos de toda la provincia. La información base proviene de la cartografía a diversas escalas (Convenio INTA – Prov. de Córdoba), sintetizada a escala 1:500.000 y discriminación taxonómica a nivel de Subgrupo, que segrega 270 unidades de suelos y describe 16 propiedades caracteres y edáficos: drenaje, profundidad, textura, salinidad, alcalinidad, materia orgánica, CIC, pendiente, pedregosidad y erosión.

Módulo generación de nuevos datos. Relevamientos en sectores con carencias de información. Incluye 175.000 hectáreas a Escala 1:50.000 (Santa Rosa de Río Primero) y 660.000 hectáreas a Escala 1:100.000 (Río Primero, San Justo, Tulumba y Río Seco).

Módulo explotación de bases de datos. Cartografía Automática. Mapas e inventarios regionales de algunas importantes limitantes edáficas. La salinidad y sodicidad son atributos asociados que en algún grado afectan 20% de las tierras. Más del 40% de tierras son de drenaje óptimo o casi óptimo; pero también hay un tercio cuyo drenaje tiende a excesivo lo que las hace a susceptibles a sequías, mientras que los de drenaje pobre o imperfecto alcanzan el 18%. La textura de los suelos cordobeses está determinada por la abundancia del limo. Predominan los franco limosos (34,5%) que en conjunto con los francos constituyen los suelos de mayor productividad. Los franco arenosos y arenosos son importantes en el sudoeste y el piedemonte.

Aptitud y uso actual de los suelos. La comparación entre el uso actual de las tierras evaluado mediante imágenes MODIS y el mapa de aptitud de uso, permitió analizar la concordancia entre la vocación natural y el uso que se está dando a las tierras. A nivel provincial hay, en términos de superficie, una alta concordancia: los 8,2 M de has de tierras con uso agrícola predominante son equivalentes comparables a los 8,3 M de has de tierras de Clases USDA I, II, III y IV, lo que estaría indicando que, al menos a este nivel, se ha alcanzado un equilibrio que también puede ser leído como techo para una expansión de la frontera agrícola por incorporación de nuevas tierras. Además, la Clase USDA IV que debe ser considerada marginalmente agrícola por la incidencia de factores que afectan su capacidad productiva y/o hacen más azaroso su uso en sistemas agrícolas. Un análisis departamental señala divergencias y revela casos donde el uso supera la vocación natural de las tierras.

INTRODUCCIÓN A LA CARTOGRAFÍA E INVENTARIOS DE SUELOS. USUARIOS Y APLICACIONES

Abordar la compleja relación entre los recursos naturales y las actividades humanas que se asientan en el ámbito rural, requiere de conocimientos cuantitativos sobre cada uno de los componentes que participan del sistema. La tierra, asiento de muchas de esas actividades y componente decisivo de las que se desarrollan en ámbitos rurales, está destinada a participar, con todas sus cualidades (suelo, clima, aguas y geografía), de todos los escenarios que consideren el problema ambiental.

La información que acá se presenta está concebida como parte de un conjunto de bases ambientales para el ordenamiento territorial del espacio rural de la provincia de Córdoba, pero también puede resultar de utilidad para toda audiencia cuyas decisiones pueden afectar de manera directa o indirecta el uso de la tierra, proveyendo información para apoyar decisiones de alto impacto geográfico. Esta comunidad de usuarios incluye no sólo a planificadores, geógrafos y educadores, sino también a economistas y a los mismos productores y asesores agropecuarios, así como a sanitaristas y especialistas de otras disciplinas. Ese universo puede asimismo alcanzara entidades de crédito, organismos que participan en la definición de políticas tributarias, inversores, legisladores y gobernantes, entre otros.

El inventario de suelos constituye entonces un documento que permite contar con bases técnicas para:

- La Planificación regional del uso de la tierra, la que incluye una visión sinóptica de los recursos edáficos de toda una región, o provincia.
- La Planificación de la investigación de los recursos maximizando la confiabilidad y el alcance geográfico de la transferencia tecnológica y aumentando la eficiencia de la cooperación interdisciplinaria.

- La definición de políticas con implicancia en áreas rurales, tales como la expansión de la frontera agropecuaria o la introducción de nuevas variables que intervengan en el proceso productivo.
- La implementación de políticas impositivas y crediticias que requieran contar con una valoración de la tierra en términos de su capacidad productiva en determinados contextos legales, institucionales, económicos, ambientales y de infraestructura.
- La selección de áreas que requieran estudios de mayor detalle.
- La elaboración y priorización de planes y programas de tierras degradadas, donde se requiere el reconocimiento y la cuantificación del tipo y grado de deterioro y del elemento / factor que lo provoca.
- La localización y diseño en las etapas de pre-proyecto de obras civiles y viales, en las que son fundamentales el conocimiento de la naturaleza general de los materiales superficiales, de las condiciones del drenaje y de la calidad de los suelos a ser servidos por la obra.
- La predicción general sobre el uso y los requerimientos generales de manejo a nivel regional de grandes áreas.
- La extensión de conocimientos con fines docentes y académicos en la formación de profesionales y especialistas en el campo de las ciencias agronómicas y naturales.
- La evaluación de la tierra como guía para inversiones, que ubique al interesado dentro de las condiciones edáficas y ambientales que predominan en el área de su interés.

Dada la naturaleza diversa de los aportes efectuados desde el área de cartografía de suelos y evaluación de tierras, se hace necesario diferenciar básicamente tres grandes módulos para describir su naturaleza, contenido y funcionalidad.

Módulo SIG

Incluye la capa de la cartografía de suelos, con las bases de datos de atributos y metadatos asociadas. Las acciones incluyeron completar la digitalización de la cartografía antecedente, el desarrollo de los protocolos de las bases de atributos y la carga y/o validación de dichos datos.

Módulo generación de nuevos datos (relevamiento y cartografía)

Se realizaron relevamientos en sectores de la provincia con carencias de información que incluyeron tareas de gabinete, campo y laboratorio en: Hoja IGM Santa Rosa de Río Primero (175.000 ha, Escala 1:50.000); Hojas IGM La Para y Villa Rosario del Saladillo (240.000 ha, Escala 1:100.000); Hojas IGM Balnearia, Miramar y Pozo Verde (260.000 ha, Escala 1:100.000); Hojas IGM Porteña, Morteros, Colonia 10 de Julio, Suardi, Colonia Vignaud y Ramona (360.000 ha, Escala 1:100.000).

Módulo utilización de las bases de datos (cartografía automática)

Incluye los trabajos de Cartografía Automática de Limitantes Edáficas en Córdoba y Aptitud versus uso actual de los suelos de la provincia (Gorgas *et al.*, 2014).

Respecto a los antecedentes básicos, en todos los casos los constituye la cartografía a escalas múltiples de la provincia generada, fundamentalmente, en el marco del Convenio INTA-Secretaría de Ambiente de Córdoba. En la **Figura 1** se presenta el estado actual de esos relevamientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Módulo SIG

La información de base utilizada en la elaboración de esta capa, es la cartografía de suelos de la provincia de Córdoba a diversas

escalas elaborada en el marco del Convenio entre el INTA y la Provincia de Córdoba que consiste, básicamente, en mapas y sus memorias correspondientes. Los mapas se encuentran mayormente en formato análogo y los datos de atributos están en tablas.

Toda esta información se ha sintetizado para la totalidad del territorio provincial en el mapa de suelos a escala 1:500.000 (Gorgas y Tassile, 2006; Gorgas *et al.*, 1993), cuya discriminación taxonómica alcanza el nivel de Subgrupo (USDA, 1975) habiéndose reconocido fases de esa clase, cuando esta segregación adquiere significación de uso. Dicho mapa desglosa 270 unidades de suelos (Unidades Cartográficas) y describe 16 caracteres y propiedades para cada componente (Unidades Taxonómicas) que permiten una adecuada caracterización edáfica. Los atributos de Suelos que representan estos datos incluyen: drenaje, profundidad efectiva, textura superficial, textura subsuperficial, salinidad, alcalinidad, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, pendiente, pedregosidad y rocosidad, erosión hídrica y eólica actual y potencial.

La determinación de la aptitud de tierras utilizada estuvo basada en el sistema del USDA de 8 Clases (Klingebiel y Montgomery, 1961). Cada unidad cartográfica del mapa ha sido clasificada a nivel de Clase y cada componente edáfico individual a nivel de subclase. La estructura de la base de datos que integra la capa se detalla en el Anexo I (SIG. Estructura de la Base de Datos).

Módulo generación de nuevos datos (relevamiento y cartografía)

Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja IGM Santa Rosa de Río Primero:

Se utilizó como material cartográfico básico las hojas del IGM a escala 1:50.000 y fotografías aéreas y fotomosaicos a escala 1:50.000 del año 2001. La metodología incluyó la fotointerpretación y procedimientos de reconocimiento y caracterización de suelos

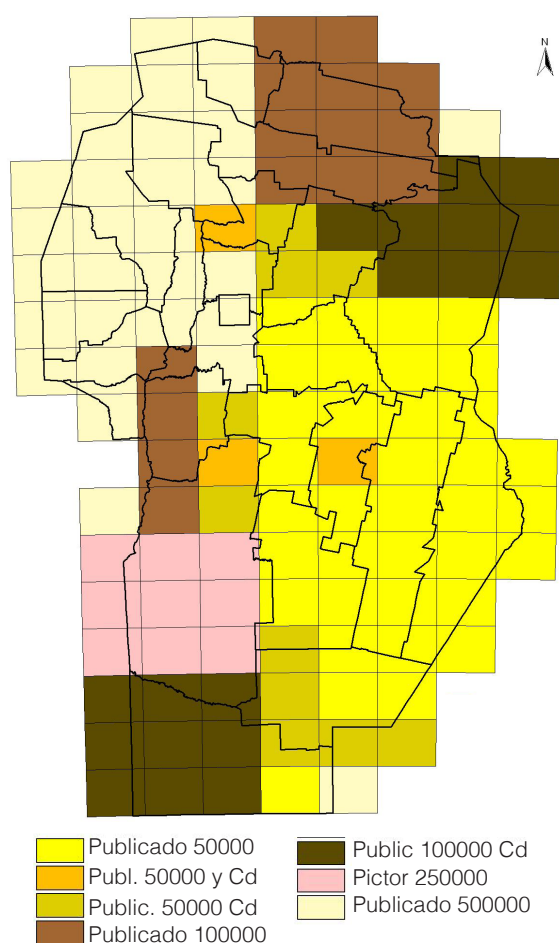


Figura 1: Estado de los relevamientos de suelos en la provincia de Córdoba y cartas publicadas.

en el campo, descriptas en normas basadas en el sistema del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961).

La clasificación taxonómica de los suelos se basó en el sistema norteamericano (USDA, 1975). Para la designación de horizontes y capas de suelos se siguen las convenciones actuales (USDA, 1999). Las tierras fueron ubicadas por su capacidad de uso según el sistema del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961) y por su potencialidad productiva evaluadas mediante un Índice de Productividad (IP) (Nakama y Sobral, 1987).

Estudio de Suelos del Área Noreste de la Provincia de Córdoba

El Estudio a Escala 1:100.000 fue elaborado por reconocimiento directo, realizado en base a fotointerpretación sobre fotocartas a escala 1:50.000, mosaicos aerofotográficos a la misma escala y luego transfiriendo los límites de las unidades Cartográficas a fotomosaicos reproducidos a escala final 1:100.000. La unidad básica de trabajo está apoyada sobre Cartografía oficial IGM escala 1:50.000. También fueron consultadas imágenes de LANDSAT de fechas recientes. Los límites provinciales y departamentales siguen a la cartografía oficial (IGM, Catastro de Córdoba) y los trazados pretendidos por la provincia. Antecedentes de inventarios e información preexistente como los relevamientos semi-detallados colindantes, de la serie "Carta de Suelos de la República Argentina" escalas 1:50.000 y 1:100.000 y el Mapa de la Provincia a nivel de Reconocimiento, escala 1:500.000 (Gorgas y Tassile, 2006).

Modulo utilización de las bases de datos (cartografía automática)

Limitantes Edáficas en Córdoba (mapas interpretativos derivados de los mapas básicos de suelos). A partir de las bases de datos se generaron mapas de cualidades edáficas que pueden ser tenidas en cuenta en el ordenamiento territorial: capacidad de uso, drenaje natural, salinidad, alcalinidad y textura superficial. Es posible elaborar mapas de cada una de las propiedades individuales que contienen las bases de datos o de combinaciones significativas de esas propiedades.

Para la *capacidad de uso* se ha adoptado el sistema de clasificación utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961), con ligeras modificaciones -ver Anexo II (Definición de Clases y Subclases de Capacidad de Uso del Suelo)-. El *drenaje* se evalúa durante los relevamientos y está definido sobre la base de la duración (real o potencial) de una humedad excesiva en el suelo la que dependerá del

balance entre la velocidad con la que el agua ingresa al suelo y la velocidad con la que se pierde ya sea por drenaje interno, evaporación o por su utilización por las plantas (USDA, 1999) -ver Anexo III (Definición de Clases de drenaje)-.

La *salinidad* es la concentración de sales más solubles que el yeso, disueltas en un extracto acuoso, que puede afectar a las plantas por retención de agua o por toxicidad o exceso de determinados elementos. La concentración de sales en la superficie -y en los horizontes superficiales- determina la gravedad del problema. Las especies vegetales presentan diferente grado de resistencia a la salinidad. Las clases utilizadas para segregar tipos de tierras en función del contenido salino se muestran en el **Anexo IV** (Clases de salinidad).

El *porcentaje de sodio intercambiable* (PSI), es la cantidad de sodio adsorbido por las partículas del suelo, expresado en porcentaje de su capacidad de intercambio catiónico. Los suelos que tienen un valor de PSI mayor de 15 se clasifican como suelos *sódicos*. Las clases usadas en el relevamiento se muestran en el Anexo V (Clases de alcalinidad sódica). En cuanto a la *textura*, (porcentaje en peso de arena, limo y arcilla) se consideran en forma separada la del horizonte superficial y la del subsuelo. Las clases texturales son las definidas en USDA (1999) e incluidas en el Anexo VI (Clases por textura superficial).

Aptitud versus uso actual de los suelos de la provincia

Uso actual vs capacidad de uso. La comparación entre un mapa de uso actual de las tierras, generado mediante técnicas de tele-detección e imágenes satelitales, y el mapa de aptitud de uso derivado de la cartografía de suelos, permitió señalar en mapas y cuantificar en inventarios, el grado de concordancia entre la vocación natural de los suelos y el uso que actualmente se les está dando a los mismos (Gorgas *et al.*, 2014).

La estrategia utilizada para realizar un análisis de la cobertura vegetal consistió en

la utilización de imágenes MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectro radiometer*). A partir de los datos surgidos de un conjunto de escenas del área pampeana, compuestas por una secuencia temporal del índice EVI¹ integrada por imágenes de los años 2006 y 2007, que a su vez se generalizaron a celdas de 3x3 km, se definieron áreas con diferente proporción de actividad agrícola, reconociendo los siguientes grados de importancia de la agricultura en el uso del suelo: Grado 0: no significativa (blanco en el mosaico); Grado 1: agricultura predominante, donde más del 75% de la celda está dedicada a esa actividad (rojo en el mosaico); Grado 2: subordinada entre 75 y 25% (amarillo en el mosaico); Grado 3: menor al 25% (verde en el mosaico).

La aptitud de uso de las tierras se ha definido en el inventario a nivel de reconocimiento Mapa de Suelos escala 1:500.000 (Gorgas y Tassile, 2006) donde el sistema para establecer la vocación natural de las tierras es el del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Modulo Generación de nuevos datos (relevamiento y cartografía)

Carta de Suelos de la República Argentina.
Hoja IGM Santa Rosa de Río Primero

Este relevamiento corresponde a las Hojas 3163-21-1 Santa Rosa de Río Primero, 3163-21-2 La Quinta, 3163-21-3 Capilla de la Sagrada Familia y 3163-21-4 Colonia La Tordilla, a escala 1:50.000 IGM, abarcando parte de los departamentos Río Primero, San Justo y una pequeña porción de Río Segundo, en el Norte de la provincia de Córdoba.

1 **Índice** de vegetación mejorado, también conocido como **EVI** por su sigla en inglés. Provee información que permite monitorear el estado de la vegetación en caso de altas densidades de biomasa.

Características del área. La Carta de Suelos de Villa Santa Rosa de Río Primero está comprendida, en su gran mayoría, dentro de un amplio ambiente geomorfológico denominado Pampa Loéssica Deprimida o Plana, con influencia muy marcada de sedimentos de origen fluvial y, en mínima expresión en el sector noroccidental, por la Pampa Loéssica Alta o Plataforma Basculada.

Clima seco sub-húmedo, mesotérmico, (Thorntwaite) sin exceso de agua y una baja deficiencia hídrica. Las temperaturas medias mensuales de la región están influenciadas por las masas de aire cálido del NE que se originan en el anticiclón del Atlántico y el relieve de llanura. Su gradiente disminuye desde el NE hacia el SO. Las temperaturas promedio de la localidad de Río Primero presentan

una media anual de 16,8°C, una temperatura media mensual del mes más frío (julio) de 7°C y del mes más cálido (enero) de 25°C. Las precipitaciones se concentran en el semestre cálido y son escasas en el invierno, lo que la encuadra en un régimen hídrico tipo “monzónico”. La humedad se extiende en el período primavera-verano, concentrando el 81% de las precipitaciones del año y la época seca que ocurre en el otoño-invierno, con el 19% de las lluvias totales, y una precipitación anual promedio para la región de 807,5 mm. Otra característica es que las precipitaciones disminuyen del Este hacia el Oeste, pero en las Sierras Chicas, por el efecto orográfico, las lluvias aumentan.

Del análisis del balance hidrológico para Santa Rosa de Río Primero surge la existencia

Tabla 1: Clasificación Taxonómica de los Suelos de la Hoja Villa Santa Rosa.

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Familia	Serie
Molisol	Ustol	Argiustol	típico	Limosa fina mixta térmica	Matorrales
				Limosa fina a franca fina mixta térmica	La Quinta
				Franca fina mixta térmica	El Alcalde
				Franca fina mixta térmica	Estación Santa Rosa
				Franca fina mixta térmica calcárea	Las Cortaderas
		Haplustol	típico	Limosa fina mixta térmica	Candelaria
				Limosa fina mixta térmica	Pozo de la Loma
				Limosa fina mixta térmica	La Reyna
				Franca gruesa mixta térmica	Estancia Yolanda
				Franca fina mixta térmica	La Emilia
				Franca fina mixta térmica calcárea	Buey Muerto
				Franca fina mixta térmica	Sacanta
		Natrustol	típico	Limosa fina mixta térmica	Los Mistoles
				Franca gruesa a arenosa mixta térmica	Los Cometierra
				Franca gruesa mixta térmica	La Para
		Argialbol	típico	Franca fina mixta térmica calcárea	La Cañada
				Franca fina mixta térmica	Sagrada Familia
Alfisol	Acuol	Endoacuol	típico	Franca fina mixta térmica	Diego de Rojas
				Limosa fina mixta térmica	La Argentina
		Duracuol	típico	Fina illítica térmica	Colonia Videla
	Ustalf	Natrustalf	típico	Franca fina mixta térmica	Estancia Don Santiago
				Limosa fina a fina mixta térmica calcárea	Estancia La Olga
	Acualf	Natracualf	típico	Limosa fina mixta térmica	Luque
				Fina mixta térmica	Impira Arroyito

de un desequilibrio negativo entre la demanda de agua y las precipitaciones, habiendo un déficit anual muy bajo, de aproximadamente 26 mm, que se manifiesta durante las estaciones de invierno-primavera. Esta situación determina que los suelos presenten valores muy bajos de agua almacenada en los perfiles para la siembra de la cosecha gruesa.

Los suelos dominantes de drenaje libre son Haplustoles y Argiustoles, y los de drenaje impedido son Acuoles y Alfisoles. Se han reconocido 26 Series de suelos en el área relevada, cuya taxonomía se presenta en la Tabla 1.

La Tabla 2 es el inventario de tierras donde se indica el total de hectáreas de cada clase de capacidad de uso y los porcentajes que representan con respecto a la superficie de las tierras de la Hoja. Las clases, además, se han agrupado en tres categorías: A. Tierras aptas para todo tipo de cultivos adaptados climáticamente a la región; B. Tierras aptas sólo para ciertos cultivos; C. Tierras generalmente no aptas para cultivos y D. Tierras excluidas del inventario (misceláneas, ríos, etc.).

Tabla 2: Capacidad de Uso de las Tierras. Hoja 3163-21 Villa Santa Rosa en superficie y porcentaje respecto al total de la Hoja.

Categoría de tierras	Superficie (ha)	Representación (%)
Aptas para todo tipo de cultivos (Clase III)	84.984	48,2
Aptas para cultivos limitados (Clase IV)	64.829	36,8
Generalmente no aptas para cultivos (Clases VI y VII)	24.786	14,1
Excluidas de este inventario:	1.587	0,9
Total de la hoja	176.186	100

Del total de las tierras evaluadas, casi la mitad (48,2%) corresponden a suelos de neta vocación agrícola (Clase III); mientras que otra porción significativa (36,8%) corresponde

a suelos que pueden ser considerados marginalmente agrícolas (Clase IV).

Estudio de Suelos del Área Noreste de la Provincia de Córdoba

La región constituye una zona agrícola-ganadera muy importante para la provincia, que ocupa una superficie, de aproximadamente 660.000 ha de tierras en los Departamentos Río Primero, San Justo, Tulumba y Río Seco, y que comprende las hojas IGM La Para, Villa Rosario de Saladillo (parcial), Balnearia, Miramar y Pozo verde (Parcial).

Aspectos geomorfológicos. La región forma parte de cuatro grandes unidades ambientales, que se diferencian en aspectos geomorfológicos, estructurales, de relieve y materiales de los suelos. Dichos ambientes son: A. Pampa loésica alta; B. Depresión fluvio-lacustre del Mar de Ansenúza; C. Pampa loésica plana; D. Depresión del Arroyo Tortugas-San Antonio; y E. Planicie Alta Santafecina (Figura 2).

Suelos. La discriminación taxonómica utilizada alcanza el nivel de SUBGRUPO (USDA, 1975). Se han reconocido fases, cuando esta segregación adquiere significación de uso. La Tabla 3 muestra la taxonomía de los suelos de la hoja.

Inventarios de tierras. En la Tabla 4 se presenta el inventario de las tierras del área relevada, agrupadas en dos niveles: el de grandes Categorías que incluyen a las tierras agrícolas, aptas para todo tipo de cultivos adaptados climáticamente, a las que pueden ser consideradas marginalmente agrícolas, porque sólo pueden hacerse algunos cultivos limitados, o donde las condiciones climáticas favorables a los cultivos son más aleatorias, a las tierras de neta vocación ganadera o silvo-pastoril, y, por último, aquellas no aptas para uso agropecuario o que están destinadas a otros usos (urbano, industrial, etc.). Dentro de estas grandes categorías de tierras el inventario discrimina a nivel de Clases de Capacidad de Uso.

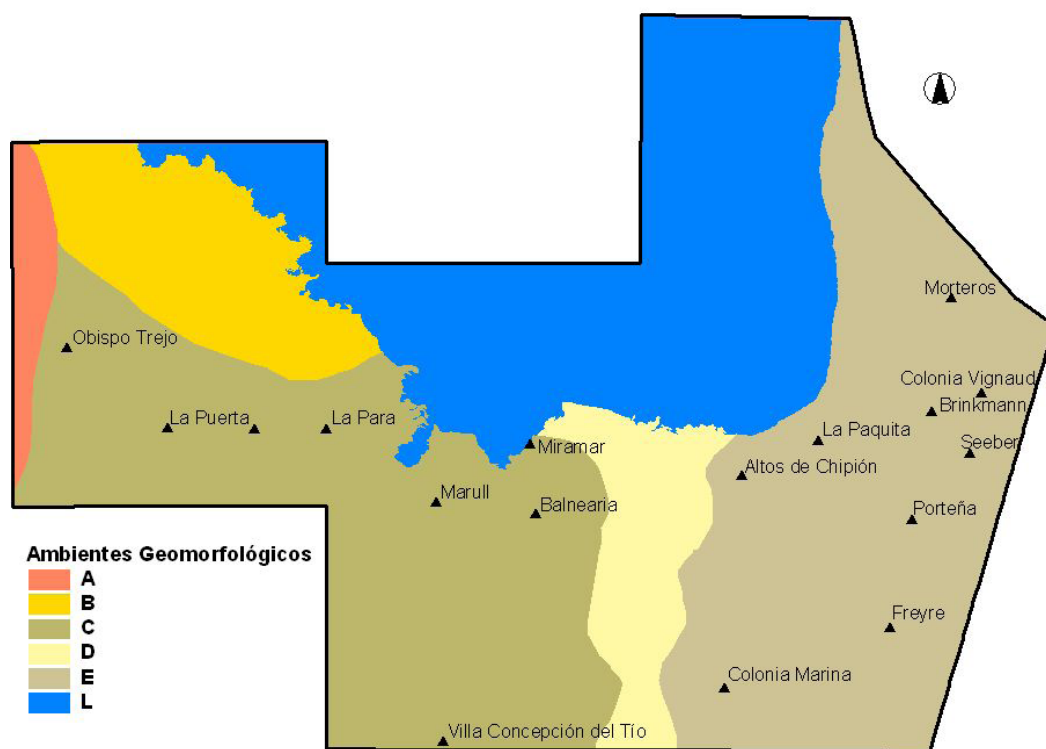


Figura 2: Unidades geomorfológicas Área Noreste de la Provincia de Córdoba.

A. *Pampa loéssica alta*. Comprende un pequeño sector al oeste del área de estudio. Se trata de un plano alto con pendiente regional entre 0,5 a 1%. Estructuralmente constituye un bloque basculado hacia el este por falla geológica del basamento profundo, cubierto por depósitos de piedemonte, y por una potente sedimentación eólica. Derrames fluviales lo afectan poco modificando escasamente los depósitos eólicos preexistentes. Casi toda la vegetación natural ha sido reemplazada por agricultura.

B. *Depresión fluvio-lacustre del Mar de Ansenúza*. Constituye una amplia concavidad limitada por fallamientos profundos. Los materiales de los suelos son de origen mixto, eólico y fluvial, de texturas medias y finas, prevaleciendo condiciones de drenaje impedido y elevados tenores de sales solubles y sodio. La vegetación natural consiste en algunas especies halófitas e hidrófilas.

C. *Pampa loéssica plana*. Es la de mayor extensión dentro del área de estudio. El relieve es muy suave con pendientes regionales que no superan el 0,2%. Los suelos están formados a partir de depósitos eólicos franco limosos, y sedimentos fluviales de derrames. Esta última acción fluvial sobre los depósitos eólicos ha alterado la homogeneidad de la llanura en su fisiografía, y la granulometría de los materiales.

D. *Depresión del Arroyo Tortugas-San Antonio*. Fosa tectónica con drenaje deficiente. Son tierras que se anegan con facilidad y frecuentemente en épocas lluviosas por aportes locales y de los sectores más altos inundando miles de hectáreas. Los materiales son esencialmente de origen fluvial o eólico redepositados con salinidad y alcalinidad sódica. La vegetación natural es fundamentalmente halófitas e hidrófilas.

E. *Planicie Alta Santafecina*. Formada a partir de fallas profundas que elevaron un bloque en relación a la Pampa loéssica Deprimida. Predominan los materiales originarios loéssicos franco limosos a franco arcillo-limosos. Los sedimentos fluviales de textura variada, que son frecuentes en la Pampa Loéssica plana, están ausentes. De relieve suavemente ondulado, los gradientes regionales son muy suaves con escurrimiento dificultoso al este de la divisoria aunque hacia la depresión de la cañada Jean Maire y Laguna Mar Chiquita (L), el gradiente es más marcado (1 a 2%) y el escurrimiento superficial es medio, inclusive con susceptibilidad a erosión.

Tabla 3: Cuadro Taxonómico. Área Noreste de la Provincia de Córdoba.

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Familia
Alfisol	Acualf	Albacualf	típico	franca/franca fina
		Natrualf	típico	franca/franca fina
	Udalf	Natrudalf	típico	Fina
	Ustalf	Haplustalf	típico	franca fina/fina
		Natrustalf	típico	franca fina/fina/fr. gruesa/lim. fina
Molisol	Acuol	Argiacuol	típico	Franca fina/fina
		Duracuol	árgico	Fina
		Endoacuol	típico	franca fina/fr. gruesa/arenosa
		Haplacuol	fluvéntico	franca fina
		Natracuol	típico	franca fina/fina
	Albol	Argialbol	típico	fina/franca fina
		Natralbol	típico	franca fina/lim. fina
	Udol	Argiudol	ácuico	franca fina/fina
			típico	fina
		Natrudol	típico	franca fina/fina
	Ustol	Argiustol	ácuico	franca fina/fina
			típico	franca fina/limosa fina/fina
			údico	franca fina/fina
		Haplustol	ácuico	franca gruesa
			éntico	limosa fina/franca gruesa
			típico	franca fina/limosa fina/franca gruesa
		Natrustol	típico	franca fina/limosa fina/fina/franca gruesa
			údico	franca fina

Tabla 4: Inventario de tierras del Noreste de la Provincia de Córdoba.

Categoría de Tierras y Clases de Capacidad de uso (USDA)	Clase USDA		Categoría de Tierras	
	ha	%	ha	%
A. Tierras aptas para todo tipo de cultivos adaptados climáticamente				
Clase II	271.882	31,8		
Clase III	125.433	14,7		
Total Categoría A			397.315	46,5
B. Tierras aptas para cultivos limitados				
Clase IV	189.086	22,2		
Total Categoría B			189.086	22,2
C. Tierras generalmente no aptas para cultivos				
Clase VI	196.332	23,0		
Clase VII	49.387	5,8		
Total Categoría C			245.719	28,8
D. Tierra no aptas para uso agropecuario, misceláneas				
Clase VIII	21.522	2,5		
Laguna	308.364	36,1		
Lagunas semipermanentes	1.549	0,2		
Total Categoría D	331.435	38,8	331.435	38,8
Total de Tierras	853.642	100,0	853.642	100,0
Total general (incluida el área de laguna y misceláneas)	1.163.555		1.163.555	

Modulo cartografía automática

Cartografía Automática de Limitantes Edáficas en Córdoba

Capacidad de Uso. Clases y Subclases del Sistema USDA (Klingebiel y Montgomery,

1961). La Figura 3 muestra la distribución (mapa) de las diferentes clases y subclases de Capacidad de Uso de la provincia de Córdoba. En la Tabla 5 se consigna el inventario de cada tipo de tierra.

Tabla 5: Inventario por Clases y Subclases de Capacidad de Uso (USDA). Totales en hectáreas.

Sistema USDA		Inventario en ha	
Clase	Subclase	Subclase	Clase
Clase I. Suelos con ninguna o leves limitaciones que restringen su uso, capaces de producir una amplia variedad de cultivos. Pueden utilizarse para cultivos, pasturas, forestación, campos naturales de pastoreo, etc. Son profundos, generalmente bien drenados y se los trabaja con facilidad.		330.671	330.671
Clase II. Suelos con algunas limitaciones que exigen prácticas simples de manejo y conservación de fácil aplicación. Son adecuados para agricultura, pasturas y forestación.	IIc	815.470	1.045.638
	Ile	60.530	
	Ils	80.859	
	Ilw	88.779	
Clase III. Los suelos de esta clase tienen mayores limitaciones que los de las clases anteriores, por lo que requieren prácticas de manejo y conservación más complejas; no obstante, son adecuados para cultivos, pasturas y otros usos de la tierra.	IIIc	1.214.029	4.042.121
	IIle	85.559	
	IIIec	361.508	
	IIles	34.621	
	IIIsc	1.770.399	
	IIlw	369.339	
Clase IV. Suelos con limitaciones más severas que la clase III, cuando están cultivados requieren prácticas de manejo y conservación más difíciles y complejas. Generalmente, son adecuados para una estrecha gama de cultivos. No obstante, pueden ser utilizados para pasturas y otros usos de la tierra.	IIIws	206.666	2.747.800
	IVc	306.038	
	IVe	209.047	
	IVec	652.003	
	IVsc	775.401	
	IVw	146.127	
Clase VI. Suelos con graves limitaciones para el uso, resultando ineptos para los cultivos. Son apropiados como campos naturales de pastoreo, pasturas cultivadas, bosque y fauna.	IVws	659.184	2.488.849
	VIc	247.264	
	VIe	120.056	
	VIec	248.872	
	Vles	72.778	
	VIsc	556.915	
Clase VII. Suelos con muy graves limitaciones para el uso, resultando también ineptos para cultivos. Su uso queda reducido exclusivamente para pasturas cultivadas, campos naturales de pastoreo o para bosques y refugio de la fauna.	VIw	17.066	4.720.617
	VIws	1.225.898	
	VIIc	586.619	
	VIIec	540.019	
	VIIes	214.352	
	VIIsc	426.806	
Clase VIII. Los suelos de ésta clase no tienen aplicación agrícola ni ganadera. Debido a la gravedad de sus limitaciones, sólo sirven para recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua, fines estéticos, etc.	VIIsc	1.865.026	1.238.686
	VIIws	1.087.795	
		1.238.686	1.238.686

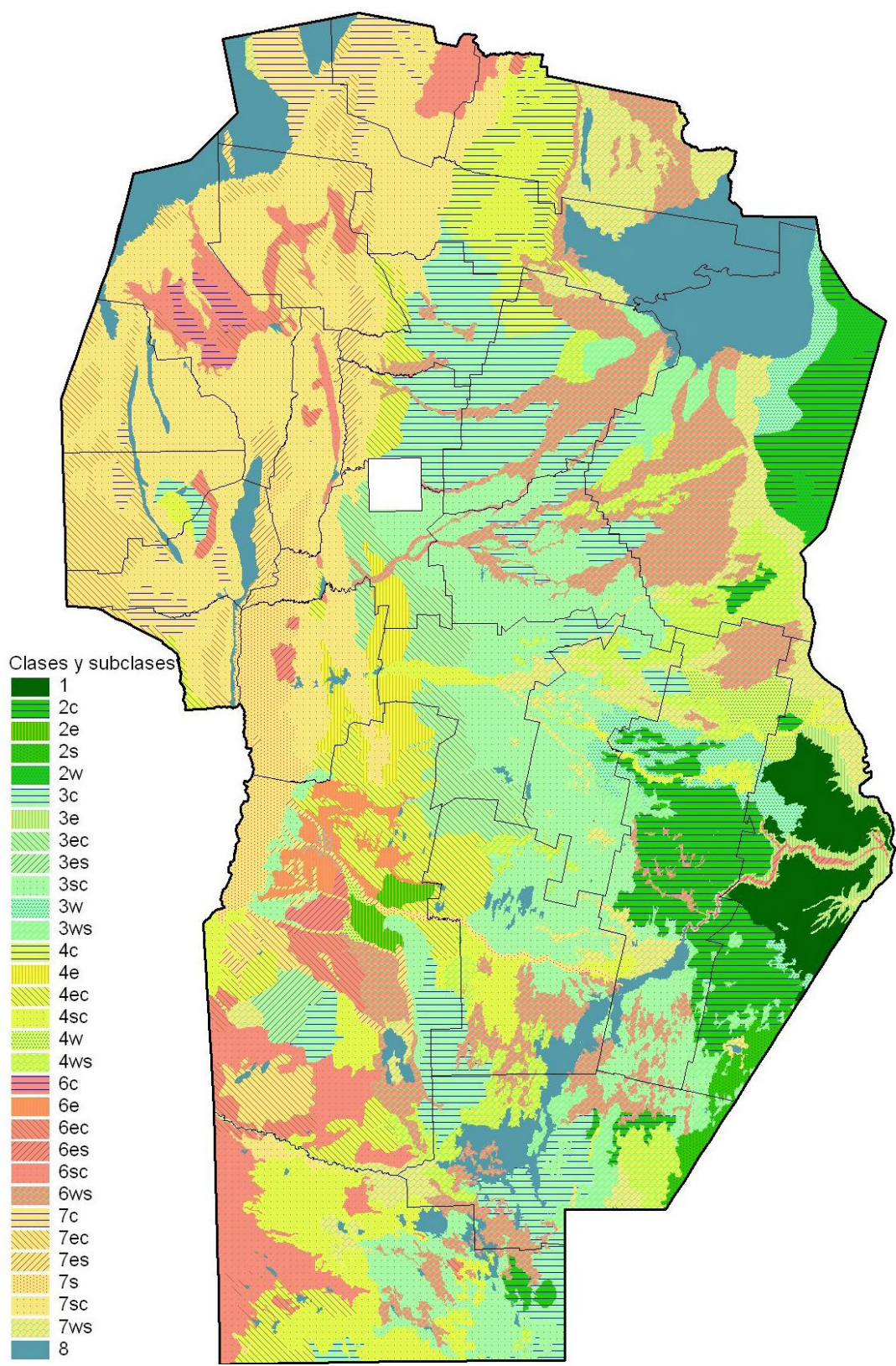


Figura 3: Mapa de Clases y Subclases de Capacidad de Uso en Córdoba.

Drenaje. La Figura 4 muestra el mapa de distribución provincial de tierras con diferente tipo de drenaje. En la Tabla 6 se consigna el inventario de cada tipo de tierra definido por la clase de drenaje.

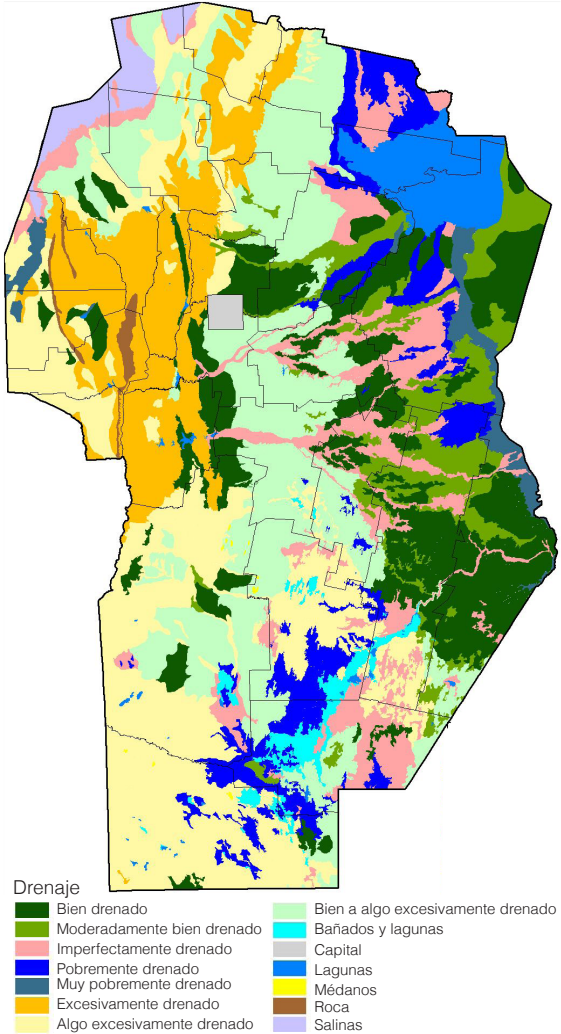


Figura 4: Mapa de Clases de Drenaje en Córdoba.

Tabla 6: Inventario por Clases de Drenaje. Totales de Córdoba.

Clases de Drenaje	Área (ha)
Bien drenado	2.424.017
Moderadamente bien drenado	1.052.048
Imperfectamente drenado	1.468.564
Algo excesivamente drenado	3.632.045
Pobremente drenado	1.112.159
Excesivamente drenado	1.881.684
Muy pobremente drenado	291.562
Bien a algo excesivamente drenado	3.253.741
No especificado	1.236.310
Total general	16.352.131

Salinidad (mmhos/cm hasta 75 cm). La Figura 5 muestra la distribución (mapa) de las diferentes clases de salinidad en la provincia de Córdoba. En la Tabla 7 se consigna el inventario de cada tipo de tierra afectada, y en el Anexo IV (Clases de salinidad) se definen las clases utilizadas.

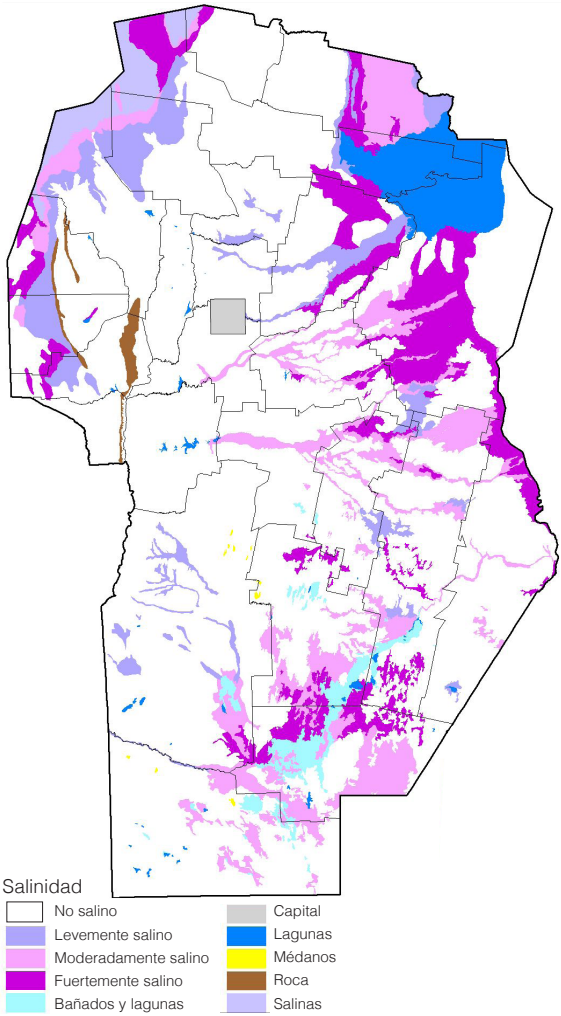


Figura 5: Mapa de Clases de Salinidad en Córdoba.

Tabla 7: Inventario por Clases de Salinidad. Totales de Córdoba.

Salinidad	Área (ha)
No salino	11.320.121
Levemente salino	840.392
Moderadamente salino	1.602.347
Fuertemente salino	1.352.960
No especificado	1.236.310
Total general	16.352.131

Alcalinidad (PSI). La Figura 6 muestra la distribución (mapa) de las diferentes clases de tierras por alcalinidad en la provincia de Córdoba. En la Tabla 8 se consigna el inventario de cada tipo de tierra.

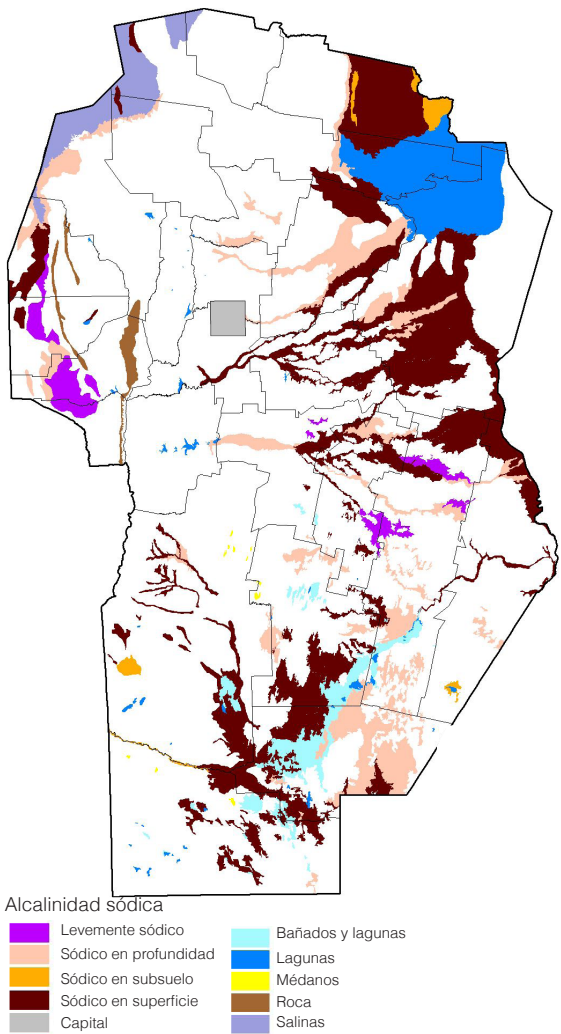


Figura 6: Mapa de Clases de Alcalinidad Sódica en Córdoba.

Tabla 8: Inventario por Clases de Alcalinidad Sódica (sodicidad).Totales de Córdoba.

Alcalinidad	Área (ha)
No sódico	11.740.847
Levemente sódico	203.388
Sódico en profundidad	948.999
Sódico en el subsuelo	74.460
Sódico desde superficie	2.148.127
Total general	16.352.131

Textura superficial. La Figura 7 muestra la distribución (mapa) de los diferentes tipos de textura superficial en Córdoba, y en la Tabla 9 se consigna el inventario de cada tipo de tierra.

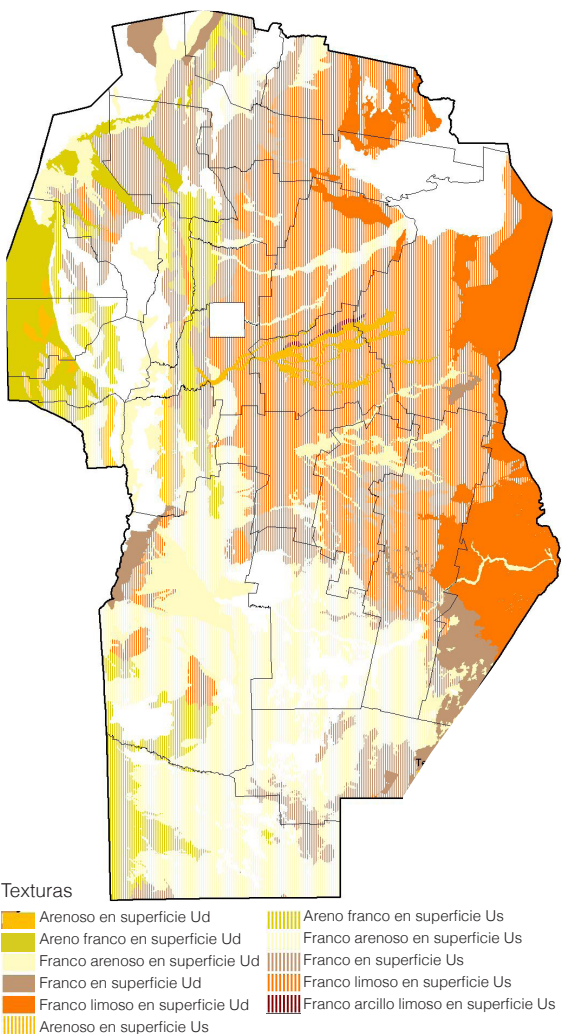


Figura 7: Mapa de Clases de Textura Superficial en Córdoba.

Tabla 9: Inventario por Clases de Textura Superficial. Totales de Córdoba.

Textura Superficial	Área (ha)
Arenoso en superficie	532.967
Areno franco en superficie	2.405.780
Franco arenoso en superficie	4.538.581
Franco en superficie	1.983.428
Franco limoso en superficie	5.635.025
No especificado	1.256.349
Total general	16.352.131

Aptitud vs uso actual de los suelos de la provincia (Gorgas *et al.*, 2014)

A partir de una secuencia temporal de imágenes satelitales MODIS, generalizadas a celdas de 3 x 3 km, se confeccionó un mosaico del área pampeana que define zonas con diferente proporción de actividad agrícola, donde se reconocen los siguientes grados de participación de la agricultura con respecto al uso general del suelo: Grado 0: No significativa, Grado 1: Predominante,

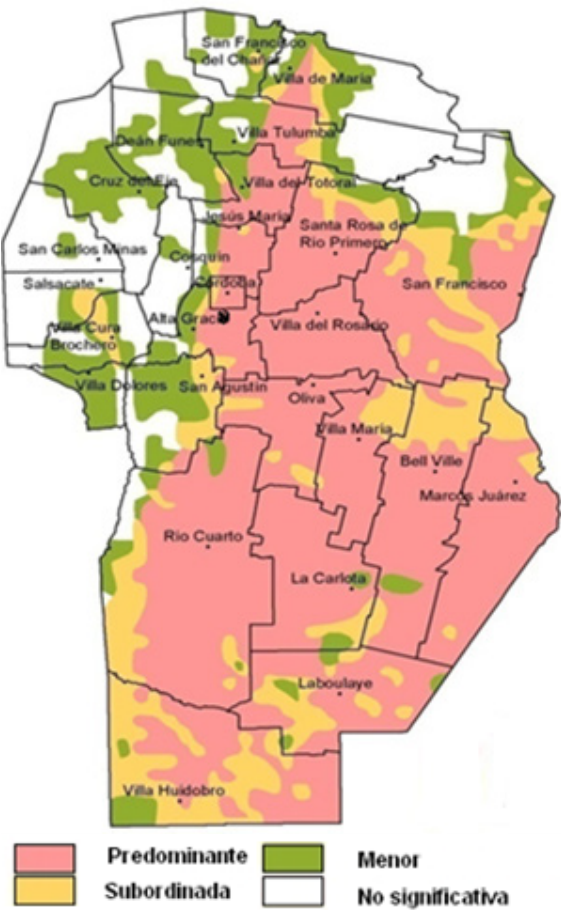


Figura 8: Se muestra la importancia de la agricultura en la provincia en los tres niveles considerados.

Tabla 10: Grados de importancia de la agricultura en el uso del suelo, expresados en términos de superficie (hectáreas) y la proporción que estas superficies representan respecto al total del territorio provincial.

Córdoba	Grados de importancia de la agricultura en el uso del suelo			
	Predominante (> 75%)	Subordinada (75% - 25%)	Menor (< 25%)	No significativa
Hectáreas	8.189.373	2.543.041	2.531.936	3.129.624
Porcentaje	50	16	15	19

ocupando más del 75% de la celda, Grado 2: Subordinada, ocupando entre el 75 y el 25% de la celda y Grado 3: Menor, con una participación de la agricultura menor al 25 % de la celda. La Figura 8 focaliza sobre la condición particular de Córdoba en cuanto al nivel de intensidad de uso de la tierra en actividades agrícolas. El mismo ha sido derivado del mosaico pampeano y discrimina las mismas cuatro categorías consideradas. En la Tabla 10, se muestra el inventario de las tierras con distintos grados de importancia de la agricultura en el uso del suelo. En el Anexo VII (Aptitud versus uso actual de los suelos de la provincia) se consignan en forma de inventario los mismos datos pero discriminados a nivel de Departamento.

Considerada regionalmente, más de 8 millones de hectáreas de la provincia (50%) se dedican predominantemente a la agricultura, mientras que en otros 2,5 millones de hectáreas (16%), esta actividad se realiza en forma subordinada pero significativa. En el tercio restante del territorio provincial, la actividad agrícola es poco significativa, en términos de superficie ocupada, aunque esta porción incluye todas las tierras misceláneas, no agropecuarias, incluidas lagunas, afloramientos rocosos, salinas, áreas urbanas y de servicio, entre otras. Estos guarismos hablan de un grado alto de “agriculturización” provincial.

Uso actual vs capacidad de uso

La comparación entre el mapa de Capacidad de Uso y los datos de teledetección, permite señalar en mapas y cuantificar en inventarios el grado de concordancia entre la vocación natural de los suelos y el uso que

Tabla 11: Inventario de categorías de uso actual y de clases de aptitud de tierras en la provincia de Córdoba.

Uso Actual. Nivel de importancia de la Agricultura							
Predominante (> 75%)		Subordinada (75% - 25%)		Menor (< 25%)		No significativa	
Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%
8.189.373	50	2.543.041	16	2.531.936	15	3.129.624	19
Aptitud de las tierras. Clases de Capacidad de Uso (USDA)							
I+II+III		IV		I a IV		VI+VII+VIII	
Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%
5.540.000	33	2.753.000	17	8.293.000	-	8.334.000	50

actualmente se les está asignando. A continuación se muestran los resultados de estos cruzamientos, que pueden ser interpretados como el nivel de “presión de uso” de la tierras.

El equilibrio general en la distribución de los dos patrones comparados a nivel provincial se muestra en la Tabla 11. Los 8,2 millones de hectáreas de tierras con uso predominantemente agrícola de la provincia son totalmente comparables con los 8,3 millones de hectáreas de tierras de Clases I, II, III y IV. Esta compatibilidad estaría indicando que a nivel provincial se ha llegado a una relación que es, al mismo tiempo, un punto de equilibrio pero también un techo para una expansión significativa de la frontera agrícola por incorporación de nuevas superficies de tierras.

Si aumentamos el nivel de apreciación, realizando un análisis equivalente pero a nivel de Departamentos, se verifican algunas desviaciones del equilibrio señalado a escala provincial. Los inventarios por departamento muestran casos donde predomina un equilibrio semejante al encontrado a nivel provincial (departamentos de más antigua ocupación por la agricultura: Marcos Juárez, Unión, General San Martín, Río Segundo, Juárez Celman, entre otros);y otros donde se habría superado la capacidad de uso potencial y, por lo tanto, se estarían utilizando suelos sin aptitud agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Córdoba DACyT (2003). *Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba*. Dirección

de Ambiente Serie C Publicaciones Técnicas 101 pág.

Gorgas, J. y Tassile J.L. (eds.). (2006). *Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. LOS SUELOS. Nivel de Reconocimiento. Escala 1:500.000*. Agencia Córdoba Ambiente - INTA. Córdoba.

Gorgas, J., Sanabria, J., Bustos, V. Rouzaut, S. *Los Suelos*. En Martino, D. y Guerreschi, A. (eds.). (2014). *Geología y Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Relatorio del XIX Congreso Geológico Argentino*. Asociación Geológica Argentina.

Gorgas, J., Tassile, J. L., Lovera, E. y F. Moore. (1993). *Panorama Edafológico de Córdoba. Inventario de los Suelos y de algunos Caracteres Edáficos de la Provincia por Departamentos y Pedanías*. Plan Mapa de Suelos. INTA-MA-GyRR.

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA (1990). *Atlas de Suelos de la República Argentina*. Proyecto PNUD ARG 85/019. Área Edafológica. Escala 1:500.000 y 1:1.000.000. Buenos Aires.

Klingebiel, A. A. y P. H. Montgomery (1961). *Land Capability Classification*. USDA, SCS Handbook N° 210. Washington D.C.

Nakama, V. y R. E. Sobral (1987). Índices de productividad. Método paramétrico para evaluación de tierras. Proyecto PNUD Arg. 85/019, Área Edafológica. INTA; CIRN, Castelar.

United States Department of Agriculture USDA. Soil Conservation Service SCS. (1975). *Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. Handbook N° 436. 2° Edition 1999.

United States Department of Agriculture USDA. Soil Conservation Service SCS. (1999). *Soil Survey Manual*. Handbook N° 18. US 2° Edition. Govt. Print. Office.

Anexo I. SIG. Estructura de la Base de Datos.

UNIDAD CARTOGRÁFICA

ID= Identificador numérico de la UC

SÍMBOLO= Símbolo alfanumérico de la UC. (Campo relacional con los mapas)

Unidad= Tipo de UC (Consociación, Asociación, etc.)

HA_PROV= Hectáreas que ocupa la unidad en la provincia

PAISAJE DE LA UNIDAD= Paisaje al que se asocia la UC

Clase USDA= Clase de Capacidad de Uso en el sistema USDA de 8 clases (se asigna en base a la Clase dominante entre los componentes de la UC)

COMPONENTE

Nº Componentes= Cantidad de suelos que integran la unidad (componentes)

IDComponente= Identificador numérico del componente

POSICIÓN DEL COMPONENTE= Posición en el paisaje (cresta de lomas, pendiente, etc.)

% participación= Porcentaje de participación de cada componente en el conjunto de la UC

USDA

CL= Clase de Capacidad de Uso del componente individual en el sistema USDA de 8 clases

SC= Subclase de Capacidad de Uso del componente individual en el sistema USDA de 8 clases

Taxonomía (Soil Taxonomy)

GGRU= Gran Grupo (Códigos)

SGRU= Subgrupo (Códigos)

GRAN GRUPO= Gran Grupo

SUBGRUPO= Subgrupo

Fases

FAS1= Primera Fase de Subgrupo

FAS2= Segunda Fase de Subgrupo

Propiedades

DREN= Drenaje

PROF= Profundidad Efectiva

TEXA= Textura del Horizonte A o superficial

TEXB= Textura del Horizonte subsuperficial

SAL= Salinidad

SOD= Alcalinidad sódica o sodicidad

MO= Materia orgánica

CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico

PEND= Clase de Pendiente

PEDR= Clase de Pedregosidad/rocosidad

ERH= Clase de Erosión Hídrica

ERE= Clase de Erosión Eólica

SUH= Clase por Susceptibilidad a la Erosión Hídrica

SUE= Clase por Susceptibilidad a la Erosión Eólica

Anexo II. Inventario de limitantes edáficas.

Definición de Clases y Subclases de Capacidad de Uso del Suelo.

Clase I. Suelos con ninguna o leves limitaciones que restringen su uso, capaces de producir una amplia variedad de cultivos. Pueden utilizarse para cultivos, pasturas, forestación, campos naturales de pastoreo, etc. Son profundos, generalmente bien drenados y se los trabaja con facilidad.

Clase II. Suelos con algunas limitaciones que exigen prácticas simples de manejo y conservación de fácil aplicación. Son adecuados para agricultura, pasturas y forestación.

Clase III. Los suelos de esta clase tienen mayores limitaciones que los de las clases anteriores, por lo que requieren prácticas de manejo y conservación más complejas; no obstante, son adecuados para cultivos, pasturas y otros usos de la tierra.

Subclase IIIec: Suelos con moderada susceptibilidad a la erosión y moderada limitación climática.

Subclase IIIw: Suelos con drenaje imperfecto a moderado que, por exceso de humedad restringe el normal crecimiento de los cultivos o las operaciones de labranza, siembra y cosecha durante un lapso significativo.

Subclase IIIws: Suelos con drenaje imperfecto a moderado que, por exceso de humedad, restringen el normal crecimiento de los cultivos o las operaciones de labranza, siembra y cosecha durante un lapso significativo, asociados con suelos moderadamente afectados por salinidad y/o alcalinidad.

Subclase IIIsc: Suelos con moderada limitación climática asociada a suelos afectados por moderada alcalinidad y/o salinidad.

Subclase IIIc: Suelos con moderada a severa limitación climática, que merman ocasionalmente los rendimientos de los cultivos, por falta de humedad durante los períodos anuales de sequía.

Clase IV. Suelos con limitaciones más severas que la clase III, cuando están cultivados requieren prácticas de manejo y conservación más difíciles y complejas. Generalmente son adecuados para una estrecha gama de cultivos. No obstante, pueden ser utilizados para pasturas y otros usos de la tierra.

Subclase IVw: Suelos con drenaje interno moderado a pobre que sufren inundaciones más frecuentes que ocasionan grave daño a los cultivos.

Subclase IVws: Suelos con drenaje interno pobre y moderadamente afectados por alcalinidad sódica y/o alcalinidad, que restringe de manera severa el crecimiento y elección de cultivos.

Subclase IVsc: Suelos con drenaje algo excesivo que poseen una baja capacidad de retención de agua, asociada una moderada limitación climática.

Clase V. Suelos con escaso o ningún riesgo de ser afectados por erosión; pero con otras limitaciones que impiden el laboreo normal para los cultivos comerciales. Por ésta razón sólo resultan adecuados para ser usados como campos naturales de pastoreo, pasturas cultivadas, bosques o como refugio de la fauna silvestre. Esta clase no se ha reconocido en el relevamiento a nivel de Reconocimiento.

Clase VI. Suelos con graves limitaciones para el uso, resultando ineptos para los cultivos. Son apropiados como campos naturales de pastoreo, pasturas cultivadas, bosque y fauna.

Subclase VIws: Suelos con exceso de humedad por la acumulación de las aguas de escorrentía provenientes de las áreas circunvecinas más elevadas o con drenaje interno muy pobre o impedido que, con frecuencia, producen anegamientos. Están asociados con otros suelos fuertemente alcalinos y/o salinos.

Subclase VIsc: Suelos con drenaje excesivo, donde la baja retención de humedad acentúa la limitación climática natural del área.

Clase VII. Suelos con muy graves limitaciones para el uso, resultando también ineptos para cultivos. Su uso queda reducido exclusivamente para pasturas cultivadas, campos naturales de pastoreo o para bosques y refugio de la fauna.

Subclase VIIes: Suelos erosionados, con numerosas zanjas de erosión hídrica y salinidad severa que permite únicamente la existencia de plantas nativas muy tolerantes.

Subclase VIIsc: Suelos con problemas de drenaje excesivo causado por una textura arenosa que acentúa la limitación climática natural del área.

Clase VIII. Los suelos de ésta clase no tienen aplicación agrícola ni ganadera. Debido a la gravedad de sus limitaciones, sólo sirven para recreación, conservación de la fauna silvestre, provisión de agua, fines estéticos, etc.

Anexo III. Inventario de limitantes edáficas. Definición de Clases de drenaje.

Se refiere a la facilidad con la que el agua se infiltra y/o percola en el interior del perfil del suelo. Su cualificación se hace a través de indicadores del drenaje como: presencia directa de capas de agua sobre la superficie del terreno, procesos de reducción dentro del perfil del suelo (moteados grisáceos), clase textural, presencia de capas endurecidas. Las Clases de Drenaje, se evalúan durante los reconocimientos de suelos conjuntamente con la potencialidad de inundación y están definidas sobre la base de la duración (real o potencial) de una humedad excesiva en el suelo. Esa duración dependerá del balance entre la velocidad con la que el agua ingresa al suelo y la velocidad con la que esa agua se pierde ya sea por drenaje interno, evaporación o por su utilización por las plantas. Las siguientes definiciones son los criterios tradicionales nacionales empleados para estimar las clases de drenaje natural de los suelos (Soil Survey Staff, 1993).

Bien drenado. Los suelos bien drenados tienen texturas medias con capacidad para retener los contenidos óptimos de agua para el crecimiento de las plantas después de lluvias o adiciones de agua de riego. El agua se mueve a través del suelo fácilmente, pero *no* rápidamente. La capa de agua libre es comúnmente *profunda o muy profunda*; no se especifica la duración anual. El agua está disponible para las plantas en regiones húmedas durante gran parte del período de crecimiento. La humedad no inhibe el crecimiento de las raíces por períodos significativos durante gran parte de las estaciones de crecimiento. El suelo es profundo y *no tiene características redoximórficas*.

Moderadamente bien drenado. El agua se mueve lentamente a través del suelo, durante algunos períodos del año. La capa de agua libre está comúnmente a una profundidad moderada y puede ser transitoria o permanente. El suelo está saturado por sólo un corto tiempo dentro de la profundidad de enraizamiento, durante el período de crecimiento pero el exceso de humedad no está asociado con un nivel freático. El suelo comúnmente tiene una clase moderadamente baja de conductividad hidráulica o más baja, dentro del metro desde la superficie, o recibe periódicamente abundantes lluvias, o presenta ambas condiciones.

Imperfectamente drenado (Algo pobremente drenado). El suelo está saturado a poca profundidad por períodos significativos durante la estación de crecimiento. Los períodos de exceso de humedad pueden o no estar asociados con un nivel freático alto aunque la capa de agua libre está comúnmente a poca o moderada profundidad, en forma transitoria o permanente. A menos que el suelo esté artificialmente drenado, el crecimiento de la mayoría de las plantas mesofíticas está marcadamente restringido. El suelo comúnmente tiene una clase de conductividad hidráulica saturada baja a muy baja, o una capa freática alta, o recibe agua desde zonas laterales, o está sujeto a lluvias persistentes, o presenta alguna combinación de estos factores.

Algo excesivamente drenado. El agua se mueve rápidamente a través del suelo. La capa de agua libre está muy profunda, o no se encuentra. Los suelos tienen comúnmente textura gruesa y alta conductividad hidráulica saturada, y no poseen características redoximórficas.

Pobremente drenado. El suelo está saturado periódicamente a poca profundidad durante la época de crecimiento, o permanece saturado por largos períodos. La capa de agua libre es poco o muy poco profunda, y es común o persistente. A menos que el suelo esté artificialmente drenado, la mayoría de los cultivos mesofíticos no puede crecer. El suelo, sin embargo, no está continuamente húmedo por debajo de la profundidad de arada. La capa freática es el resultado de una baja o muy baja clase de conductividad hidráulica, o de lluvia persistente, o de una combinación de ambos factores.

Excesivamente drenado. La capacidad del suelo para retener el agua es muy baja produciendo limitaciones severas para el crecimiento de las plantas a menos que el suelo se riegue frecuentemente. El agua se mueve a través del suelo muy rápidamente. El agua libre interna está muy profunda, o no se encuentra. Los suelos tienen comúnmente textura gruesa y muy alta conductividad hidráulica saturada, y no poseen características redoximórficas.

Muy pobremente drenado. El agua está en o cerca de la superficie la mayor parte del período de crecimiento vegetal. El agua libre interna es poco profunda; y es o persistente o permanente. A menos que el suelo sea drenado artificialmente, la mayoría de los cultivos mesofíticos no puede crecer. Comúnmente el suelo ocupa una depresión o una posición plana. Si la lluvia es persistente o alta, el suelo puede ser muy pobremente drenado, aunque se encuentre en pendiente.

Bueno a algo excesivamente drenado. Clase de inter-grado entre las clases Bueno y Algo excesivo, que se ha usado frecuentemente en la región.

Anexo IV. Inventario de limitantes edáficas. Clases de salinidad.

Salinidad	CE (dS/m)
No salino	< 2
Muy ligeramente salino	$2 \text{ a } < 4$
Ligeramente salino	$4 \text{ a } < 8$
Moderadamente salino	$8 \text{ a } < 16$
Fuertemente salino	≥ 16

Anexo V. Inventario de limitantes edáficas. Clases de alcalinidad sódica

Clase	PSI
No sódico	< 10 % Na a 0-20 cm
	<15% Na a 20-50 cm
No sódico	< 10 % Na a 0-20 cm
	<15% Na a 51-100 cm
Levemente sódico	10-15 % Na a 0-20 cm
	<15% Na a 20-50 cm
Levemente sódico	10-15 % Na a 0-20 cm
	<15% Na a 51-100 cm
Sódico en profundidad	< 10 % Na a 0-20 cm
	≥15% Na a 51-100 cm
Sódico en profundidad	10-15 % Na a 0-20 cm
	≥15% Na a 51-100 cm
Sódico en el subsuelo	< 10 % Na a 0-20 cm
	≥15% Na a 20-50 cm
Sódico en el subsuelo	10-15 % Na a 0-20 cm
	≥15% Na a 20-50 cm
Sódico desde superficie	≥ 15% Na a 0-20 cm
	<15% Na a 20-50 cm
Sódico desde superficie	≥ 15% Na a 0-20 cm
	<15% Na a 51-100 cm
Sódico desde superficie	≥ 15% Na a 0-20 cm
	≥15% Na a 20-50 cm
Sódico desde superficie	≥ 15% Na a 0-20 cm
	≥15% Na a 51-100 cm

Anexo VI. Inventario de limitantes edáficas.

Definición de Clases por textura superficial

Se consignan en forma separada la textura del horizonte superficial y del subsuelo en orden a incrementar el potencial interpretativo para distintos usos del suelo. TEXTURA es la proporción numérica (porcentaje en peso) de arena, limo y arcilla en un suelo. El contenido de arena, limo y arcilla es estimado manualmente en el campo y luego medido cuantitativamente en laboratorio, para luego ser ubicado en el triángulo de textura y determinar la Clase de textura. La textura del suelo comprende solamente la fracción tierra fina (<2 mm). La distribución del tamaño de partículas (PSD) abarca todo el suelo, incluyendo los fragmentos rocosos (>2 mm). Las definiciones de las clases texturales son las siguientes.

Arenoso: Un total de 25% o más de arena media, gruesa o muy gruesa, un total de menos de 25% de arena gruesa y muy gruesa y menos del 50% de arena fina y menos del 50% de arena muy fina.

Franco arenoso: Un total de 30% o más de arena muy gruesa, gruesa o media, pero un total de menos de 25% de arena gruesa y muy gruesa y menos de 30% de arena fina y menos de 30% de arena muy fina; o un total de 15% o menos de arena media, gruesa o muy gruesa, menos de 30% de arena fina y menos de 30% de arena muy fina con un total de 40% o menos de arena fina y muy fina.

Franco: Entre 7% y 27% de arcilla, 28% y 50% de limo y 52% o menos de arena.

Areno franco: Entre 70% y 91% de arena y el porcentaje de limo más 1,5 veces el de arcilla es 15% o mayor, y el porcentaje de limo mas dos veces el porcentaje de arcilla es menor a 30%.

Franco limoso: Con 50% o más de limo y entre 12% y 27% de arcilla o entre 50% y 80% de limo y menos de 12% de arcilla.

Limoso: Con 80% o más de limo y menos de 12% de arcilla.

Franco arcilloso: Entre 27% y 40% de arcilla y entre 20% y 46% de arena.

Franco arcillo limoso: Entre 27% y 40% de arcilla y menos de 20% de arena.

Franco arcillo arenoso: Entre 20% y 35% de arcilla, menos de 28% de limo y mas de 45% de arena.

Arcillo arenoso: Con 35% o más de arcilla y 45% o más de arena.

Arcillo limoso: Con 40% o más de arcilla y 40% o más de limo.

Arcilloso: Con 40% o más de arcilla, 45% o menos de arena y menos de 40% de limo.

Anexo VII. Aptitud versus uso actual de los suelos de la provincia. Inventarios de Capacidad de uso de tierras agrupadas en las categorías agrícolas (Clases I, II y III); marginalmente agrícolas (Clase IV) y fundamentalmente ganaderas (Clases VI, VII y VIII), por Departamento.

Departamentos	Clases de Capacidad de Uso (USDA)							
	I+II+III		IV		I a IV		VI+VII+VIII	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Río Segundo	357.000	72	23.000	5	380.000		114.000	23
Tercero Arriba	375.000	72	93.000	18	468.000		53.000	10
Marcos Juárez	741.000	79	60.000	6	801.000		137.000	15
Juárez Celman	415.000	51	191.000	23	606.000		215.000	26
Capital								
General San Martín	308.000	65	60.000	13	368.000		109.000	23
Río Cuarto	445.000	24	458.000	25	903.000		931.000	51
Unión	680.000	64	170.000	16	850.000		206.000	20
Totoral	219.000	71	18.000	6	237.000		70.000	23
Pte. R. Saenz Peña	325.000	40	235.000	29	560.000		257.000	31
Río Primero	333.000	49	140.000	21	473.000		206.000	30
Colón	133.000	57	12.000	5	145.000		90.000	38
Santa María	150.000	46	55.000	17	205.000		124.000	38
General Roca	285.000	22	435.000	34	720.000		566.000	44
San Justo	653.000	47	197.000	14	850.000		543.000	39
Tulumba	24.000	2	194.000	20	218.000		769.000	78
Río Seco	30.000	3	255.000	25	285.000		735.000	72
Calamuchita	16.000	3	105.000	21	121.000		369.000	75
Ischilín	16.000	3	1.000	0	17.000		478.000	97
San Alberto	11.000	3	5.000	2	16.000		314.000	95
Pocho	18.000	6	12.000	4	30.000		292.000	91
Sobremonte	0	0	14.000	4	14.000		320.000	96
San Javier	6.000	4	12.000	7	18.000		143.000	89
Cruz del Eje			2.000	0	2.000		665.000	100
Punilla			6.000	2	6.000		257.000	98
Minas							371.000	100
Total	5.540.000	33	2.753.000	17	8.293.000		8.334.000	50

3. VEGETACIÓN

Marcelo Román Zak, Juan José Cantero, Laura Hoyos, César Núñez, Marcelo Rubén Cabido

RESUMEN

La vegetación de Córdoba se conoce a través de distintas contribuciones fitogeográficas de alcance nacional y provincial. Tales estudios, más allá de no presentar un inventario detallado de los tipos de cobertura del territorio cordobés, muestran la vegetación potencial o, en todo caso, la cubierta vegetal existente al momento de su realización, lo cual resulta desactualizado frente a los profundos cambios en los patrones de vegetación ocurridos a partir del siglo XX. Ante ello, en este capítulo se presenta la descripción y los patrones actuales de la vegetación terrestre de la provincia de Córdoba, producto de un intenso relevamiento de campo y del procesamiento y análisis de información satelital.

Tanto la posición geográfica de la provincia de Córdoba como su sistema serrano, determinan las características climáticas imperantes en su territorio. Estas, junto a su variabilidad geomorfológica, se refleja en los patrones espaciales de la vegetación, que varía desde los bosques xerófilos estacionales de las planicies hasta los prados y pastizales de altura serranos, pasando por los bosques y matorrales xerófilos de las sierras bajas y la vegetación halófila de los bolsones y depresiones de las cuencas salinas. A pesar de ser el clima el factor más influyente en la distribución de la vegetación cordobesa y en el desarrollo de sus distintas fisonomías, las perturbaciones de naturaleza antrópica han tenido un efecto notable en los patrones espaciales actuales.

En este capítulo se definen 18 tipos de cobertura vegetal discriminados cartográficamente, correspondientes a comunidades y arreglos complejos de comunidades que se diferencian entre sí sobre la base de sus características espectrales, junto a numerosos subtipos que, aunque no presentan diferencias fisonómicas notables, se distinguen florísticamente.

La mayoría de las clases de cobertura natural y seminatural raramente ocurren como formaciones puras, presentándose en general asociadas en mosaicos más o menos complejos a escala regional, e incluso local. Esto resulta de la alta fragmentación del territorio, lo cual es una constante excepto en las extensas áreas con vegetación Cultural. Como consecuencia de ello, la vegetación leñosa está escasamente representada en Córdoba, con una cobertura de alrededor del 20 % de la superficie provincial total. En la misma dirección, los bosques de distinto tipo cubren apenas el 7 % de la Provincia, aunque sólo el 2 % corresponde a bosques en buen estado de conservación.

ANTECEDENTES

La vegetación de la provincia de Córdoba se conoce a través de las contribuciones fitogeográficas de Cabrera (1953, 1976) y de bosquejos anteriores sobre la vegetación de Argentina (Lorentz 1876, Hauman 1920). Cabrera presenta una división del país en Dominios, Provincias y Distritos Fitogeográficos, basada parcialmente en un criterio taxonómico (presencia de taxones endémicos), aunque también con fundamento fisonómico. Sobre esta base, su clasificación (Cabrera 1976) considera la presencia de tres provincias fitogeográficas en Córdoba: la Chaqueña, la del Espinal y la Pampeana (Figura 1).

La vegetación chaqueña ocupa el norte y oeste del territorio cordobés y está representada por los Distritos Serrano y Occidental (Cabrera 1976). Siguiendo la clasificación de Ragonese y Castiglioni (1968), también debe

considerarse la presencia de los Distritos de Los Llanos y Halofítico. Estos ocupan, en el sector más seco de toda la provincia Chaqueña, el área denominada como Chaco Árido por Morello *et al.* (1985), distribuido ampliamente en el norte de Argentina.

La Provincia Fitogeográfica del Espinal ocupa una faja que atraviesa a Córdoba en sentido noreste a suroeste y está representada principalmente por los Distritos del Algarrobo y del Caldén, mientras que el Distrito del Ñandubay apenas se insinúa en el noreste provincial (Cabrera 1976). Por su parte, Lewis y Collantes (1973) consideran que en Córdoba se encuentran seis Distritos del Espinal (Cordubense, Central, Sanctafidense, Entrerrianense, Psamofítico y Pampense), aunque para Cabrera (1976) varios de estos resultarían en realidad de diferencias edáficas locales.

Por su parte, la Provincia Fitogeográfica Pampeana ocupa el sureste de Córdoba, representada a través del Distrito Pampeano Occidental (Cabrera 1976) o Pampa Central Semiárida (Viglizzo *et al.* 2006), aunque los límites entre la Pampa y el Espinal en Córdoba han sido puestos en duda por León y Anderson (1983).

Existen también estudios sobre la vegetación de Córdoba a escala de la provincia, entre los cuales deben mencionarse especialmente los de Kurtz (1904) y de Luti *et al.* (1979). Estos trabajos presentan mapas fitogeográficos, y han constituido la base para estudios detallados de las comunidades vegetales del territorio provincial (Figura 2). Mientras Kurtz (1904) describe cuatro regiones principales (del Monte, Pampeana, Serrana y Alpina), Luti y colaboradores (1979) siguen el criterio general de clasificación de Cabrera (1976), pero consideran dos variantes dentro del sector correspondiente al Chaco de llanura en Córdoba: el Bosque Chaqueño Oriental, más húmedo, y el Bosque Chaqueño Occidental, con mayor déficit hídrico. Las unidades fitogeográficas definidas por Kurtz (1904) corresponden a la cubierta vegetal existente a

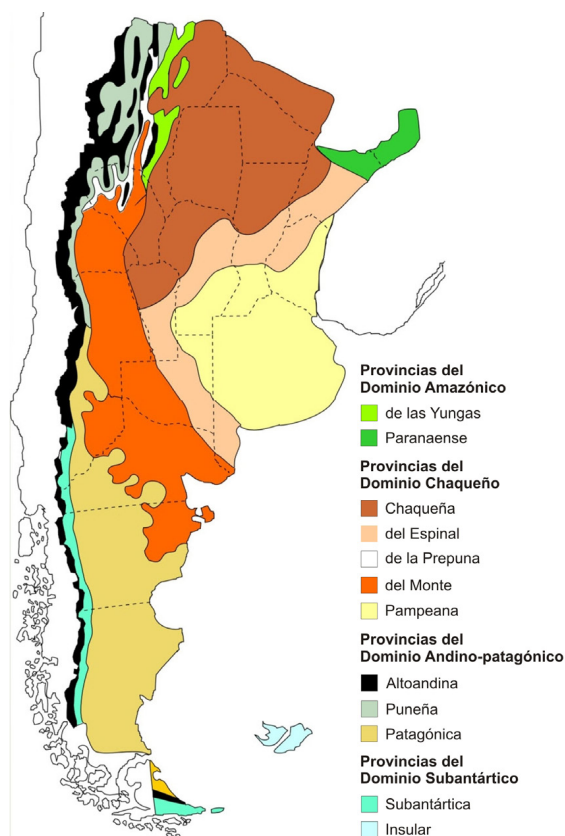


Figura 1: Bosquejo fitogeográfico de la República Argentina, según Cabrera (1976).

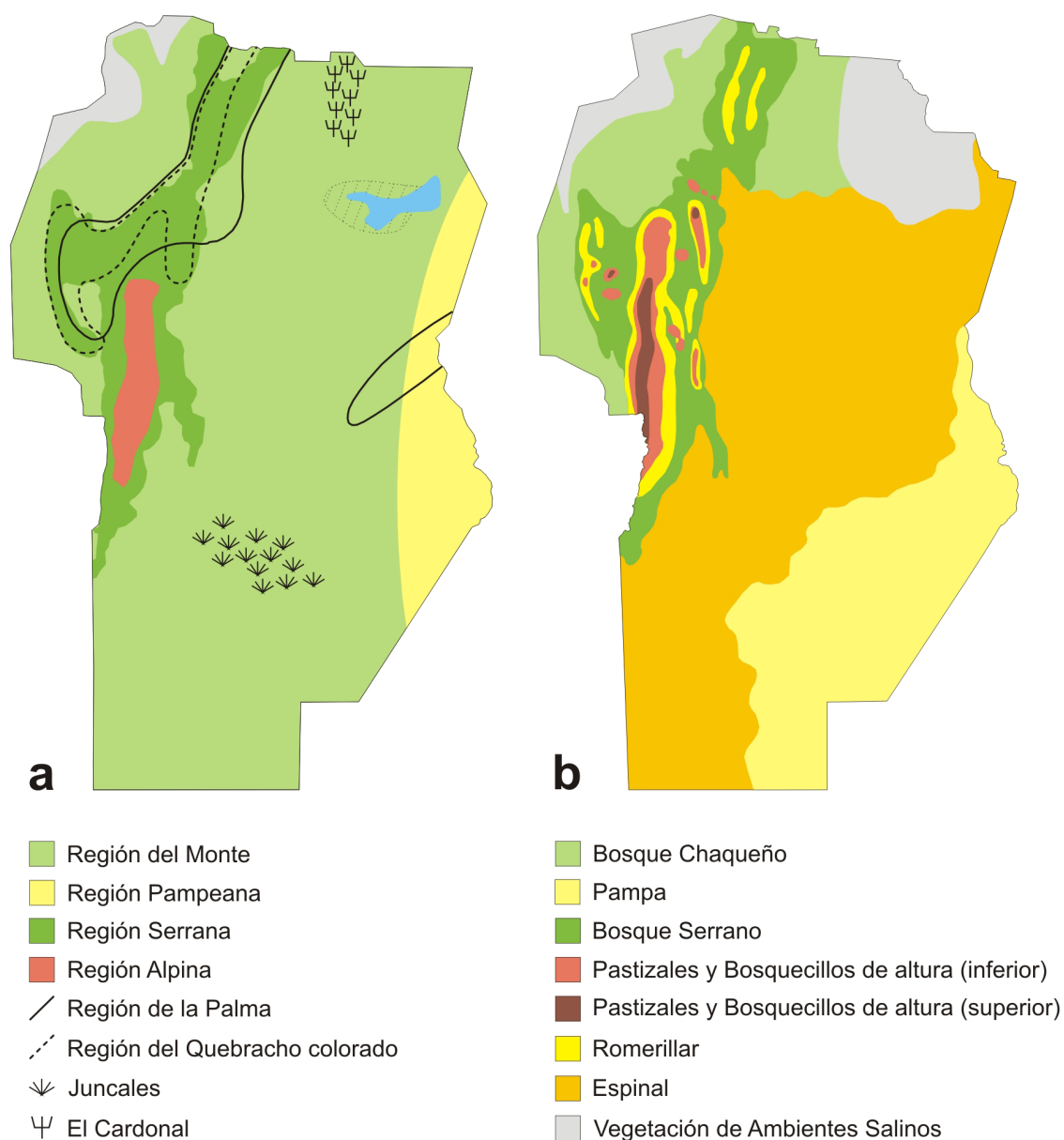


Figura 2: Bosquejos fitogeográficos de la provincia de Córdoba según (a) Kurtz (1904) y (b) Luti *et al.* (1979). Los colores no corresponden a los originales y sólo pretenden resaltar semejanzas y diferencias entre ambos bosquejos. Las denominaciones de las clases de cobertura son las definidas por sus autores (en el caso de la denominación Quebracho colorado de Kurtz, la misma hace referencia a *Schinopsis lorentzii* = orco-quebracho).

comienzos del siglo XX, mientras que el bosquejo de Luti *et al.* (1979) se relaciona más bien con la vegetación potencial del territorio cordobés hacia mediados del siglo pasado, cuando el efecto de las actividades humanas ya había modificado profundamente los patrones de vegetación observados por Kurtz a principios del siglo.

A pesar de los antecedentes anteriores, la provincia de Córdoba carecía de un inventario detallado y actualizado de los tipos de cobertura de su territorio. Ante ello, en este capítulo presentamos una descripción de la vegetación terrestre y de sus patrones actuales de distribución espacial. Para la elaboración del mapa se utilizó información satelital, junto

a un estricto relevamiento y control a campo (ver Metodología).

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE CORDOBÉS

La provincia de Córdoba cubre una superficie de 165.321 km² en el centro de la República Argentina, a lo largo de casi 6° de latitud entre los 29° 30' y 35° 00' Sur y 4° de longitud, entre los 61° 46' y 65° 46' Oeste. El territorio de Córdoba comprende dos grandes unidades geomorfológicas: las Sierras Pampeanas y la Llanura Chaco-Pampeana (Carignano *et al.* 2014). Las Sierras de Córdoba forman parte del extremo austral de la Provincia Geomorfológica de las Sierras Pampeanas y comprenden cuatro unidades estructurales principales: la Sierra del Norte-Ambargasta, las Sierras Chicas-Las Peñas, las Sierras Grandes-Comechingones y las Sierras de Pocho-Guasapampa. Estas sierras son bloques del antiguo macizo central argentino separados por la tectónica terciaria. Con rumbo general norte-sur, se caracterizan, más allá de su altura sobre las planicies circundantes, por la alternancia de cumbres dentadas y formas planas, por la presencia de disecciones profundas generadas por los cursos de agua, y por la ocurrencia de relieves volcánicos, todos ellos sometidos a procesos morfogenéticos propiciados por grandes pendientes y precipitaciones torrenciales, aunque con claro predominio de las formas estructurales. El sistema serrano cordobés posee una extensión de 430 km, con un ancho promedio de 110 km y alturas que van desde los 600 hasta los 2.400 m, con su cumbre culminante en el Cerro Champaquí de 2.790 m s.n.m. (Capitanelli 1979).

Las planicies forman parte de la gran provincia geomorfológica de la Llanura Chaco-Pampeana y comprenden cuatro ambientes principales: la Depresión tectónica de la laguna de Ansenuza (Mar Chiquita), la Planicie fluvio-eólica central, la Planicie arenosa eólica austral y los Ambientes pedemontanos (Carignano *et al.* 2014); estos ambientes ocupan la mayor par-

te del territorio provincial y muestran un suave modelado que se opone a los perfiles netos de las sierras. La altura de las planicies oscila entre 100 y 600 m s.n.m. y, en general, las tierras completamente llanas son poco extensas, dominando relieves suavemente ondulados o con pequeñas rupturas de pendiente, creados principalmente por procesos climáticos antiguos y recientes. Estas planicies constituyen un ambiente de sedimentación con predominio de depósitos de sistemas fluviales y aluviales efímeros y de depósitos eólicos, principalmente loésicos. La heterogeneidad edáfica asociada a todas estas superficies geomorfológicas está reflejada por los diferentes órdenes y subórdenes de suelos presentes en la provincia: Alfisoles (Acuaf), Aridisoles (Argid, Calcid, Gipsid, Cambid, Salid), Entisoles (Acuent, Fluvent, Orthent, Psamment) y Molisoles (Albol, Acuol, Ustol, Udol) (INTA-Acase, 2006).

Tanto la posición geográfica de la provincia de Córdoba, como el sistema serrano, determinan las características climáticas imperantes en su territorio, con condiciones templado cálidas en las sierras y en el sector austral de la provincia, a subtropicales en el norte y oeste del territorio. De acuerdo a Capitanelli (1979) y Ravelo (2003), la orografía es el factor determinante de las tres unidades climáticas fundamentales de la provincia: el Dominio semi-húmedo de la montaña y del extremo oriental de la Llanura (con exceso de agua), el Dominio semi-seco con tendencia al semi-húmedo de las planicies centrales (con déficit de agua) y el Dominio semi-desértico de las planicies del noroeste (con excesivo déficit de agua).

La variabilidad geomorfológica y climática de la provincia de Córdoba se refleja en los patrones espaciales de su vegetación, que varía desde los bosques xerófilos estacionales de las planicies hasta los prados y pastizales de altura serranos, pasando por los bosques y matorrales xerófilos de las sierras bajas y la vegetación halófila de los bolsones y depresiones de las cuencas salinas. Por lo tanto, el clima puede reconocerse como el factor más

influyente en la distribución de la vegetación y en el desarrollo de las distintas fisonomías encontradas en la provincia, al menos a la escala a la que se ha desarrollado este estudio. Cabe destacar, sin embargo, que las perturbaciones de naturaleza antrópica han modificado notablemente los patrones espaciales de la vegetación, según se desprende de la comparación de los mapas de la Figura 2 con el que se presenta en este trabajo (Figura 6).

METODOLOGÍA

El estudio de la vegetación y su cartografía demandó dos actividades principales: 1) el análisis y procesamiento de información satelital, y 2) el inventario y la descripción de las comunidades vegetales en el terreno, incluyendo el control de los patrones definidos a partir de las imágenes satelitales. La Figura 3 muestra una síntesis del desarrollo metodológico seguido para la elaboración del mapa de la vegetación de Córdoba y para la descripción de su vegetación.

Análisis y procesamiento de la información satelital

La fuente primaria de información para la elaboración del mapa de coberturas de la provincia fueron 10 imágenes satelitales Landsat 5 TM (Figura 4), correspondientes a invierno y primavera del año 2009. La elección de las imágenes Landsat respondió a su adecuada resolución espacial y espectral, con probada eficacia para trabajos de este tipo. Las mismas fueron obtenidas del Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS Global Visualization Viewer, y seleccionadas eligiendo escenas libres de nubes, para fechas cercanas en el tiempo entre imágenes y correspondientes, en lo posible, a la estación de crecimiento de la vegetación.

En todos los casos se utilizaron las bandas 1, 2, 3, 4, 5 y 7 de cada imagen Landsat, sumándose a éstas una banda correspondiente al Índice de Vegetación de Diferencia Nor-

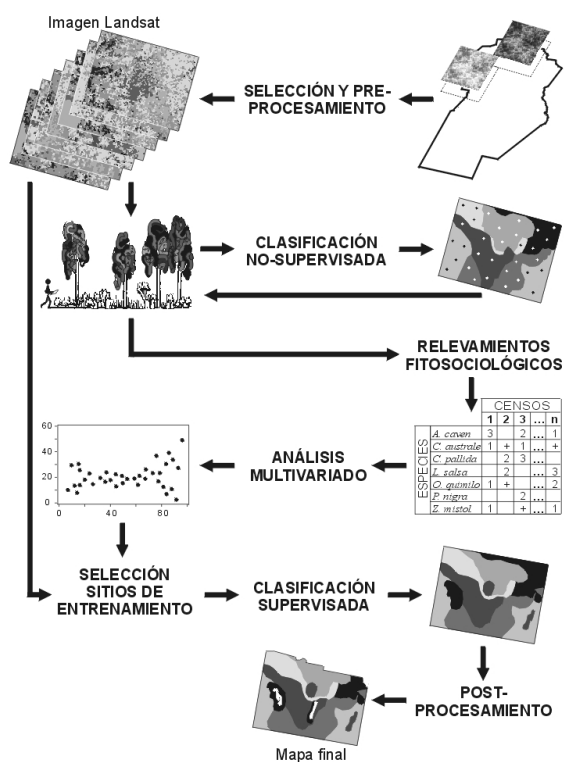


Figura 3: Esquema sintético de la metodología de procesamiento de la información satelital, elección de los sitios de control en el terreno, descripción de la vegetación a campo, clasificación final de la vegetación y expresión cartográfica de la misma (mapa).

malizada (NDVI) -la que demostró mejorar la discriminación entre clases de cobertura-. El NDVI fue calculado mediante la fórmula (infrarrojo cercano - rojo) / (infrarrojo cercano + rojo), es decir, (banda 4 - banda 3) / (banda 4 + banda 3). La principal ventaja del NDVI es que, a diferencia del resto de la información espectral, es relativamente independiente de variables tales como la exposición y la pendiente, a la vez que se relaciona muy bien con la cantidad de biomasa verde presente en el territorio. La fórmula de cálculo se correlaciona directamente con el nivel de actividad fotosintética (rojo) y la resistencia a la pérdida de vapor de agua de las hojas (infrarrojo), siendo entonces un excelente indicador de la presencia de vegetación (valores altos de NDVI = vegetación). Para cada escena se utilizaron entonces 7 bandas que constituyeron una nueva imagen. Luego, con el objeto de mejorar la

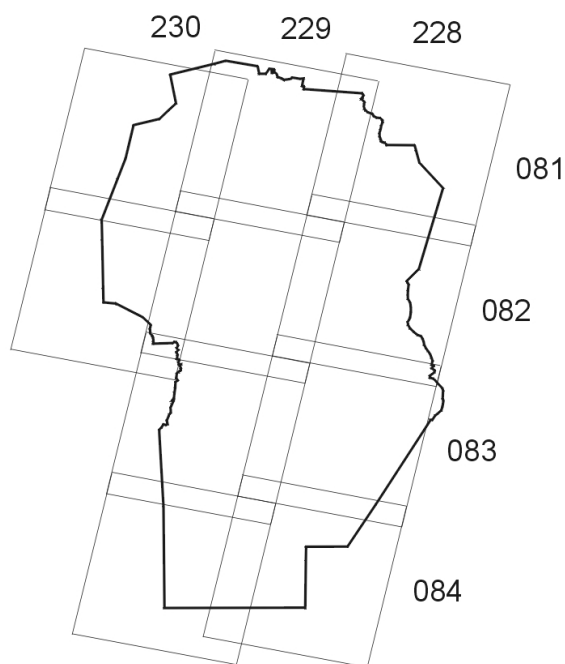


Figura 4: Escenas Landsat correspondientes al territorio de la provincia de Córdoba según el WRS (Worldwide Reference System). Las órbitas (verticales) corresponden a las fajas (paths), mientras que los centros de escena (horizontales) a las filas (rows).

precisión de las clasificaciones, mientras se reducían los tiempos de pre-procesamiento, clasificación y post-procesamiento, se conformaron mosaicos con las imágenes correspondientes a una misma faja, resultando 3 mosaicos finales con 7 bandas cada uno de ellos. El proceso de clasificación de la información satelital se desarrolló en etapas sucesivas:

a) reconocimiento inicial a campo: fue realizado sobre la base de imágenes en falso color compuesto, lo cual permitió un reconocimiento preliminar de los patrones de cobertura en el terreno. En esta etapa se estimó el número aproximado de clases fisonómicas (bosques, matorrales, pastizales, etc.), presentes en el territorio, al tiempo que se obtuvo una descripción inicial de sus características florístico-estructurales.

b) clasificación no-supervisada: (consiste en una clasificación en la cual las clases no están predeterminadas, siendo las propieda-

des estadísticas de los datos de la imagen las que se utilizan para encontrar grupos de clases espectrales -cada conjunto representa una población de píxeles con características espectrales estadísticamente similares-). Fue realizada independientemente para cada faja (las áreas montañosas y las depresiones salinas fueron tratadas de manera similar aunque separadamente), mediante el módulo Unsupervised Classification del Programa ERDAS Imagine. Para cada faja se definió un número tal de clases que permitiera capturar la mayor parte de la variabilidad presente en su cobertura. Tal número fue variable, según las características del territorio en cuestión. Para cada faja, en el mapa no-supervisado se identificaron clases y seleccionaron sitios sobre los cuales se realizarían los relevamientos de campo y censos fitosociológicos.

c) selección de sitios de entrenamiento: sobre la base del relevamiento detallado de campo se seleccionaron los sitios de entrenamiento para la clasificación digital de los mosaicos, siendo su objetivo la conformación de un conjunto estadístico que describiera los patrones espectrales de cada uno de los tipos de cobertura del territorio representados en las imágenes. Para lograrlo, se definieron más de 650 sitios representativos integrados por píxeles de identidad conocida que, en conjunto, describieran los atributos espectrales de la clase en cuestión (se definieron varios sitios de entrenamiento para cada clase, cuidando que no existiera solapamiento entre las firmas espectrales correspondientes a distintos tipos de cobertura).

d) clasificación supervisada: esta etapa implicó, para cada mosaico de imágenes, la asignación de cada píxel a una de las clases definidas por los distintos sitios de entrenamiento, de acuerdo a sus características espectrales. Para cada mosaico se utilizó el conjunto de sitios de entrenamiento definidos para las escenas individuales correspondientes, aplicando el algoritmo de clasificación de Máxima Similitud del programa Erdas. Para obtener los resultados esperados fueron necesarias clasifi-

caciones sucesivas enmascarando territorios, combinando sitios de entrenamiento, eliminando otros e incluso generando nuevos, hasta alcanzar productos finales con una adecuada discriminación de clases y precisión. Tal como se indicó anteriormente, las áreas montañosas y las depresiones salinas fueron clasificadas separadamente, aislando así la complejidad propia de tales ecosistemas.

e) post-procesamiento: en esta etapa se realizó la corrección de errores obvios en la clasificación, lo cual fue seguido por la unión de las distintas porciones del territorio clasificadas separadamente. Luego, se utilizó un vector con los límites políticos provinciales para recortar el territorio de interés. Posteriormente, se realizó una edición post-clasificación, con el objetivo principal de obtener un producto final consistente y sin interrupciones espaciales (el mayor problema derivado de la unión de imágenes o sus productos es la potencial aparición de discontinuidades en los patrones espaciales entre escenas contiguas). Dicha edición fue realizada mediante digitalización en pantalla. Un aspecto a destacar es que, dada la naturaleza de la información de base, las clasificaciones digitales son inherentemente ruidosas, con áreas de bordes aserrados y patrones de "sal y pimienta" (resultantes de la variabilidad espectral identificada por el algoritmo de clasificación), por lo cual se realizó también el suavizado digital de la apariencia del mapa, aunque sin distorsionar la apariencia general de la clasificación.

Inventarios y descripción de la vegetación en el terreno

La descripción de la vegetación se realizó inicialmente en los sitios de entrenamiento seleccionados a partir de la clasificación no supervisada de las imágenes satelitales, aunque posteriormente el análisis a campo de la vegetación se amplió a sitios adicionales que permitieron obtener una representación completa de la vegetación de Córdoba. En total, fueron estudiados en el terreno más de 2500

sitios; los datos derivados de tales relevamientos constituyen la base de las descripciones de los tipos de vegetación representados en el mapa. Los inventarios se llevaron a cabo en sitios florística y fisonómicamente homogéneos, en principio representativos de las clases definidas por la clasificación no supervisada, aunque luego se ampliaron a situaciones no reflejadas por la información satelital. Cada sitio relevado fue identificado en la imagen satelital correspondiente, determinando en todos los casos su posición geográfica mediante GPS. En cada sitio relevado se realizó una descripción de la fisonomía de la vegetación y se registraron las especies dominantes y las principales acompañantes o subordinadas. Simultáneamente, se estimó la altura y cobertura de los estratos presentes, como así también los porcentajes de suelo descubierto de vegetación, superficie cubierta por rocas, pedregullo, mantillo, etc., y la cobertura total de la comunidad. También se registraron otros datos ambientales como altitud, pendiente, exposición, textura del suelo, etc., además de cualquier evidencia de perturbación o uso de la vegetación (ver inventario modelo en la Figura 5). A las especies registradas en cada censo se les asignó un valor de cobertura estimado visualmente, siguiendo la escala combinada de Braun-Blanquet donde, en cuanto al primer valor -escala de cobertura-, *r* corresponde a especies raras en el sitio, en general un solo individuo, *+* a una cobertura menor al 1%, *1*: entre 1 y 5 %, *2*: entre 6 y 25 %, *3*: entre 26 y 50 %, *4*: entre 51 y 75 % y *5*: mayor al 75 %. En cuanto al segundo valor -escala de sociabilidad- *1*: corresponde a especies cuyos individuos crecen solitarios, *2*: cuando conforman grupos de pocos individuos, *3*: cuando forman pequeños manchones, *4*: cuando crecen en manchones extensos y *5*: cuando los individuos conforman grandes poblaciones, más o menos puras de la especie (Braun-Blanquet 1951). Nótese que, en los Inventarios típicos que se presentan en este Capítulo, los valores que acompañan a las distintas especies corresponden únicamente a la escala de cobertura de Braun-Blanquet,


UBICACIÓN Norte de Ruta Nac 38, a 8 km al Oeste de Serrezuela.	MUESTRA N° 1296	FECHA 10/05/2006	AUTOR/ES M. Cabido - M. Zak
SITIO Y DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN Bosque de quebracho blanco con cardón. Quebrachal abierto con individuos más o menos aislados de <i>Stetsonia coryne</i> formando parches irregulares en una matriz de matorrales altos y cerrados con emergentes aislados de <i>Aspidosperma</i> . El terreno es plano y el suelo arenoso; se observan evidencias de erosión y pastoreo reciente.  Hay tocones de árboles de diámetro medio; evidencia de tala en el pasado. También se observan evidencias de alta carga ganadera como bosteo y pastos consumidos.		COORDENADAS 30° 37' 23" S 65° 28' 29" O	
		ALTITUD 236 m	
		PENDIENTE Llano. < 1%	
		ESTRATOS (altura) 7m 2.5m 60cm	
		ESTRATOS (cobertura) 30% 50% 30%	
		SUELO DESCUBIERTO: 20% MANTILLO: 10%	
LISTA DE ESPECIES			
<u>Árboles y arbustos</u>		<u>Hierbas y otras</u>	
<i>Aspidosperma quebracho blanco</i>	2.2	<i>Cordobia argentea</i>	2.3
<i>Mimoziganthus carinatus</i>	1.2	<i>Bouteloua aristidoides</i>	2.3
<i>Larrea divaricata</i>	1.2	<i>Diplachne dubia</i>	1.2
<i>Trichomaria usillo</i>	1.3	<i>Aristida mendocina</i>	1.2
<i>Stetsonia coryne</i>	1.1	<i>Justicia gilliesii</i>	+
<i>Ziziphus mistol</i>	+3	<i>Bromelia urbaniana</i>	+
<i>Prosopis torquata</i>	+	<i>Xeroalloysia sp</i>	+
<i>Atamisquea emarginata</i>	+	<i>Pappophorum caespitosum</i>	+
<i>Senna aphylla</i>	+	<i>Cottea pappophoroides</i>	+
<i>Acacia aroma</i>	+	<i>Gomphrena martiana</i>	+
<i>Prosopis sericantha</i>	r	<i>Chloris virgata</i>	+
<i>Ximenia americana</i>	+	<i>Pseudabutilon stuckertii</i>	+
<i>Cereus validus</i>	+	<i>Digitaria californica</i>	+
<i>Larrea cuneifolia</i>	+	<i>Echinopsis leucantha</i>	+
<i>Geoffroea decorticans</i>	+	<i>Setaria pampeana</i>	+
		<i>Neobouteloua lophostachya</i>	+

Figura 5: Planilla tipo de muestreo de la vegetación en el terreno. En este caso se presenta un inventario en un bosque de *Aspidosperma quebracho-blanco* con *Stetsonia coryne*. Los valores de cobertura de las especies corresponden a la escala combinada de Braun-Blanquet.

prescindiendo en los mismos de los valores de sociabilidad para mayor claridad.

LOS TIPOS DE COBERTURA DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Las unidades representadas en el mapa (Figura 6) corresponden a tipos de vegetación y constituyen, básicamente, comunidades y arreglos complejos de comunidades que han sido diferenciadas entre sí en base a sus características espectrales, resultantes de su fisonomía, estructura, composición florística y de las características del espacio que ocupan. Estas unidades pueden considerarse homogéneas sólo a la escala de expresión del mapa de vegetación. Por lo tanto, cabe aclarar que tales unidades presentan cierta heterogeneidad interna que no es posible reflejar a la escala espacial de este trabajo y que requeriría de un inventario fitosociológico aún más exhaustivo para ser detectada. En consecuencia, nuestros resultados son la base para estudios de mayor detalle que tengan en cuenta factores que operan de manera subyacente al clima y al relieve que, junto a las actividades humanas, constituyen los principales determinantes de los patrones de la vegetación expresados en el mapa.

Los tipos fisonómicos utilizados para la descripción estructural de las comunidades fueron los siguientes:

- **Bosque:** vegetación leñosa de más de 5 m de altura y con una proyección de las copas de los árboles cubriendo más del 25 % del suelo. Pueden diferenciarse bosques bajos y bosques altos, según presenten árboles de menos o más de 8 m de altura, respectivamente. Los bosques pueden ser a su vez cerrados, cuando el estrato arbóreo supera el 40 % de cobertura, y abiertos, con un 25 a 40 % de cobertura.

- **Matorral:** comunidades en las que predomina la vegetación leñosa, generalmente multicaule, con alturas de entre 1 y 5 m. Puede ser cerrado, cuando la cobertura de los

arbustos supera el 50 % o abierto, cuando es menor a ese valor. Además, el matorral puede ser puro, cuando no presenta árboles, o con emergentes, cuando sobre su dosel sobresalen árboles de altura superior a 5 m, pero con cobertura inferior al 25 %.

- **Pastizal:** predominan gramíneas cespitosas de altura variable. También puede aplicarse el término “pajonal”, en referencia a algunas comunidades del Chaco Serrano y de las depresiones salinas.

Los tipos de vegetación incluidos en el mapa, como así también las comunidades descriptas a continuación, y pertenecientes a algunos de esos tipos, se denominan empleando términos que hacen referencia a su fisonomía, acompañados en algunos casos por el nombre de las especies que son dominantes o que las caracterizan. Por ejemplo, los bosques dominados por *Aspidosperma quebracho-blanco* o quebrachales, ampliamente distribuidos en las planicies del norte y oeste de la provincia, se incluyen en la unidad cartográfica denominada “Bosques”. Sin embargo, para esta unidad cartográfica representada en el mapa de vegetación, se diferencian en la descripción varias comunidades.

Cabe aclarar también que las especies se indican con sus nombres científicos. En todos los casos la nomenclatura utilizada se corresponde con la de la base Flora del Conosur (www.darwin.edu.ar), con la excepción de las especies mencionadas en los antecedentes bibliográficos, cuya nomenclatura original se ha mantenido.

Sobre la base de los patrones del mapa, de la composición y análisis florístico de los censos y de su análisis ambiental, se definen a continuación las características principales de cada tipo de cobertura. Siguiendo a cada caracterización se presentan localidades donde la vegetación ha sido descripta a través de un inventario de su composición florística y fisonomía.

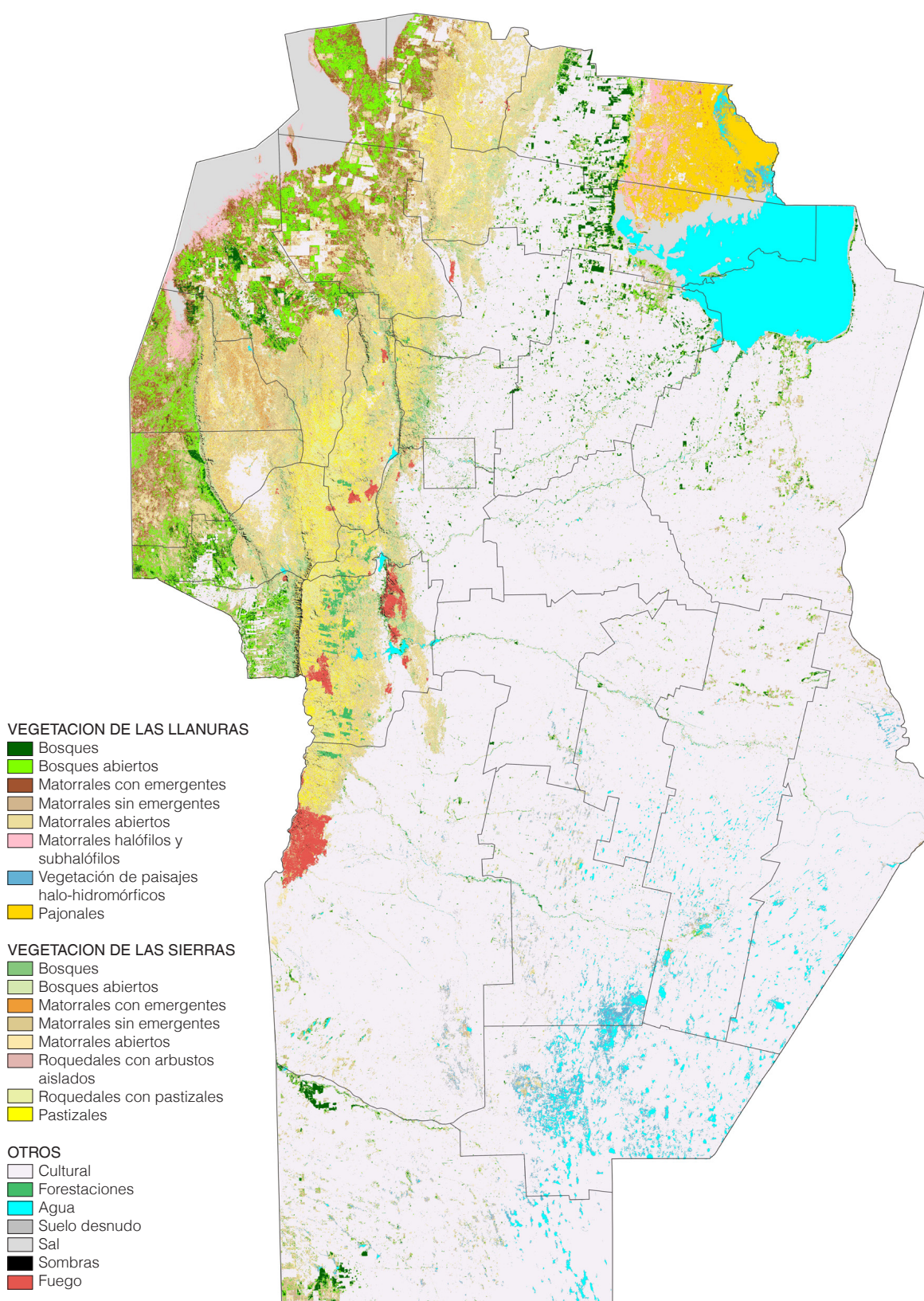


Figura 6: Mapa de tipos de cobertura de vegetación de la Provincia de Córdoba.

Tipos de vegetación de las llanuras

Bosques

Esta unidad comprende los bosques de llanura de Córdoba (Figura 7). Se compone de los bosques xerófilos estacionales del norte y oeste de la provincia, de los algarrobales/talares del centro, este y sureste y de los caldenales del sur provincial. A pesar de que aparece como una única clase en el mapa, reúne a comunidades con composición florística y algunos rasgos fisonómicos variables en respuesta a los gradientes ambientales y de uso que se observan en el territorio que ocupa. Esta variabilidad permite discriminar los bosques correspondientes a los sectores chaqueños y del Espinal; teniendo en cuenta tal heterogeneidad, se describen a continuación en forma separada.

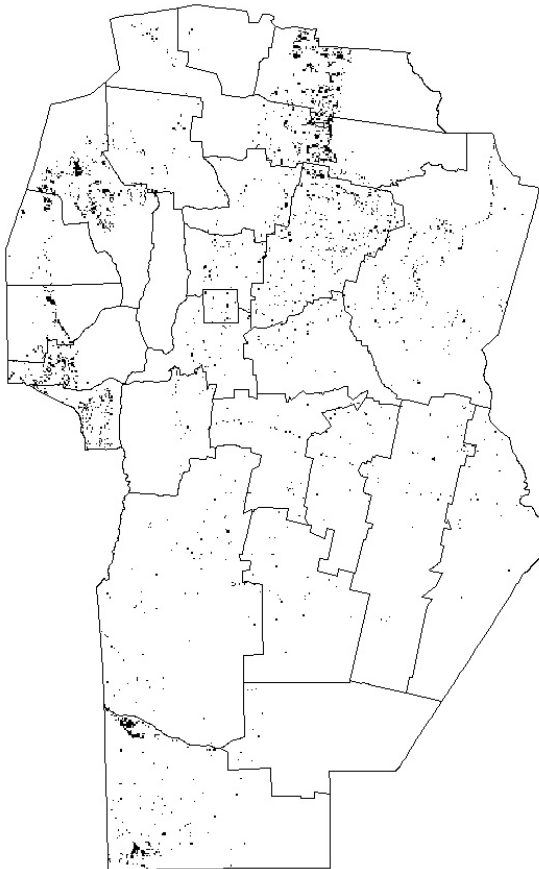


Figura 7: Distribución de los Bosques de llanura de la provincia de Córdoba.

Bosques chaqueños (quebrachales)

Los bosques chaqueños del norte, noroeste y oeste de Córdoba pertenecen al Distrito Chaqueño Occidental (Cabrera 1976). El sector más occidental de este territorio, en contacto con los Llanos de La Rioja, ha sido incluido por Ragonese y Castiglioni (1970) en el Distrito de los Llanos y por Morello *et al.* (1985) en el Chaco Árido.

Este tipo de cobertura se presenta sobre pampas loésicas (norte de Córdoba), planicies fluvio-eólicas (noroeste) y eólicas (oeste), variando sus materiales predominantes desde un loess franco-limoso (norte), a texturas franco-limosas (noroeste) y franco-arenosas a finas (oeste). También puede presentarse sobre depósitos eólicos perisalares, de relieve normal a levemente cóncavo. Los suelos son predominantemente Molisoles en el norte, mientras que en el noroeste están ampliamente distribuidos los Aridisoles y en el oeste se agregan a estos últimos los Entisoles (Jarsún *et al.* 2003). En los piedemontes aluviales (bajadas) oriental y occidental de las sierras, estos bosques forman complejos ecotonos con comunidades del Distrito Chaqueño Serrano.

La fisonomía de los bosques varía según se trate de comunidades maduras o secundarias en distinta etapa sucesional y de acuerdo a las características físicas de los sitios en que se presentan. En general, se trata de bosques bajos, abiertos, con un dosel discontinuo a localmente continuo. El estrato arbóreo puede alcanzar hasta 15 m de altura, aunque en la actualidad son escasos los sitios con tales características, predominando los bosques secundarios con árboles de entre 6 y 8 m de altura. El estrato arbustivo puede alcanzar hasta 4 m, siendo el que generalmente alcanza mayor cobertura, mientras que el herbáceo es también discontinuo y su cobertura se relaciona estrechamente al uso y estado de conservación del bosque; son frecuentes los sitios con cobertura herbácea menor al 10 % como consecuencia de la sobrecarga de ganado.

Pese a la similitud fisonómica de los distintos bosques chaqueños, es posible observar comunidades diferenciadas florísticamente. Las principales son el bosque de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Schinopsis lorentzii* (en el norte de la provincia), el bosque mixto de *A. quebracho-blanco* y *Prosopis flexuosa* (en el noroeste y oeste) y, especialmente, el bosque de *A. quebracho-blanco*, ampliamente distribuido en toda el área ocupada por este tipo de cobertura. Además de estas comunidades, se presentan parches menores en los que *Ziziphus mistol*, *Acacia praecox*, *Cercidium praecox*, *Prosopis torquata*, *Celtis erhenbergiana* y *Trithrinax campestris*, entre otras, pueden dominar localmente.

En los bosques chaqueños de Córdoba la especie arbórea más conspicua es *Aspidosperma quebracho-blanco*. Sin embargo, pueden observarse discontinuidades florísticas entre sus acompañantes y, circunstancialmente, codominantes. Así, en los bosques del norte provincial *Celtis erhenbergiana* es el arbusto más importante, mientras que *Acacia praecox* es frecuente y abundante. Por su parte, *Schinopsis lorentzii* es más frecuente en territorios cercanos al límite con Santiago del Estero. En las comunidades del noroeste y oeste, *Prosopis flexuosa* es un elemento florístico frecuente, como así también algunos árboles bajos y arbustos tales como *Cercidium praecox*, *Mimozgyanthus carinatus*, *Acacia gilliesii* y *Larrea divaricata*. Los pastos poseen generalmente el metabolismo fotosintético C4, en respuesta a las condiciones climáticas imperantes en el territorio. En áreas de contacto con las depresiones de las Salinas Grandes, de Ambargasta y de Mar Chiquita, aparecen en los bosques de *Aspidosperma quebracho-blanco* el cardón (*Stetsonia coryne*) y algunos arbustos subhalófilos tales como *Maytenus vitis-idaea*, *Cyclolepis genistoides*, *Atriplex argentina* y *Suaeda divaricata*. En el contacto con los bosques chaqueños serranos se presentan bosques mixtos de *A. quebracho-blanco* y *Schinopsis marginata*.

En lo que respecta a su estado de conservación, un alto porcentaje del total ha sido modificado durante las primeras décadas del siglo XX para aprovechamiento de su madera. Más recientemente, la expansión de la frontera agropecuaria, especialmente para el cultivo de soja (en el sector norte de la provincia) y la ganadería (en toda la extensión de la unidad), han causado una retracción dramática del bosque chaqueño. El sector oeste es el que actualmente muestra mayor cobertura de vegetación leñosa, pero con claro predominio de bosques bajos y matorrales.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido, A. Acosta y M.L. Carranza. 8 de febrero de 1989. Reserva Forestal de Chancaní, 31° 22' 06'' S – 65° 28' 21'' O, 354 m s.n.m. Bosque de *Aspidosperma quebracho-blanco* en la planicie eólica del oeste de Córdoba. Cobertura arbórea: 40%, arbustiva: 60%, herbácea: 60%. Suelo descubierto: 30%. Composición florística sintética: Árboles: *Aspidosperma quebracho-blanco* 3, *Ziziphus mistol* +; Arbustos: *Larrea divaricata* 2, *Mimozgyanthus carinatus* 2, *Acacia gilliesii* 1, *Cercidium praecox* +, *Condalia microphylla* +, *Celtis erhenbergiana* +, *Capparis atamisquea* +, *Prosopis torquata* +, *Geoffroea decorticans* +, *Lycium elongatum* +, *Maytenus spinosa* + y otras; Hierbas y pastos: *Justicia squarrosa* 1, *Pappophorum mucronulatum* 1, *Trichloris crinita* 1, *Pseudabutilon stuckertii* +, *Neobouteloua lophostachya* +, *Setaria pampeana* +, *Sporobolus pyramidatus* +, *Ephedra triandra* + y otras; también presencia de algunas Cactáceas, epífitas y enredaderas.

- M. Cabido y M. Zak. 05 de diciembre de 1996. A 4,5 km al este de la Ruta Nacional N° 9, 30° 17' 49'' S – 63° 51' 55'' O, 417 m s.n.m. Bosque abierto de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Acacia praecox* sobre la planicie loésica alta casi en contacto con el piedemonte oriental de las Sierras del Norte. Cobertura arbórea 25%, arbustiva 60%, herbácea 70%. Composición florística sintética: Árboles: *Aspidosperma quebracho-blanco* 2,

Acacia praecox 3, *Ziziphus mistol* 1, *Schinus fasciculatus* 1, *Trithrinax campestris* 1, *Prosopis nigra* +, *Geoffroea decorticans* +; Arbustos: *Celtis ehrenbergiana* 2, *Croton sarcoptetalus* 1, *Capparis atamisquea* 1, *Maytenus spinosa* 1, *Condalia microphylla* +, *Buddleja stachyoides* +, *Aloisia gratissima* +, *Nicotiana glauca* +, *Ephedra triandra* +, *Jodina rhombifolia* +, *Lycium elongatum* +, *Porlieria microphylla* +, *Lycium ciliatum* +, *Croton subpanosus* +; Hierbas y pastos: *Nassella trichotoma* 2, *Cyperus incomtus* 1, *Nassella filiculmis* 1, *Solanum argentinum* 1, *Trichloris pluriflora* 1, *Argythamnia argentinensis* +, *Evolvulus sericeus* +, *Chromolaena hookeriana* +, *Pseudobutylon stuckertii* +, *Salpichroa organifolia* + y otras; Cactáceas: *Stetsonia coryne* +, *Cleistocactus baumanii* +, *Harrisia pomanensis* +, *Cereus forbesii* +. Presencia de varias enredaderas y epífitas.

• M. Cabido y M. Zak. 19 de diciembre de 1997. Sobre Ruta Provincial N° 32, entre Sebastián Elcano y Gütemberg, 29° 46' 55'' S – 63° 33' 05'' O, 255 m s.n.m. Bosque de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Schinopsis lorentzii*. Cobertura arbórea: 40%, arbustiva: 80%, herbácea: 20%. Composición florística sintética: Árboles: *Aspidosperma quebracho-blanco* 2, *Schinopsis lorentzii* 2, *Ruprechtia apetala* 2, *Acacia praecox* 1, *Ziziphus mistol* +; Arbustos: *Schinus fasciculatus* 1, *Geoffroea decorticans* 1, *Maytenus spinosa* 1, *Lippia turbinata* +, *Jodina rhombifolia* +, *Capparis atamisquea* +, *Senna aphylla* +, *Lycium ciliatum* +, *Condalia microphylla* +, *Celtis ehrenbergiana* +, *Acacia aroma* +; Hierbas y pastos: *Justicia squarrosa* 2, *Turnera sidoides* +, *Trichloris crinita* +, *Heliotropium veronicifolium* +, *Tragia volubilis* +, *Evolvulus sericeus* +, *Sida rhombifolia* +, *Jarava pseudoichu* + y otras; Cactáceas: *Stetsonia coryne* + y otras.

Bosques del Espinal

Los escasos relictos de este tipo de bosque se presentan a lo largo de una faja que atraviesa el territorio provincial en sentido

noreste-suroeste. Estas comunidades remanentes corresponden a dos tipos de bosques principales: los Algarrobales del centro y este de Córdoba y los Caldenales del suroeste provincial, en concordancia con los Distritos florísticos definidos para Córdoba por Lewis y Collantes (1973).

Algarrobales

Esta subunidad se presenta en las pampas loésica alta, loésica plana y en la arenosa alta (Cabido *et al.* 2003), con algunas manifestaciones en los Altos de Morteros. Se trata de planicies con pendientes reducidas, generalmente hacia el este. El loess es el principal material originario de los suelos, en muchos casos con porcentaje elevado de limos y rico en carbonato de calcio. En todos los casos los suelos son altamente productivos, profundos y bien drenados. Desde el punto de vista fitogeográfico este tipo de bosque constituye un gran ecotono entre los bosques chaqueños del norte y los pastizales y comunidades inundables, de carácter pampeano.

Los escasos relictos que se observan actualmente en el territorio corresponden a bosques xerófilos bajos (de 6 a 8 m de altura), con una cobertura arbórea del 50 al 80 % y un estrato arbustivo bajo con cobertura variable entre el 40 y 80 %. Al igual que en el caso del Bosque chaqueño, la cobertura del estrato herbáceo está relacionada al uso reciente, principalmente a la carga ganadera. En los stands perturbados la cobertura arbórea se reduce a menos del 20 %, aunque la arbustiva se mantiene cercana al 50 %, lo que dificulta diferenciarlos espectralmente de los bosques mejor conservados.

Los árboles dominantes en los bosques maduros son *Prosopis nigra*, *Prosopis alba* y *Celtis ehrenbergiana*, siendo sus principales arbustos *Schinus fasciculatus*, *Porlieria microphylla* y *Solanum argentinum*. En los sitios perturbados se agregan a estas especies *Acacia caven*, *Lycium cestroides*, *Lippia turbinata* y *Aloisia gratissima*, entre otras. En los stands

ubicados hacia el norte del área de distribución de la unidad, se presenta *Aspidosperma quebracho-blanco*, característico de los bosques chaqueños, poniendo de manifiesto el carácter ecotonal del Espinal.

El territorio originalmente ocupado por el algarrobal ha sido profundamente modificado por las actividades agropecuarias. Desde principios del siglo pasado estas tierras han sufrido una casi total sustitución de la vegetación natural por cultivos (primero trigo, luego maíz y más recientemente soja y maní). Este proceso fue acompañado de un intenso parcelamiento, con elevada representación de minifundistas. Más recientemente ha experimentado una mayor agriculturización, que incluye un desplazamiento de las actividades ganaderas y la intensificación de la agricultura.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido, M. Giorgis y S. Zeballos. 14 de abril de 2011. Ruta Provincia N° 2, entre Chilbroste y Noetinger, 32° 20' 57" S – 62° 25' 47" O, 110 m s.n.m. Bosque bajo cerrado de *Prosopis nigra*, *Celtis ehrenbergiana* y *Geoffroea decorticans*. Cobertura arbórea: 60 %, arbustiva: 20 %, herbácea 95 %. Composición florística sintética: Árboles: *Prosopis nigra* 2, *Celtis ehrenbergiana* 2, *Geoffroea decorticans* 3, *Trithrinax campestris* 1, *Morus alba* +; Arbustos: *Gyptis artemisifolia* 3, *Lycium boerhaviaefolium* 1, *Capsicum chacoense* 1, *Schinus longifolius* +, y otros; Hierbas y pastos: *Chloris halophila* 2, *Nassella hyalina* 2, *Cynodon affinis* 2, *Sida rhombifolia* 2, *Setaria parviflora* 2, *Panicum bergii* 1, *Paspalum dilatatum* 1, y otras.

- M. Cabido, M. Giorgis y S. Zeballos. 11 de diciembre de 2014. Sobre Ruta Nacional N° 19, al oeste de La Francia, 31° 23' 26" S – 62° 44' 55" O, 120 m s.n.m. Bosque bajo cerrado de *Prosopis alba* y *Celtis ehremerbergiana* sobre suelos bien drenados. Cobertura arbórea: 65 %, arbustiva: 80 %, herbácea: 60 %. Composición florística sintética: Árboles: *Prosopis alba* 4, *Celtis ehrenbergiana* 2, *Geoffroea decorticans* 1, *Sapium haematos-*

permum +; Arbustos: *Solanum argentinum* 4, *Acacia caven* 2, *Schinus longifolius* 1, *Lycium boerhaviaefolium* +, *Rivina humilis* 1 y otros; Hierbas y pastos: *Dicliptera tweediana* 2, *Sida rhombifolia* 1, *Setaria lachnea* 1, *Talinum paniculatum* +, *Lolium perenne* +, *Salpichroa organifolia* + y otras; Enredaderas: *Passiflora coerulea* 2, *Ipomoea cairica* 2, *Sysios malvifolius* 1, *Anredera cordifolia* +, *Janusia guaranitica* +, *Amphilophium carolinae* +.

Caldenales

Los bosques de caldén (*Prosopis caldenia*) de la provincia de Córdoba se presentan en la región conocida como Pampa Medana, en el extremo suroeste del territorio. El relieve es ondulado a suavemente ondulado, originado por una sobre imposición de formas medanosas de diferentes edades. Las más antiguas son dunas longitudinales disipadas, cuyos materiales han sido removilizados en tiempos recientes, dando lugar a la formación de dunas parabólicas de gran magnitud (Cabido *et al.* 2003). La mayor parte de estas formas se encuentra parcialmente estabilizada bajo las condiciones climáticas actuales, estando las cubetas centrales generalmente ocupadas por lagunas. Los suelos están desarrollados sobre materiales ricos en arenas, mostrando un grado bajo de evolución, con escasa diferenciación de horizontes. Se trata de suelos poco profundos, excesivamente drenados y pobremente estructurados, con bajo contenido de materia orgánica. La fisonomía predominante del caldenal es la de un bosque xerófilo bajo (5 a 7 m de altura), semi-cerrado a cerrado (35 a 70 % de cobertura arbórea), con un estrato arbustivo de cobertura variable y otro herbáceo generalmente denso. Sin embargo, es también frecuente observar caldenales abiertos con aspecto de sabana, con estratos leñosos ralos y máxima cobertura herbácea. La especie excluyente entre los árboles es *Prosopis caldenia*, pero localmente *Geoffroea decorticans* y *Schinus fasciculatus* pueden presentarse con mayor cobertura. En el estrato herbáceo, *Jarava pseudoichu* es

la especie más importante, acompañada por *Nassella tenuissima*. La cobertura y riqueza de epífitas, enredaderas y cactáceas es considerablemente menor que en los bosques chaqueños.

Al igual que en el caso de los *Algarrobales*, los bosques de caldén han sido eliminados como consecuencia de la temprana expansión de la agricultura y la ganadería en el suroeste de Córdoba, sumado al valor económico de su madera, persistiendo tan sólo unas 44.000 ha de este tipo de bosque en todo el territorio provincial.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido y J.J. Cantero. 24 de mayo de 2002. Estancia Ralicó, Departamento General Roca, al este de Villa Huidobro, 34° 50' 48" S – 64° 54' 34" O, 257 m s.n.m. Bosque bajo cerrado de *Prosopis caldenia* sobre suelo arenoso-franco en la planicie medanosa. Cobertura arbórea: 70 %, arbustiva: 60 %, herbácea: 95 %. Composición florística sintética: Árboles: *Prosopis caldenia* 4, *Geoffroea decorticans* 2, *Celtis ehrenbergiana* 2, *Jodina rhombifolia* +; Arbustos: *Schinus fasciculatus* 2, *Lycium chilense* 1, *Austrobrickellia patens* + y otros; Hierbas y pastos: *Jarava ichu* 4, *Bromus catharticus* 2, *Conyza bonariensis* 1, y otros.

- J.J. Cantero y M. Cabido. 24 de mayo de 2002. Estancia Ralicó, Departamento General Roca, 34° 53' 26" S – 64° 55' 05" O, 260 m s.n.m. Bosque bajo cerrado de *Prosopis caldenia* ubicado en la media loma del paisaje de la pampa medanosa. Cobertura arbórea: 70 %, arbustiva: 25 %, herbácea: 98 %. Composición florística sintética: Árboles: *Prosopis caldenia* 4, *Geoffroea decorticans* 1, *Celtis ehrenbergiana* 1, *Maytenus spinosa* +, *Jodina rhombifolia* +; Arbustos: *Schinus fasciculatus* +, *Lycium chilense* +, *Condalia microphylla* +, y otros; Hierbas y pastos: *Jarava ichu* 4, *Bromus catharticus* 1, *Amelichloa brachychaeta* 1, *Conyza bonariensis* + y otros.

Chañarales

Esta clase se presenta principalmente sobre sustratos arenosos del sur provincial, generalmente en lomas medanosas, en espacios probablemente ocupados en el pasado por caldenales (anteriormente descriptos). También aparece en otros territorios de la provincia, generalmente modificados por la actividad agrícola; en estos, la reproducción asexual de la especie dominante, mediante la propagación por raíces gemíferas, le permite colonizar espacios en los cuales se ha abandonado la agricultura.

Estos bosques presentan la característica forma subcircular de rodal, con los fustes de mayor altura en el centro, disminuyendo progresivamente de tamaño hacia la periferia. La fisonomía es la de un bosque bajo a un matorral, casi monoespecífico en lo que respecta a las especies leñosas. Domina *Geoffroea decorticans* (chañar), la cual se encuentra ampliamente distribuida en ambientes muy variados de toda la provincia. El estrato superior alcanza entre 3 y 6 m de altura y valores de cobertura generalmente superiores al 90 %. Sin embargo, esto no impide que la cobertura herbácea también sea elevada, con gramíneas tales como *Bromus catharticus*, *Cynodon dactylon* y *Setaria macrostachya*. Por otra parte, también son frecuentes en la comunidad malezas que prosperan en los campos cultivados que rodean al chañaral, siendo las más frecuentes *Carduus nutans*, *Sorghum halepense*, *Bidens subalternans*, *Urtica dioica*, *Conyza bonariensis*, *Centaurea calcitrapa*, entre otras.

El chañaral constituye una unidad difícil de discriminar a partir de la información satelital, pudiendo confundirse con los bosques chaqueños y del Espinal, según el territorio fitogeográfico en que se presenten. Otra comunidad también dominada por *Geoffroea decorticans* aparece en sectores más o menos deprimidos, que pueden sufrir anegamientos temporarios, del sector sur y oriental de la provincia, muchas veces rodeados por pajonales de *Spartina*. Allí el chañar suele formar

rodales puros o estar acompañado por una combinación de especies méxicas y otras tolerantes a la salinidad que puede exhibir el perfil. Entre las localidades de registro se incluye un ejemplo de estas manifestaciones.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido y M. Giorgis. 16 de febrero de 2010. Sobre Ruta Provincial N° 50, al noroeste de Assunta y Viamonte, 33° 35' 31" S – 63° 16' 31" O. Rodal de *Geoffroea decorticans* sobre cresta de loma arenosa, con suelo excesivamente drenado. Cobertura arbórea: 90 %, arbustiva: nula, herbácea: 80 %. Composición florística sintética: Árboles: *Geoffroea decorticans* 5; Hierbas y pastos: *Chenopodium album* 5, *Sida rhombifolia* 2, *Iresine diffusa* 1, *Bidens subalternans* 1, *Talinum paniculatum* 1, *Malvastrum coromandelianum* 1, *Cynodon dactylon* 1, *Commelina erecta* +, *Digitaria sanguinalis* + y otras.

- M. Cabido, M. Giorgis y S. Zeballos. 14 de abril de 2011. Aproximadamente 13 km al sur de El Fortín sobre camino vecinal, 32° 05' 00" S - 62° 20' 26" O. Rodal cerrado de *Geoffroea decorticans* en potrero pastoreado. Cobertura arbórea: 95 %, arbustiva: 10 %, herbácea: 70 %. En el potrero alternan parches como el descrito con sectores casi desprovistos de árboles. Composición florística sintética: Árboles: *Geoffroea decorticans* 5, *Celtis ehrenbergiana* 2, *Trithrinax campestris* 2, *Prosopis nigra* 1 y otras; Arbustos: *Schinus longifolius* 1, *Cestrum parquii* +, *Rivina humilis* + y otras; Hierbas y pastos: *Dicliptera tweediana* 2, *Cyclopogon elatus* 2, *Setaria parviflora* 5, *Nassella hyalina* 1, *Cyperus aggregatus* 1 y otras; Enredaderas: *Morrenia odorata* +, *Clematis montevidensis* +, *Amphilophium carolinae* +.

Bosques abiertos

Esta clase se compone principalmente de comunidades de reemplazo de los bosques de llanura, especialmente en el sector chaqueño de la Provincia de Córdoba (Figura 8). Por lo tanto, las características ambientales de los

sitios en que se presenta son similares a las de los bosques chaqueños y del Espinal.

Fisonómicamente, se trata de bosques bajos a matorrales altos con emergentes que alcanzan una cobertura de entre el 10 y 20 %, y con un estrato arbustivo generalmente denso, que cubre entre el 50 y 70 % del suelo. La diferencia más visible con los matorrales de cicatrización (se describen a continuación) radica en la presencia permanente del estrato de emergentes y en la altura de sus árboles, siempre superior a la de los matorrales. En cuanto a estos, especialmente en el oeste provincial, *Aspidosperma quebracho-blanco* ha sido reemplazado por *Prosopis flexuosa* entre los árboles que sobresalen del estrato arbustivo.

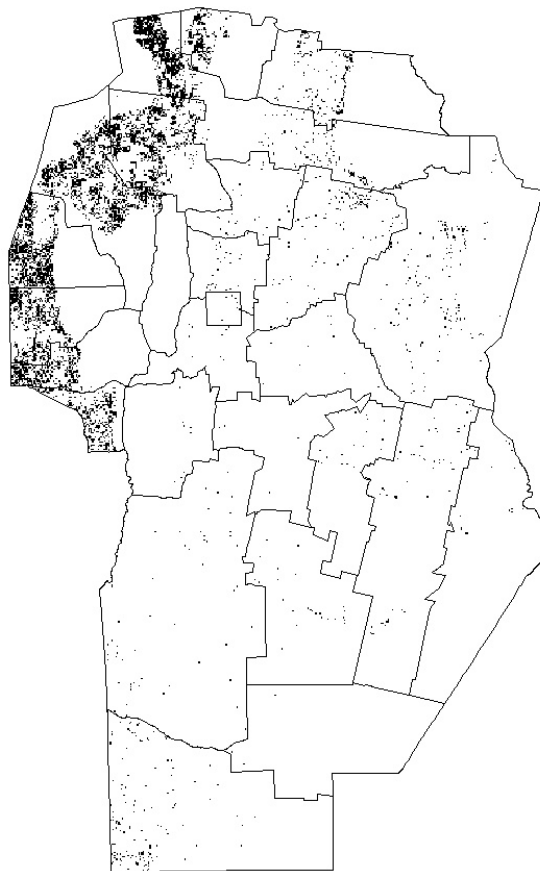


Figura 8: Distribución de los Bosques abiertos de llanura de la provincia de Córdoba.

Matorrales

Esta clase se compone de comunidades de cicatrización y sustitución de los bosques de llanura, especialmente de los bosques chaqueños del norte, noroeste y oeste de Córdoba (Figura 9). Por lo tanto, desde el punto de vista geomorfológico, climático y edáfico, ocupa sitios con condiciones similares a aquellos, excepto por las modificaciones debidas a la alteración de la cubierta vegetal. En el mapa de coberturas (Figura 6) se discriminan tres clases de matorrales en base a la presencia (o ausencia) de emergentes y a la cobertura del estrato arbustivo dominante.

La fisonomía predominante es la de un matorral con un estrato arbustivo de ralo a medianamente cerrado (con un 20 a 60 % de cobertura) en el oeste de Córdoba, a cerrado

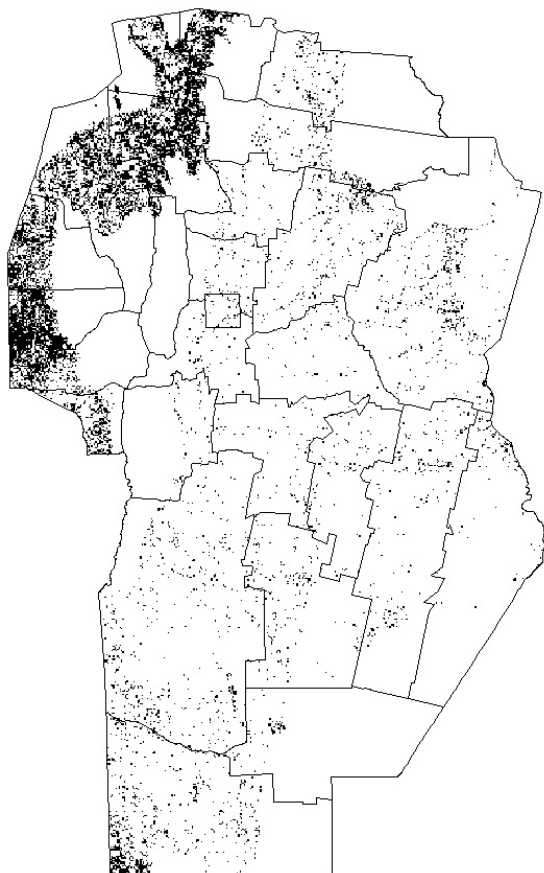


Figura 9: Distribución de los Matorrales de Llanura de la provincia de Córdoba.

(más del 60 % de cobertura) en el noroeste y norte provincial. En estos dos últimos sectores puede observarse la presencia de árboles emergentes del dosel arbustivo. Por su parte, la cobertura del estrato herbáceo es muy variable, de acuerdo con el grado de disturbio actual o del pasado reciente.

En el oeste provincial la especie dominante es la jarilla (*Larrea divaricata*), acompañada por *Prosopis flexuosa*, *Mimozyanthus carinatus*, *Acacia gilliesii*, *Cercidium praecox* y *Acacia aroma*, entre otros arbustos. En el sector noroeste y norte se presentan estas mismas especies, aunque alterna también en la dominancia *Celtis ehrenbergiana*, mientras que ocasionalmente *Larrea cuneifolia*, *Trithrinax campestris* y *Prosopis kuntzei* son importantes en algunos stands del norte. En el estrato herbáceo predominan pastos C4 tales como *Neobouteloua lophostachya*, *Pappophorum caespitosum*, *Trichloris crinita* y *Sporobolus pyramidatus*.

La posición sucesional de estos matorrales es claramente la de reemplazo del bosque después de su explotación o eliminación para agricultura y ganadería, o bien por incendios. Esta clase incluye a los peladares, una de las últimas etapas en la degradación del bosque chaqueño en el bolsón del oeste y en la llanura chaqueña del norte de Córdoba (los peladares ocupan generalmente parches de dimensiones reducidas en ambientes peridomésticos, en sitios cultivados y abandonados o sobrepastoreados). Fisonómicamente esta clase es un matorral abierto, con escasa cobertura del estrato herbáceo y alto porcentaje de suelo descubierto, casi siempre superior al 40 %. Esporádicamente presenta algunos emergentes arbóreos de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Prosopis flexuosa*, los que en general fueron conservados para sombra del ganado. La especie dominante es *Larrea divaricata*, a la que acompañan otros arbustos tales como *Cercidium australe*, *Acacia gilliesii*, *Mimozyanthus carinatus* y *Prosopis flexuosa*. En el estrato herbáceo predomina *Neobouteloua lophostachya*. Las cactáceas

Tephrocactus articulatus var. *articulatus* y *Opuntia sulphurea* (posibles indicadoras de degradación) son abundantes en algunos sitios de esta unidad.

Los matorrales de sustitución probablemente representen un nuevo estado del bosque chaqueño original. En ellos, no sólo la cubierta vegetal ha sido modificada, sino también el suelo. Es frecuente observar a los arbustos "en pedestal", como evidencia de la erosión producida en el horizonte superior del suelo y de la ruptura del equilibrio bio-geo-edáfico. Del mismo modo, en el sector del Espinal cordobés se observan matorrales sustituyendo a los bosques originales. En estos predominan especies que también caracterizan a los bosques, como *Prosopis nigra*, *Prosopis caldenia*, *Geoffroea decorticans*, *Acacia caven*, *Schinus fasciculatus* y *Jodinia rhombifolia*, aunque la cobertura de los árboles es generalmente inferior al 20 %.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido, A. Acosta y S. Díaz. 9 de febrero de 1989. Interior de la Reserva Forestal Chancaní, sobre la Picada Diagonal, aproximadamente a 1 km del Boyero 2, 31° 22' 35" S – 65° 28' 02" O, 77 m s.n.m. Matorral abierto de *Larrea divaricata* (jarillal). Cobertura arbustiva: 25 %, herbácea: 30 %, suelo descubierto: 60%. Composición florística sintética: Arbustos: *Larrea divaricata* 2, *Prosopis pugionata* +, *Cercidium australe* +, *Prosopis flexuosa* +, *Condalia microphylla* +, *Mimozgyanthus carinatus* +, *Maytenus spinosa* +, *Lycium tenuispinosum* +, y otros; Hierbas y pastos: *Neobouteloua lophostachya* 1, *Bouteloua aristidoides* +, *Sporobolus pyramidatus* +, *Trichloris crinita* +, *Selaginella sellowii* +, *Tripogon spicatus* +, *Talinum polygaloides* +, y otras; Cactáceas: *Opuntia sulphurea* +.

- M. Cabido, C. González y M.L. Carranza. 8 de mayo de 1992. Sobre camino rural a unos 500 m al oeste de la localidad de Piedrita Blanca, 30° 48' 26" S – 65° 26' 01" O, 77 m s.n.m. Matorral de *Larrea divaricata* (jarillal)

Cobertura arbórea: sólo emergentes muy aislados de *Prosopis flexuosa*; arbustiva: 70 %, herbácea: 30 %, suelo descubierto: 30%. Composición florística sintética: Arbustos: *Larrea divaricata* 4, *Mimozgyanthus carinatus* 2, *Prosopis torquata* +, *Geoffroea decorticans* 1, *Cereus forbesii* +, *Bulnesia retama* +, *Acacia gilliesii* +, *Celtis ehrenbergiana* +, y otros; Hierbas y pastos: *Selaginella sellowii* 4, *Tripogon spicatus* 2, *Capsicum chacoense* 1, *Wissadula densiflora* +, *Alternanthera pungens* +, *Malvastrum choromandelianum* +, y muchas otras; Cactáceas: *Tephrocactus articulatus* var. *articulatus* 2, *Opuntia sulphurea* +.

Matorrales halófilos y subhalófilos

Esta clase de cobertura se compone de un conjunto de comunidades que se presentan sobre suelos salinos en las depresiones de Mar Chiquita (noreste de Córdoba) y Salinas Grandes y de Ambargasta (noroeste de Córdoba) (Figura 10), correspondiendo a las comunidades descritas por Ragonese (1951) y Sayago (1969) para tales territorios. En territorios del sureste provincial pueden encontrarse matorrales con composición y fisonomía similares a los de esta clase, aunque en el mapa se los incluye en la unidad de Vegetación de los paisajes halo-hidromórficos, con los que se confunden sus firmas espectrales.

Las salinas constituyen el fondo de bolsones o cuencas sedimentarias bajo el clima semiárido-árido del noroeste argentino, presentando, de la periferia al centro, tres componentes principales: el abrupto de falla, la bajada y la playa. El primero corresponde a las paredes rocosas de las sierras que rodean la cuenca. La bajada está formada por materiales gruesos aportados por el abrupto, mientras las playas son los sitios de acumulación de sedimentos más finos (arenas y limos fluvio-eólicos). Como consecuencia del drenaje deficiente, en la playa suelen formarse depósitos de agua que, luego de la evaporación, dejan sales en superficie formando eflorescencias salinas y costras evaporíticas.

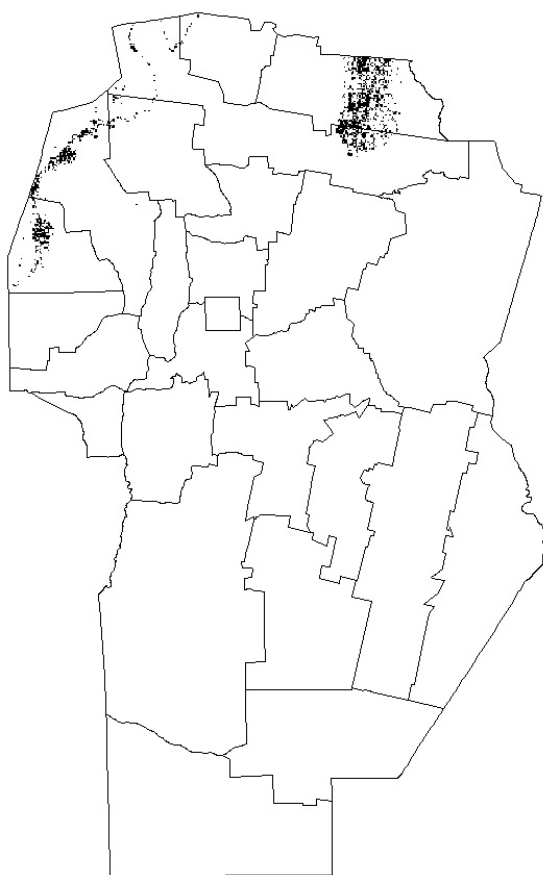


Figura 10: Distribución de los Matorrales halófilos y subhalófilos de la provincia de Córdoba.

El gradiente desde el abrupto hasta la playa está ocupado por una secuencia de comunidades vegetales. Los matorrales halófilos ocupan principalmente el borde externo de la playa y la zona de contacto con la posición distal de la bajada.

La depresión fluvio-lacustre de Mar Chiquita constituye una amplia concavidad ubicada en el extremo noreste de Córdoba, limitada por fallamientos de orientación norte-sur. La laguna del mismo nombre (o Mar de Ansenuza), de aguas salobres, ocupa el sector austral de la depresión y recibe los aportes de los ríos Petri por el norte y Suquía y Xanaes desde el sur. En el pasado, los sedimentos depositados por el río Petri cubrieron la depresión con materiales fluviales finos, sepultando parcialmente los antiguos depósitos de origen

lacustre. En consecuencia, los materiales originarios de los suelos son de origen mixto (fluvio-lacustres) y de texturas variables, desde arenosos en los paleocauces, hasta franco limosos y franco arcillo-limosos, con drenaje impedido y alto tenor de sales solubles y sodio intercambiable. En general, la depresión se encuentra por debajo de los 100 m s.n.m.

La vegetación se presenta de acuerdo a la heterogeneidad ambiental de la depresión y, en el caso de las salinas, al gradiente topográfico observado desde el fondo de la playa hasta el sector distal de la bajada. En las franjas de contacto de la playa con la bajada la comunidad característica puede definirse como un matorral subhalófilo con emergentes de árboles del bosque chaqueño circundante. Este matorral subhalófilo con emergentes (de entre 6 y 8 m de altura) tiene un estrato arbóreo ralo, con cobertura generalmente menor al 20 %, aunque excepcionalmente puede cubrir más del 30 % del suelo. El estrato arbustivo es el de mayor cobertura, mientras que el herbáceo varía entre el 10 y 70 %, según la historia reciente de pastoreo y fuego. Los árboles emergentes pertenecen, en la mayoría de los casos, a *Aspidosperma quebracho-blanco* y, excepcionalmente, a *Acacia praecox*, *Ziziphus mistol*, *Geoffroea decorticans* y *Prosopis flexuosa* (este último en el sector de las Salinas Grandes). En el estrato intermedio predominan arbustos y sufrutices subhalófilos tales como *Maytenus vitis-idaea*, *Geoffroea decorticans*, *Cyclolepis genistoides*, *Lippia salsa*, *Cortesia cuneifolia*, *Suaeda divaricata* y *Atriplex argentina*, junto a especies características del bosque chaqueño tales como *Mimozyanthus carinatus* y *Ximenia americana*, entre otras. En esta comunidad es frecuente *Stetsonia coryne* (cardón), característico de la zona ecotonal con el bosque o matorral chaqueño; en el estrato herbáceo *Sporobolus pyramidatus* y *Trichloris crinita* son los pastos más importantes.

Los matorrales halófilos propiamente dichos se presentan en la periferia de la depresión de Mar Chiquita y en los sitios con relieve

positivo de su interior (donde el efecto de las inundaciones es menor) y de las salinas. Estos sitios presentan sedimentos de origen eólico, generalmente homogéneos, franco arenosos finos, y su contenido salino es menor que el de los terrenos más bajos cubiertos por eflorescencias salinas. El estrato arbóreo está ausente, aunque se pueden presentar emergentes restringidos a elevaciones en el interior de la depresión. El estrato arbustivo alcanza coberturas de hasta el 90 %, siendo el herbáceo generalmente ralo o inexistente. Los arbustos predominantes son *Allenrolfea vaginata*, *A. patagonica*, *Atriplex argentina*, *Salicornia ambigua*, *Heterostachys ritteriana* y, en menor medida, *Suaeda divaricata*, *Cyclolepis genistoides*, *Maytenus vitis-idaea* y *Geoffroea decorticans*. Localmente puede alcanzar alta cobertura *Stetsonia coryne*, brindando a la unidad la fisonomía característica de un “cardonal”.

El estado de conservación de esta clase de cobertura se debe a las limitantes impuestas por las condiciones de sus suelos a la agricultura. Por lo tanto, su extensión ha registrado pocos cambios.

Esta clase comprende a las siguientes comunidades: Matorral de *Atriplex undulata* y *Cyclolepis genistoides*; Matorral de *Heterostachys ritteriana*; Matorral de *Sarcocornia neei*; Matorral de *Larrea cuneifolia* y *Mimozyanthus carinatus*; Cardonal de *Stetsonia coryne*; Matorral de *Geoffroea decorticans*; Jumeales de *Heterostachys ritteriana* y *Allenrolfea vaginata/A. patagonica*; Matorral de *Atriplex argentina*.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido, C. González y M.L. Carranza. 9 de junio de 1992. Sobre camino de tierra al noreste de la localidad de El Chacho, en el límite occidental de las Salinas Grandes, 30° 44' 35" S – 65° 33' 59" O, 211 m s.n.m. Matorral de halófitos y subhalófitos con emergentes de cardón. Cobertura arbórea: 5 %, arbustiva: 60 %, herbácea: 20 %. Composición florística sintética: Árboles emergentes:

Stetsonia coryne 1; Arbustos: *Allenrolfea patagonica* 3, *Atriplex argentina* 1, *Plectocarpa tetracantha* 1, *Grahamia bracteata* 1, *Prosopis reptans* +, *Geoffroea decorticans* +, *Lycium infaustum* +, *Cyclolepis genistoides* + y otros; Hierbas y pastos: *Lippia salsa* 1, *Trichloris crinita*, *Alternanthera nodifera* +, *Sporobolus rigens* +, *Pappophorum philippianum* +, *Bromelia urbaniana* + y otras; Cactáceas: *Opuntia sulphurea* +.

- M. Cabido y M. Zak. 21 de noviembre de 1997. Sobre el borde oeste de la Depresión de Mar Chiquita, al noreste de la localidad de Villa del Rosario del Saladillo, 30° 22' 05" S – 63° 23' 13" O, 77 m s.n.m. Matorral de subhalófitos y emergentes de quebracho blanco. Cobertura arbórea: 10 %, arbustiva: 70 %, herbácea: 35 %. Composición florística sintética: Árboles emergentes: *Aspidosperma quebracho-blanco* 1, *Prosopis nigra* +, *Acacia praecox* +; Arbustos: *Celtis ehrenbergiana* 2, *Grahamia bracteata* 1, *Geoffroea decorticans* 1, *Atriplex cordobensis* 1, *Allenrolfea patagonica* 1, *Schinus longifolius* 1, *Mimosa detinens* +, *Porlieria microphylla* +, y otros; Hierbas y pastos: *Trichloris crinita* 2, *Lippia salsa* 1, *Gouinia paraguayensis* 1, *Jarava ichu* 1, *Sporobolus pyramidatus* +, y otras; Cactáceas: *Opuntia salmiana* +, *Opuntia sulphurea* +, *Stetsonia coryne* +.

Pajonales

Esta clase se compone de pajonales (espartillares o espartales) distribuidos en sectores inundables, principalmente en la Depresión de Mar Chiquita, en el noreste de la provincia (Figura 11), aunque algunos de estos forman también parte del mosaico identificado como Vegetación de paisajes halo-hidromórficos.

Se presenta sobre suelos muy salinos como consecuencia de la freática fluctuante cercana a la superficie y la acumulación de sales por evaporación (Menghi 2006). La fisonomía de los espartillares maduros es la de un pajonal alto, de hasta 1 m, y cobertura de

entre el 75 y 100 %. El aspecto de la comunidad se modifica notablemente por efecto del fuego, el cual es utilizado como la principal herramienta para su manejo. La especie dominante es *Spartina argentinensis*, aunque también es importante la presencia de *S. densiflora*. La riqueza de especies de esta comunidad es baja. Tanto en su fisonomía como en su composición se asemeja a los espartillares de *Spartina densiflora* incluidos en la clase *Vegetación de sitios inundables*.

La principal comunidad descrita en esta clase es el Pajonal de *Spartina argentinensis* (espartillar).

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido y M. Zak. 18 de diciembre de 1997. Depresión de Mar Chiquita, sobre un

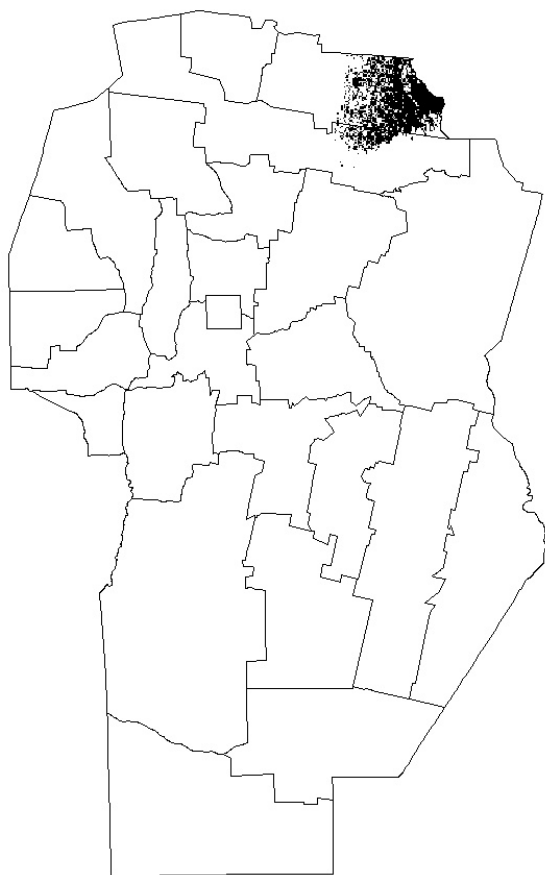


Figura 11: Distribución de los Pajonales de la provincia de Córdoba.

camino secundario, a unos 20 km al este de La Angelita, 30° 01' 00'' S – 62° 53' 47'' O, 76 m s.n.m. Pajonal de espartillo. Cobertura herbácea: 95 %. Composición florística sintética: Arbustos: *Sarcocornia ambigua* 1, *Prosopis reptans* +; Hierbas y pastos: *Spartina densiflora* 5, *Cressa truxillensis* 1, *Lippia salsa* +, *Adesmia muricata* +, *Ambrosia tenuifolia* + y otras.

Vegetación de paisajes halo-hidromórficos

Esta unidad comprende un mosaico de comunidades distribuido en paisajes halo-hidromórficos del cuadrante este y sureste de la provincia (Cantero *et al.* 1996) (Figura 12). El área corresponde a la Pampa Anegadiza (Cabido *et al.* 2003) o a la asociación geomorfológica Derrames de los ríos Cuarto y Quinto (Cantú y Degioanni 1984). Se trata de una extensa llanura caracterizada por rasgos de una actividad hidrológica antigua de considerable magnitud, puesta de manifiesto por la presencia de materiales y formas típicas tales como meandros y albardones. Eventos eólicos posteriores cubrieron en parte a estas formas, originando médanos longitudinales, áreas de acumulación-deflación y médanos recientes parcialmente activos. En este paisaje existen diferentes formas del relieve, desde catenas con longitud y pendiente variables, hasta sectores cóncavos, convexos, planos y sus diferentes combinaciones, las que pueden vincularse hidrológicamente (Cantero *et al.* 1996). La profundidad de la capa freática está relacionada con las características topográficas de la geoforma asociada y su comportamiento tiene una dinámica gobernada por las recargas. Algunas de estas comunidades se presentan también en la Depresión de Mar Chiquita y en la de San Antonio-Arroyo Tortugas, en el este provincial.

Los suelos de estos territorios presentan una génesis compleja, en donde se combinan procesos geomórficos fluviales y eólicos (Cantero *et al.* 1996). Existen evidencias de una génesis hidro-halomórfica por la presen-

cia de una intensa gleización, de horizontes fuertemente texturales, duripanes y fragipanes. Frecuentemente se encuentran suelos poligenéticos, cuyos materiales originarios tienen distinto origen y edad. Todos los suelos con conexión capilar son salino-sódicos.

Las comunidades predominantes en esta unidad, con coberturas generalmente superiores al 80 %, pertenecen a la Provincia Fitogeográfica Pampeana (Cabrera 1976), incluida por Luti *et al.* (1979) en la Vegetación de Bañados y Lagunas y por León *et al.* (1984) en la Pampa Interior, dentro de la Provincia Pampeana. A continuación se describen las principales comunidades vegetales que forman parte del mosaico característico de esta clase.

Inventarios típicos y localidades de registro:

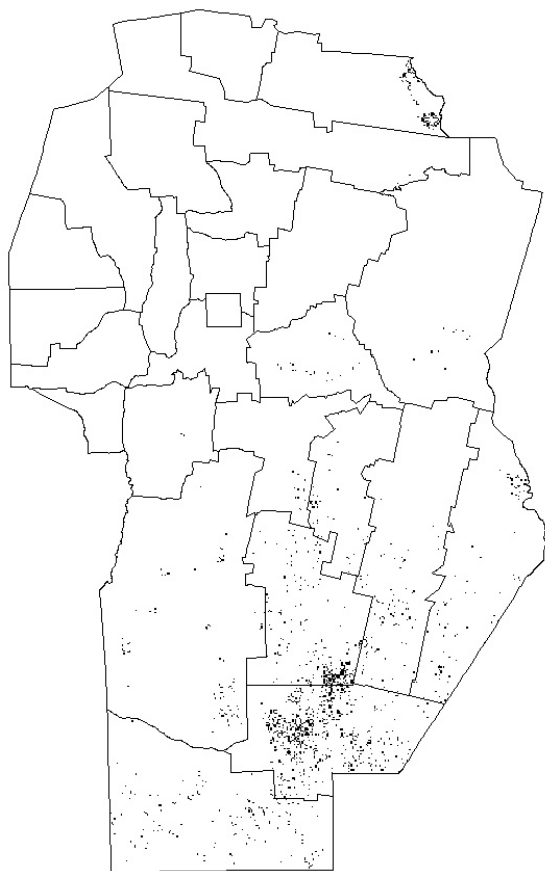


Figura 12: Distribución de la Vegetación de paisajes halo-hidromórficos de la provincia de Córdoba.

- Dado que se trata de un mosaico de comunidades, resulta dificultoso presentar un inventario típico que no sea otra cosa que la combinación de los resultados de varios censos realizados a través de estos paisajes. Por ello, presentamos aquí una descripción florística general, característica de los complejos que pueden encontrarse en La Chanchera (33° 49' 29'' S – 63° 26' 14'' O, 128 m s.n.m.), La Brava (33° 21' 23'' S – 63° 07' 49'' O, 119 m s.n.m.) y Tromel (34° 50' 10'' S – 64° 55' 13'' O, 248 m s.n.m.), entre otros tantos sitios.

En todos los casos estos complejos presentan una mezcla de paisajes planos, subnormales y cóncavos en los cuales las comunidades vegetales se distribuyen siguiendo los gradientes ambientales de drenaje y salinidad. De esta forma, los relieves planos y subnormales suelen estar ocupados por vegetación baja, compuesta de halófitos suculentos y especies del género *Distichlis*. Los paisajes cóncavos, con condiciones de drenaje deficiente e inundables, están cubiertos por extensos pajonales de *Spartina densiflora*, mientras que las planicies intermedias, con micro y mesorelieve notables, están ocupadas por complejos de vegetación herbácea densa, dominados por Poáceas y Quenopodiáceas.

*Espartillares de *Spartina densiflora**

Se presenta en relieves cóncavos, en sitios de acumulación de escurrimientos con salinidad variable. Así, tanto el escurrimiento como la permeabilidad son lentos, lo que da lugar a suelos pobremente drenados y muy inundables, originando anegamientos prolongados por efecto del ascenso de la capa freática. Fisonómicamente se trata de un pajonal alto, cerrado o abierto según si *Spartina densiflora* forma una cobertura continua o su distribución es más dispersa. Presenta dos estratos bien definidos, ambos herbáceos. Florísticamente es muy pobre, con dominancia de *Spartina densiflora*, acompañada de *Sarcocornia neei*, *Diplachne*

uninervia, *Cressa truxillensis*, *Distichlis spicata* y *Aster squamatus*, entre otras especies.

Juncales/totoraes

Esta comunidad se presenta en la base de complejos medianos o lomas aplanadas y en albardones muy antiguos donde el flujo subsuperficial, con una baja mineralización de sus aguas, imprime características hidromórficas al paisaje. En estos sitios se presentan pequeñas lagunas alimentadas por flujos superficiales de baja concentración salina, derivados de posiciones topográficas más altas. Fisonómicamente se trata de un pastizal alto, homogéneo, caracterizado por la presencia de una especie halófila, *Schoenoplectus californicus*, la que en ocasiones comparte su dominancia con *Baccharis juncea* y, especialmente, *Typha latifolia*, la cual puede incluso formar poblaciones puras.

Pastizales de "pasto laguna"

Esta comunidad se presenta en relieves plano-cóncavos, especialmente en cubetas receptoras de escurrimientos de baja salinidad, con períodos de inundación de entre 30 y 90 días por año.

Fisonómicamente se trata de un pastizal alto y cerrado, con estructura vertical y horizontal muy homogénea. Las formas de vida predominantes son geófitos rizomatosos, dominando *Echinochloa helodes* (pasto laguna), acompañada por *Paspalidium paludivagum* y *Paspalum vaginatum*.

Pastizales de "ojo de agua dulce"

Esta comunidad está asociada a áreas cóncavas de forma circular y tamaño variable, aunque generalmente extensas, desvinculadas de la capa freática regional -de alta carga salina- por discontinuidades litológicas (horizontes y capas cementadas). Posee una dinámica marcadamente estacional, con picos de productividad entre noviembre y febrero y reposo invernal, lo que modifica sustancialmente el aspecto de la comunidad. Fisonómicamente constituye un pastizal alto y denso, en

el cual dominan *Paspalum vaginatum*, *Cyperus corymbosus* y *Paspalidium paludivagum*.

Además de las comunidades descritas, en el mosaico que constituye esta clase de cobertura pueden presentarse otras, tales como los "cachiyuyales" de *Atriplex undulata* y *Cyclolepis genistoides*, los matorrales de *Heterostachys ritteriana* y los matorrales halófilos de *Sarcocornia neei* (Cantero *et al.* 1996).

Pastizales de *Distichlis scoparia* y de *D. spicata*

Esta comunidad ocupa posiciones de media loma, con pendientes de hasta 1,5 %. Se desarrolla a partir de material franco arenoso muy fino, sobre el cual ejerce su influencia la capa freática. Presenta una permeabilidad moderada, con un drenaje imperfecto pero sin riesgo de inundación. Se trata de un área de tránsito de los escurrimientos salinos provenientes del pastizal pampeano (*Nassella* y *Jarava* spp.), hacia áreas más bajas del mosaico (donde se presenta el pastizal de *Distichlis spicata*). La especie dominante en estos pastizales es el pasto rizomatoso *Distichlis scoparia*, el cual se presenta acompañado por otras especies abundantes tales como *Hordeum stenostachys*, *Spergula marina*, *Chloris halophila*, *Kochia scoparia*, *Cynodon dactylon* y *Sarcocornia perennis*, entre otras.

El pastizal de *Distichlis spicata* se presenta generalmente en relieves subnormales a cóncavos, en posiciones de ladera baja con pendientes que no superan el 0,2 %. En estos sitios tanto el escurrimiento como la permeabilidad son lentos, lo que resulta en suelos pobremente drenados, inundables y anegables por el efecto combinado del ascenso de la freática y del lento escurrimiento superficial. Acompañan a la especie dominante *Sarcocornia neei*, *Cressa truxillensis*, *Heliotropium curassavicum* y *Sporobolus indicus*, entre otras especies menos abundantes. Los suelos en los que se presenta esta comunidad pueden variar, tanto en salinidad como en profundidad, debido a las fluctuaciones de la capa freática; ello determina que en sectores

con menor mineralización de la freática aparezcan especies como *Chaetotropis elongata*, *Sporobolus pyramidatus*, *Paspalum vaginatum*, entre otras.

Matorrales de Chañar

En ocasiones, los niveles altitudinales más elevados de esta clase están coronados por matorrales/bosquecillos de chañar. Estos se presentan en microdomos arenosos de origen reciente, aunque pueden encontrarse también en posiciones topográficas más bajas, sobre antiguos albardones que rodean a sectores deprimidos. Estos sitios son más bien emisores de escurrimientos superficiales, por lo que no sufren anegamiento. Fisonómicamente se trata de un matorral cerrado a bosque bajo, con cobertura del estrato arbustivo de entre el 60 y 85 %. Este estrato está dominado por *Geoffroea decorticans*, *Lycium boerhaviaefolium* y *Schinus fasciculatus*, a quienes acompañan arbustos subhalófilos tales como *Lippia salsa*, *Prosopis strombulifera*, *Lycium infaustum*, *Cyclolepis genistoides*, *Maytenus vitis-idaea* y *Atriplex undulata*.

Pastizales pampeanos

En territorios del este y sureste de Córdoba, en los sectores geomorfológicos correspondientes a las Pampas loésicas plana y ondulada y en los terrenos más altos de la Pampa anegadiza, alternando con las comunidades de suelos halo-hidromórficos, se presentan algunos relictos muy reducidos de los pastizales pampeanos. La textura de los materiales (ricos en arenas finas) y el grado de desarrollo que alcanzan los suelos, resultante de un régimen de escaso déficit hídrico, son las características más destacadas de esta unidad. En general, se trata de tierras con pocas restricciones para un uso agroganadero de tipo tradicional. Los principales suelos zonales son Hapludoles típicos, con buen grado de desarrollo. Considerando sólo a los suelos zonales, es posible encontrar una secuencia taxonómica de este a oeste que reproduce el gradiente

de disminución de las precipitaciones en la misma dirección.

Sobre esta variedad de suelos se presentan comunidades florísticamente diferentes, siendo la más representativa el "flechillar". Fisonómicamente se trata de un pastizal cerrado, con una estructura biestratificada; la riqueza florística es alta. Predominan hemicriptófitas cespitosas y escaposas con rosetas y terófitos. La cobertura global en stands bien conservados es siempre cercana al 100 %. Las especies dominantes pertenecen al género *Nassella* y *Jarava* (*N. trichotoma*, *N. tenuissima* y *J. plumosa*). En el estrato bajo son codominantes *Eustachys retusa*, *Rhynchosia senna*, *Bromus brevis*, *Pfaffia gnaphaloides* y *Berroa gnaphaloides*. En el estrato medio a superior se presentan, con valores altos de cobertura, *Digitaria californica*, *Hordeum stenostachys* y *Panicum bergii*. En los flechillares con carga ganadera elevada se observa en la comunidad la presencia de malezas y cambios florísticos importantes. Este tipo de cobertura incluye también a otras comunidades de pastizales que responden a cambios locales en los suelos (principalmente por efecto de agua freática, drenaje e inundación), o a la dinámica propia generada por el efecto del uso actual o del pasado reciente. Una de tales comunidades es el pastizal de *Chloris canterai*, entre otras.

Como consecuencia de la temprana expansión de la agricultura en todo el este y sureste de Córdoba, la mayor parte de los pastizales pampeanos ha desaparecido del territorio provincial. Persisten únicamente en escasas y pequeñas reservas naturales y en sectores de la Pampa Anegadiza, donde la proximidad de suelos con drenaje deficiente dificulta la actividad agrícola. Los pastizales pampeanos se han incluido en esta cobertura pues su discriminación de cultivos y de otras comunidades reunidas en el sector halo-hidromórfico resulta muy dificultosa.

Tipos de Vegetación de las Sierras

Bosques serranos

Como se expresó anteriormente, las Sierras de Córdoba se componen de varios cordones meridianos que se extienden entre los 29° y 33° 30' de latitud Sur. Estos cordones corresponden a bloques de fallas separados por valles longitudinales. El basculamiento de los bloques mayores del basamento hacia el este produjo una morfología del sistema serrano con ladera oriental tendida y occidental escarpada.

El Bosque serrano está ampliamente distribuido en el sistema serrano de Córdoba entre los 400 y 1.500 m s.n.m. (Figura 13), formando parte del Distrito Chaqueño Serrano (Cabrera 1976) o Parque Chaqueño Serrano (Ragonese y Castiglioni 1970). Ocupa tanto las zonas de contacto entre la llanura y las laderas, como las laderas mismas, en diferentes exposiciones, sobre distintos tipos de rocas y condiciones micro y mesoambientales. Además de encontrarse bajo variadas condiciones ambientales a escala local, el bosque se distribuye a lo largo de todos los gradientes (latitudinal, longitudinal y altitudinal) que ocupan las sierras. Más allá de esto, el uso humano ha originado cambios estructurales y florísticos importantes en sus comunidades.

En general, los suelos serranos son poco profundos, arenosos a gravillosos y presentan un desarrollo incipiente (Entisoles); en fondos de valles y en las "pampas" de altura pueden presentarse Molisoles, mejor provistos de materia orgánica y nutrientes. En áreas de fuerte pendiente y en los sectores superiores de las sierras predominan los afloramientos rocosos. Esta marcada variabilidad ambiental determina una heterogeneidad acorde en la vegetación. Por lo tanto, en esta cobertura se observan tendencias de cambio florístico siguiendo tales gradientes ambientales y de uso. A pesar de ello, estos bosques y sus comunidades de reemplazo se presentan fisonómicamente homogéneos. Se trata de bosques xerófilos bajos, de abiertos a cerrados, con

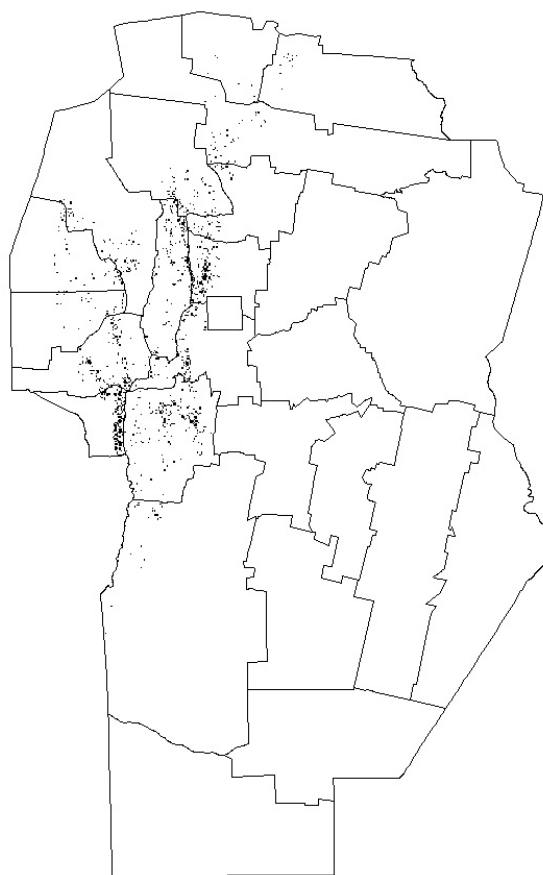


Figura 13: Distribución de los Bosques serranos de la provincia de Córdoba.

estratos inferiores fuertemente dependientes de la cobertura del dosel. Los pocos parches bien conservados que aún existen (sin el efecto de incendios durante al menos 50 a 70 años), muestran un dosel casi continuo, con escasa cobertura de arbustos y hierbas. Contrariamente, en los parches en que el estrato superior ha sido degradado, la cobertura de los estratos arbustivo y herbáceo aumenta, al igual que la riqueza florística.

En el ecotono llanura-sierras los árboles predominantes son *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Schinopsis lorentzii*, codominancia frecuente en contactos similares en todo el noroeste de Argentina. El estrato arbustivo del ecotono se compone tanto de elementos serranos (*Ruprechtia apetala*) como del Chaco de llanura (*Acacia gilliesii*, *Larrea divaricata*,

Celtis ehrenbergiana, entre otros). Por arriba de esta zona de transición se presenta el bosque de *Schinopsis lorentzii*, con composición similar al anterior, pero mayor predominio de especies serranas y la casi desaparición de *Aspidosperma quebracho-blanco*. Subiendo por el gradiente altitudinal aparece el bosque de *Lithraea molleoides*, en el cual los elementos del Chaco de llanura son poco frecuentes. Los bosques de *S. lorentzii* y de *L. molleoides* se presentan, además, en distintos lugares de las sierras, a lo largo de su extensión latitudinal y longitudinal, con los primeros a menor altitud y sobre exposiciones norte y oeste, encontrándose los últimos a mayor altitud y ocupando laderas más frescas (observación personal, este modelo no ha sido validado estadísticamente). En inventarios llevados a cabo en las Sierras del Norte y en las Sierras Chicas se observa una variabilidad florística dependiente de la ubicación geográfica considerada. Por ejemplo, en las Sierras del Norte, *Condalia buxifolia* y *Mircyanthes cisplatensis* son elementos importantes, pero a medida que aumentan la latitud y altitud, el número de especies arbóreas del bosque serrano disminuye. Esta clase de cobertura se completa con los bosquecillos de *Polylepis australis* (tabaquito) ubicados en quebradas protegidas del cordón central de las sierras por encima de 1.700 m s.n.m.

El bosque serrano se ha visto notablemente reducido por las actividades humanas, principalmente incendios, tala y el avance de las urbanizaciones; también la ganadería tiene efectos importantes sobre las posibilidades de regeneración del bosque después de tales perturbaciones. En las últimas décadas, las invasiones de especies exóticas como *Ligustrum lucidum*, *Gleditsia triacanthos*, *Pyracantha angustifolia*, *Pyracantha. atalantioides*, *Melia azederach*, *Rubus ulmifolius* y *Pinus elliotii*, se han constituido en un serio riesgo para la supervivencia del bosque chaqueño serrano en Córdoba.

Las principales comunidades incluidas en los bosques de las sierras son las siguientes:

Bosque de *Schinopsis lorentzii*, Bosque de *Lithraea molleoides*, Bosque de *Lithraea molleoides* y *Schinopsis lorentzii*, Bosque de *Mircyanthes cisplatensis*, Bosque de *Condalia montana* y *Mircyanthes cisplatensis*, Bosque de *Schinopsis lorentzii* y *Aspidosperma quebracho-blanco*, Bosque de *Polylepis australis* y *Maytenus boaria*, Bosque/parque/sabana de *Trithrinax campestris*, Bosque de *Lithraea molleoides* y *Zanthoxylum coco*.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Giorgis y M. Cabido. 22 de diciembre de 2005. Desviando hacia el este desde el camino del Embalse La Quebrada a Villa Colanchara, 31° 09' 00'' S – 64° 21' 27'' O, 885 m. s.n.m. Bosque cerrado de *Lithraea molleoides* en ladera baja. Cobertura arbórea: 90 %, arbustiva: 25 %, herbácea: 45 %. Composición florística sintética: Árboles: *Lithraea molleoides* 3, *Condalia montana* 2, *Ruprechtia apetala* 2, *Celtis ehrenbergiana* 2, *Bougainvillea stipitata* 2, *Xanthoxylum coco* 1, *Morus alba* + y otros; Arbustos: *Acacia caven* 1, *Porlieria microphylla* 1, *Croton sarcopetalus* +, *Aloysia gratissima* +, y muchos otros; Hierbas y pastos: más de 30 especies, incluidas enredaderas.

- M. Giorgis, D. Gurvich, S. Zeballos y M. Cabido. 9 de febrero de 2007. Sobre el camino de Ciénaga del Coro a Guasapampa, 31° 02' 46'' S – 65° 17' 19'' O, 960 m snm. Bosque cerrado de *Lithraea molleoides* con *Schinopsis marginata* en media ladera. Cobertura arbórea: 60 %, arbustiva: 60 %, herbácea: 50 %. Composición florística sintética: Árboles: *Lithraea molleoides* 3, *Schinopsis marginata* 2, *Xanthoxylum coco* 1, *Ligustrum lucidum* 1, *Ruprechtia apetala* 1, *Celtis ehrenbergiana* 1, y otros; Arbustos: *Croton sarcopetalus* 2, *Schinus fasciculatus*, 1, *Lepechinia floribunda* 1, *Acalypha communis* +, y muchos otros; Hierbas y pastos: más de 50 especies, incluidas enredaderas.

Bosques serranos abiertos

Esta clase de cobertura representa una etapa sucesional intermedia entre el bosque serrano maduro o medianamente bien conservado y los matorrales y pastizales producto de distintos tipos de disturbio. Se presenta en localidades con características ambientales similares a las ya descritas para los Bosques serranos (Figura 14).

Fisonómicamente se trata de un matorral con árboles emergentes, que alcanzan a cubrir entre el 15 y el 30 % del suelo. El elenco florístico es muy similar al del bosque, variando su composición también según los gradientes latitudinal, longitudinal, altitudinal y de uso ya mencionados.

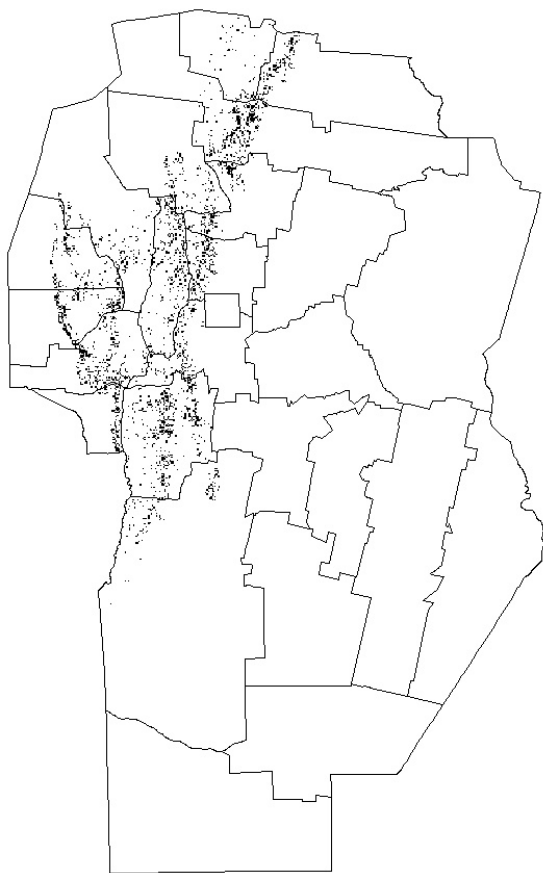


Figura 14: Distribución de los Bosques serranos abiertos de la provincia de Córdoba.

Matorrales

Esta clase ocupa distintas posiciones en los gradientes ambientales presentes en el sistema serrano cordobés (Figura 15). A la altitud en la que se presenta el bosque serrano, constituye su comunidad de reemplazo, en general como consecuencia del efecto de las actividades humanas sobre los ecosistemas forestales, principalmente tala y fuego; por ello, su expansión es el resultado de la retracción del bosque. Sin embargo, por encima de los 1.500 m s.n.m. puede considerarse como zona de vida o un piso de vegetación en sí mismo (esta apreciación resulta de la observación a campo, por lo que su confirmación requiere de un estudio detallado de las comunidades serranas y su dinámica).

De acuerdo con lo ya expresado para el Bosque serrano, la estructura y composición florística de los Matorrales varía según la posición que ocupan en el gradiente ambiental y de uso de las tierras. Fisonómicamente se trata de un matorral bajo de 1,5 a 3 m de altura, generalmente abierto a semicerrado (con un 20 a 70 % de cobertura), con un estrato herbáceo de cobertura muy variable. Además, en la mayoría de los casos la proporción de roca expuesta es alta. El estrato arbóreo está ausente o representado sólo por individuos aislados que, en tal caso, aportan evidencias sobre la vegetación original.

Las principales comunidades que componen la clase son los Espinillares de *Acacia caven*, los Romerillares de *Baccharis aliena*, los Chilcales de *Flourensia campestris* y los de *F. oolepis*. También son muy frecuentes las asociaciones mixtas, con componentes de estas 4 comunidades. Se trata de comunidades muy ricas en especies, constituyendo un verdadero reservorio de la flora serrana xerófila. Además de las comunidades mencionadas, pueden encontrarse las siguientes: Matorral de *Acacia caven* y *Baccharis aliena*, Matorral de *Acacia caven* y *Trithrinax campestris*, Matorral de *Polyepis australis*, Matorral de

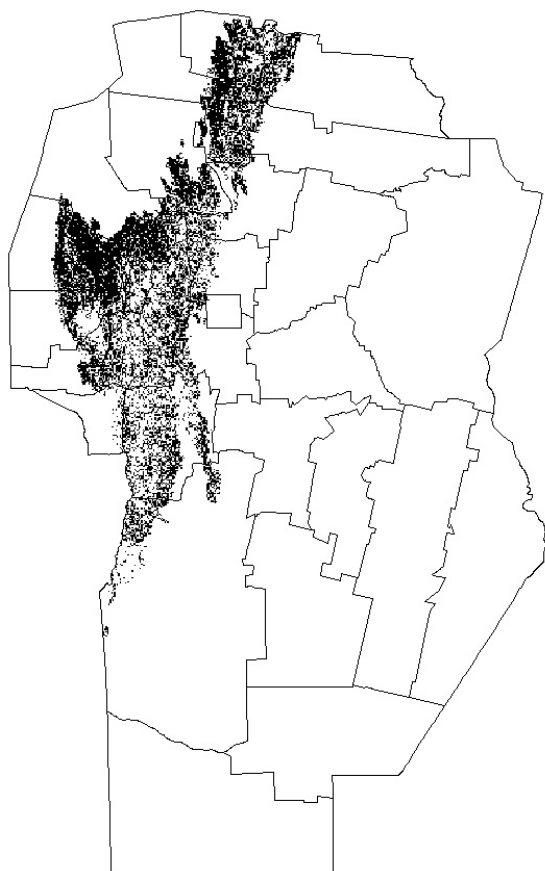


Figura 15: Distribución de los Matorrales serranos de la provincia de Córdoba.

Colletia spinosissima, Matorral de *Acanthostyles buniifolius* y *Baccharis aliena*, Matorral de *Baccharis articulata*, Matorral de *Acalypha communis*.

Por su parte, los Matorrales abiertos constituyen comunidades de transición entre los Matorrales y los Pastizales y Pajonales propiamente dichos. La condición transicional de esta unidad se refiere tanto a su composición florística como a su fisonomía. El aspecto general es el de un matorral muy abierto, con una matriz herbácea cuya cobertura se relaciona con la intensidad del uso, especialmente con la frecuencia e intensidad de los fuegos. Los sitios en que se encuentra suelen exhibir también afloramientos rocosos en proporción variable.

En territorios del norte y oeste provincial, principalmente sobre sustratos finos y posi-

ciones topográficas bajas en valles interse-
rranos, este tipo de cobertura incluye a los
Palmares de *Trithrinax campestris*. Esta co-
munidad tiene el aspecto de una sabana con
el estrato arbóreo-arbustivo abierto, formado
por *T. campestris*, con cobertura variable de
entre 10 y 40 %. En este estrato superior se
presentan también con frecuencia *Acacia*
caven (conformando palmares-espinillares),
Aloysia gratissima y *Condalia microphylla*,
junto a otros arbustos chaqueños y orófilos.
El estrato herbáceo tiene una cobertura de
entre el 60 y el 100 %, siendo sus especies
más importantes *Jarava ichu*, *Bouteloua curti-*
pendula, *Nassella tenuissima* y al menos dos
especies de *Botriochloa*.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Giorgis, P. Tecco y M. Cabido. 31 de marzo de 2006. Al oeste de la localidad de Las Rabonas, en la vertiente occidental de las Sierras Grandes, 31° 52' 55" S – 64° 57' 32" O, 1.148 m s.n.m. Matorral de *Baccharis aliena* (romerillal) con emergentes muy aislados de *Lithraea molleoides*. Cobertura arbustiva: 65 %, herbácea: 35 %, roca expuesta: 35 %. Composición florística sintética: Árboles: *Lithraea molleoides* (+); Arbustos: *Baccharis aliena* 4, *Acalypha communis* 2, *Acacia caven* 1, *Acanthostyles buniifolius* 1, *Baccharis rufescens* 1, *Croton sarcopetalus* +, y muchos otros; Hierbas y pastos: más de 60 especies, incluidas enredaderas.

- M. Giorgis, P. Tecco y M. Cabido. 28 de febrero de 2007. Sobre el camino de Dean Funes a San Pedro Norte, 30° 13' 02" S – 64° 09' 56" O, 939 m s.n.m. Matorral de *Baccharis aliena* (romerillal) y *Acacia caven* con emergentes muy aislados de *Trithrinax campestris*. Cobertura arbustiva: 35 %, herbácea: 70 %, suelo descubierto: 10 %, rocas: 1 %. Composición florística sintética: Arbustos: *Baccharis aliena* 3, *Acacia caven* 2, *Colletia spinosissima* 1, *Condalia buxifolia* 1, *Baccharis articulata* 1, *Baccharis flabellata* 1, y muchos otros; Hierbas y pastos: más de 80 especies, incluidas enredaderas.

Pastizales

Los pastizales serranos de Córdoba se presentan sobre diferentes sustratos litológicos a partir de los 1.000 m de altitud, aunque esporádicamente aparecen también en niveles inferiores (Figura 16). Aunque pertenecen al Distrito Chaqueño Serrano (Cabrera 1976), su identidad chaqueña por encima de los 1.700 m ha sido puesta en duda (Cabido *et al.* 1998).

Localmente, los pastizales ocupan hábitats muy diversos en exposición, posición topográfica, profundidad del suelo y régimen hidrológico, encontrándose en planicies (pampas), laderas escarpadas, laderas de pendientes moderadas, valles, fondos de valles, mallines, entre otros ambientes. Además de los factores y las diferencias de hábitat mencionadas,

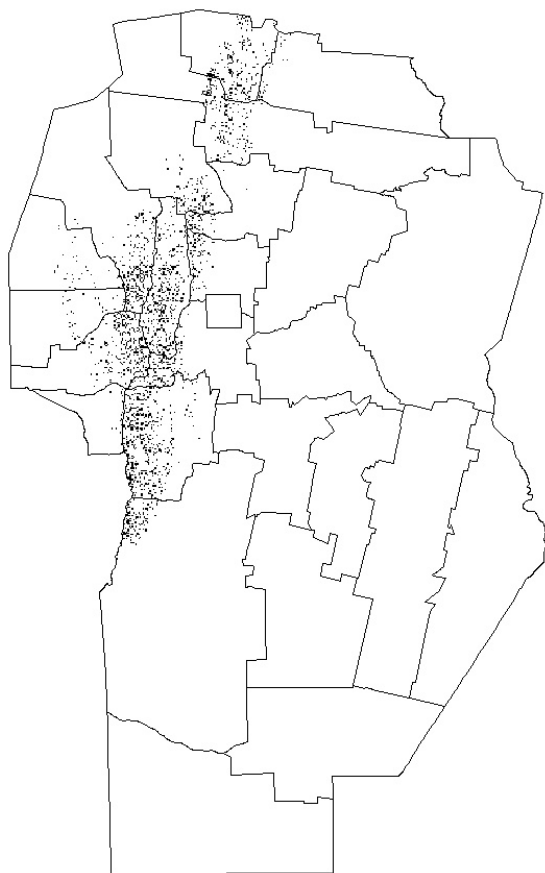


Figura 16: Distribución de los Pastizales serranos de la provincia de Córdoba.

intrínsecos a la naturaleza de las montañas, se agrega el efecto de las perturbaciones antrópicas. Por lo tanto, en un territorio reducido puede encontrarse una alta diversidad de comunidades vegetales, determinada por la heterogeneidad ambiental mencionada y por el estado sucesional después de un disturbio. En general, la composición florística de los pastizales se relaciona con el gradiente altitudinal de las sierras entre los 1.000 y 2.500 m s.n.m.: los pastizales por debajo de 1.700 m tienen un carácter típicamente chaqueño, mientras que a mayor altitud predominan los elementos andinos y, en menor medida, patagónicos. Las fisonomías predominantes son las de céspedes, pastizales y pajonales, dependiendo de dónde se concentra la mayor proporción de la biomasa. Excepto en comunidades edáficas (tales como céspedes hidromórficos o pastizales-pedregales), los céspedes y pastizales bajos y abiertos son producto del fuego y de la herbivoría sobre los pastizales y pajonales climáticos.

En esta clase se agrupa un gran número de comunidades vegetales, entre ellas las siguientes: Pastizal de *Deyeuxia hieronymi*; Pastizal/pajonal de *Festuca hieronymi*; Pastizal de *Nassella filiculmis*; Pastizal de *Nassella pseudopampagrlandensis*; Pastizal bajo de *Festuca dissitiflora*; Pastizal bajo de *Schizachyrium salzmännii*; Césped de *Muhlenbergia peruviana*; Pastizal pedregal de *Aristida spegazzinii*; Pastizal de *Sorghastrum pellitum*; Pajonal de *Paspalum quadrifarium*; Césped inundable de *Eleocharis dombeyana*; Pajonal de *Poa stuckertii*; Césped inundable de *Cyperus rivularis* y *Eleocharis pseudoalbibracteata*; Comunidad hidrófila de *Rhynchospora brownii* y *Cyperus niger*; Pastizal de *Nassella tenuissima* y *N. filiculmis*; Pastizal de *Nassella neesiana*; Césped de *Lachemilla pinnata*; Pastizal de *Bouteloua megapotamica* y *Gomphrena pulchella*; Pajonal de *Festuca lilloi*; Césped de *Lachemilla pinnata*, *Festuca dissitiflora* y *Carex fuscula*; Césped inundable de *Lachemilla pinnata* y

Eleocharis pseudoalbibracteata; Césped de *Muhlenbergia peruviana* y *Lachemilla pinnata*.

En algunos sectores de las sierras los pastizales muestran una alta proporción de afloramientos rocosos. Cuando la cobertura de pastos es notablemente superior a la de las rocas -con un 70 a 100 % de cobertura- (mostrando por ende una respuesta espectral diferencial), los sitios corresponden a esta unidad. Sin embargo, cuando la cobertura rocosa es mayor y la vegetación rala, o sólo ocupa grietas y fisuras, la comunidad forma parte de los Roquedales con arbustos aislados o de los Roquedales con pastizales.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Giorgis y M. Cabido. 13 de marzo de 2008. Sobre el camino de Yacanto de Calamuchita al cerro Los Linderos, 32° 03'14" S – 64° 53' 44" O, 2.244 m s.n.m. Pastizal/pajonal de *Deyeuxia hieronymi* y *Poa stuckertii*. Cobertura herbácea: 100 %, suelo descubierto: 1 %. Composición florística sintética: Hierbas y pastos: *Poa stuckertii* 3, *Deyeuxia hieronymi* 3, *Alchemilla pinnata* 2, *Geranium magellanicum* 2, *Ranunculus praemosus* 2, *Bidens andicola* 1, *Briza subaristata* 1, *Festuca trucumanica* 1, *Oreomyrrhis andicola* 1, *Agrostis montevidensis* 1, *Carex boliviensis* 1, *Muhlenbergia peruviana* +, *Azorella biloba* y otras.

- M. Giorgis y M. Cabido. 14 de marzo de 2008. Sobre el camino de Yacanto de Calamuchita al cerro Los Linderos, 32° 06'33" S – 64° 48' 01" O, 1.240 m s.n.m. Pastizal/pajonal de *Paspalum quadrifarium*. Cobertura herbácea: 100 %. Composición florística sintética: Hierbas y pastos: *Paspalum quadrifarium* 4, *Hypochaeris radicata* 2, *Trifolium repens* 2, *Tagetes minuta* 2, *Cologania ovalifolia* 2, *Taraxacum officinale* 2, *Hypoxis decumbens* 1, *Duchesnea indica* 1, *Oxalis chrysantha* +, *Conyza sumatrensis* +, *Gnaphalium gaudichaudianum* +, y numerosas otras especies acompañantes.

Forestaciones

Esta clase se encuentra en ambientes de bosque, matorral y pastizal serrano. Inicialmente fueron implantadas en el departamento Calamuchita, pero paulatinamente han ido expandiéndose a otros sectores de las sierras (Figura 17). Los pinares constituyen bosques casi monoespecíficos de diferentes especies de *Pinus*, principalmente *Pinus elliotii* y *P. halepensis*, aunque también se han implantado algunas otras especies forestales. El dosel es generalmente cerrado, con cobertura del 90 % o mayor, con un estrato arbustivo generalmente muy ralo a inexistente y un estrato herbáceo bajo con cobertura variable, dependiendo de la edad de la forestación y de la cobertura arbórea. Pueden encontrarse también algunos individuos de árboles de otras especies exóticas (*Ligustrum lucidum*, *Pyracantha angustifolia*, etc.) y renovales de especies nativas tales como *Lithraea molleoides*. En el estrato herbáceo los helechos *Anemia tomentosa* y *Cheilanthes buchtienii* con frecuencia alcanzan alta cobertura, al igual que las hierbas *Cantinoa mutabilis* y *Duchesnea indica*. Las forestaciones exhiben la menor diversidad de especies entre los tipos de cobertura de las sierras de Córdoba.

Además de las forestaciones en el sector serrano, se presentan también algunas plantaciones en las llanuras, especialmente de especies de *Eucalyptus*, siendo su discriminación de los demás tipos de bosque más difícil que en las sierras.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Giorgis, A. Cingolani y M. Cabido. 16 de marzo de 2006. Ruta Provincial 109, pasando el puente hacia el sur de Intiyaco, 31° 57' 48" S – 64° 42' 39" O, 1.096 m s.n.m. Forestación de *Pinus elliotis* con árboles de 10 a 15 m de altura. Cobertura de árboles: 60 %. Composición florística sintética: Estrato arbóreo: *Pinus elliotis* 4; Arbustos: *Ligustrum sinense* 1, *Rubus ulmifolius* 1, *Lepechinia floribunda* +, *Cotoneaster* sp. +, y otros con muy

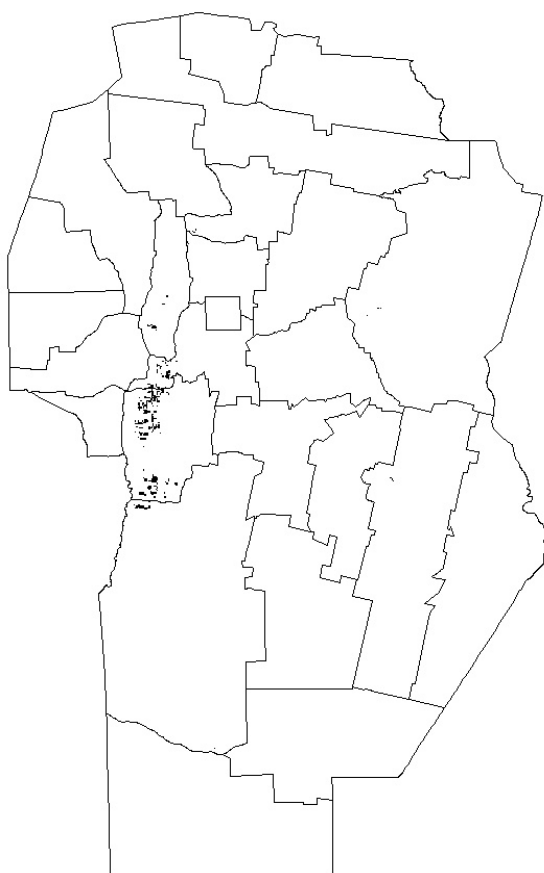


Figura 17: Distribución de las Forestaciones de la provincia de Córdoba.

baja cobertura; Hierbas y pastos: *Jarava ichu* 1, *Blechnum australe* 1, *Cheilanthes buchtienii* 1, *Anemia tomentosa* 1, *Viola* sp. 1, *Bidens pilosa* +, *Iresine diffusa* + y numerosas otras especies acompañantes.

Roquedales con arbustos aislados y Roquedales con pastizales

Estos tipos de cobertura se encuentran distribuidos por todo el sistema serrano cordobés, pero alcanzan su mayor representatividad espacial en los batolitos graníticos que coronan los diferentes macizos (Figura 18). Tal como en el caso de los bosques, matorrales y pastizales, estos también exhiben una gran variabilidad, principalmente en función de la localidad en que se encuentra el afloramiento a lo largo de los gradientes altitudinal y latitudinal. En general, los principales hábitats que

pueden encontrarse en los ambientes rocosos son: afloramientos grandes (mayores a 3 m de altura) con suelos profundos acumulados entre los bloques y condiciones térmicas e hídricas relativamente estables; afloramientos pequeños (menores a 2 m) con sedimentos poco profundos pero con condiciones mediana a ligeramente estables; parches aislados de suelo arenoso acumulados entre rocas pequeñas y sueltas, con alta exposición a la radiación; y pequeñas depresiones con fondo rocoso, especialmente sobre granito. Los dos primeros hábitats son no sólo más estables, sino también más heterogéneos, ya que reúnen numerosas grietas y fisuras de tamaño y profundidad variables. De lo expuesto se desprende que, además de los gradientes regionales, esta diversidad de hábitats condiciona tanto la composición florística de los afloramientos, como el grado de cobertura de su vegetación.

A pesar de la enorme heterogeneidad que exhibe la vegetación de los afloramientos rocosos, se pueden discriminar las siguientes comunidades: Matorral de *Berberis hieronymi* y *Clinopodium odoratum*; Matorral de *Baccharis aliena* y *Croton argentinus*; Pastizal pedregal de *Jarava juncooides* y *Sorghastrum pellitum*; Comunidad de *Crassula peduncularis* y *Limosella lineata*; Matorral de *Polylepis australis* y *Gaultheria poeppigii*; Comunidad de *Calceolaria santolinoides* y *Thalictrum decipiens*; Comunidad de *Lucilia acutifolia* y *Schizachyrium tenerum*; Comunidad de *Collaea argentina* y *Fleischmannia prasiifolia*; Comunidad de *Lithraea molleoides* y *Ephedra americana*; Matorral de *Apurimacia dolichocarpa*; Matorral de *Acanthostyles buniifolius* y *Lepechinia floribunda*; Pastizal pedregal de *Andropogon selloanus* y *Sorghastrum pellitum*; Comunidad de *Aristida adscensionis* y *Vernonanthura nudiflora* f. *nudiflora*; Comunidad de *Nasella cordobensis* y *Wedelia buphtalmiflora*; Matorral de *Angelphytum aspilioides*, *Lantana fucata* y *Stevia satureiifolia*. Seguramente este listado resultará ampliado a partir de relevamientos de la vegetación de otras litologías como balsos, mármoles, etc.

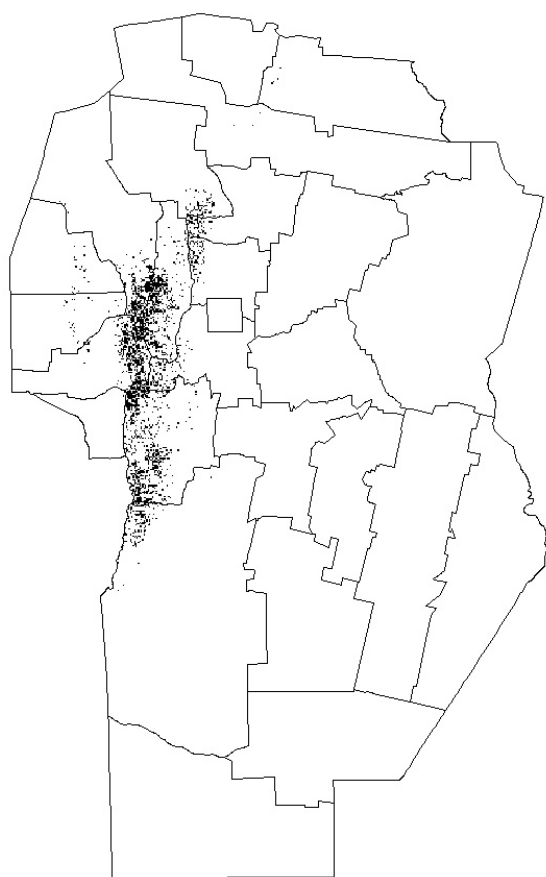


Figura 18: Distribución de los Roquedales serranos de la provincia de Córdoba.

Inventarios típicos y localidades de registro:

- M. Cabido y G. Funes. 21 de febrero de 2002. Ruta Provincial 14, al este de Villa Rafael Benegas, 31° 38' 28" S – 64° 56' 41" O, 1.453 m s.n.m. Roquedales de granito con *Apurimacia dolichocarpa*. Composición florística sintética: Arbustos: *Apurimacia dolichocarpa* 3, *Senna subulata* 1, *Baccharis articulata* 1, *Lithraea molleoides* + y otros; Hierbas y pastos: *Nassella trichotoma* 1, *Salpichroa organifolia* 1, *Cheilanthes buchtienii* 1, *Krapovickasia flavescens* +, *Iresine diffusa* + y 30 especies más.

- J. J. Cantero y C. Núñez. 18 de marzo de 2012. Afloramientos basálticos sobre la Ruta Provincial 5, al oeste de la localidad de Los Cóndores, 32° 18' 19" S – 64° 22' 35" O, 727 m s.n.m. Mesas aisladas a modo de

"inselbergs" con comunidades de arbustos y bromeliáceas dominadas por *Flourensia campestris*, *Kageneckia lanceolata* y *Dyckia floribunda*. Composición florística sintética: Arbustos: *Kageneckia lanceolata* 3, *Flourensia campestris* 3, *Lippia integrifolia* 3, *Croton lachnostachys* 2, *Lorenzianthus viscidus* 2, *Acacia caven* 2, *Condalia microphylla* 1, *Aloysia gratissima* 1, *Lantana fulcata* +, y otros; Hierbas y pastos: *Dyckia floribunda* 2, *Tragia geraniifolia* 1, *Nassella cordobensis* 1, *Salvia cuspidata* ssp. *gilliesii* 1 y numerosas especies más.

Cultural

La vegetación cultural (*sensu* Küchler 1969) es aquella de origen antrópico, constituyendo de alguna manera la contraparte de la vegetación natural. Se considera bajo esta denominación a las comunidades en las que la vegetación natural o seminatural ha sufrido cambios significativos en su composición y fisonomía como consecuencia de actividades humanas, como así también a aquellos tipos de cobertura que, no siendo estrictamente vegetación (y dadas sus características espectrales), no pueden ser discriminados mediante la metodología empleada (Figura 19). Así, integran esta clase: 1) sitios actualmente destinados a la agricultura, cultivados o con suelo roturado en las fechas correspondientes a las imágenes satelitales utilizadas; 2) campos abandonados, es decir, sitios anteriormente ocupados por vegetación natural que han sido talados o topados para explotación agrícola y que fueron posteriormente abandonados. En estos casos el tiempo de abandono no ha sido suficiente para el desarrollo de comunidades de sustitución; 3) sitios deforestados, anteriormente ocupados por bosques y actualmente utilizados para ganadería, ya sea con aprovechamiento del pastizal natural o con implantación de pasturas; 4) sitios en los cuales los incendios han producido una remoción significativa de la biomasa aérea, no habiendo transcurrido el tiempo necesario para la recuperación de la estructura

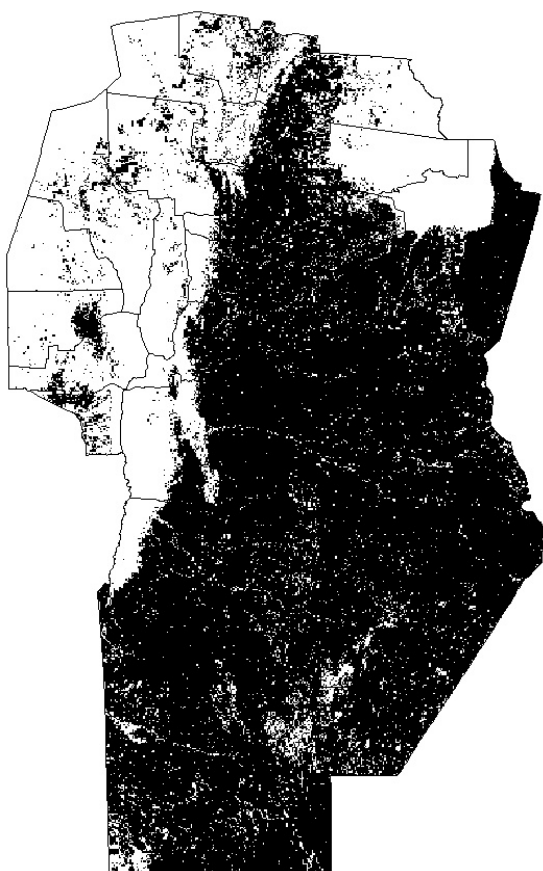


Figura 19: Distribución de la cobertura Cultural en la provincia de Córdoba.

y composición anterior al disturbio; 5) sitios urbanizados y vías de comunicación terrestre.

CONSIDERACIONES FINALES

El mapa resultante de la clasificación de la información satelital, del reconocimiento a campo y del análisis de la información derivada de los censos florísticos, presenta 18 clases de cobertura vegetal extendidas en 153.897 km² del territorio provincial. Estas, tal como fue indicado anteriormente, responden a diferencias fisonómicas de la vegetación que no siempre tienen un correlato florístico único, pudiendo entonces representar a más de una comunidad vegetal o ecosistema en el caso de que sus firmas espectrales sean similares. El resto de la cobertura de la Provincia corresponde a cuerpos y cursos de agua,

suelos anegados, suelos salinos, sombras y fuegos (estos últimos, a la fecha de la información satelital utilizada, casi completamente circunscriptos a las sierras).

Tal como puede observarse en la Figura 6, la mayoría de las clases de cobertura natural y seminatural raramente ocurren como formaciones puras, presentándose en general asociadas en mosaicos más o menos complejos a escala regional, e incluso local, determinando así una elevada heterogeneidad espacial. Esto resulta de la alta fragmentación del territorio, lo cual es una constante excepto en las extensas áreas con vegetación Cultural. Como consecuencia también de ello, la vegetación leñosa está escasamente representada en Córdoba, con una cobertura, a la fecha de las imágenes satelitales utilizadas para la confección del mapa, de alrededor del 20 % de la superficie provincial total (Tabla 1 y Figura 20). En la misma dirección, los bosques de todo tipo cubren apenas el 7 % de la Provincia, aunque sólo el 2 % corresponde a bosques en buen estado de conservación (cabe aquí mencionar que entre estos están también representados los bosques de exóticas invasoras, particularmente en algunos sectores de las sierras, los cuales no han podido ser discriminados mediante la metodología utilizada. Sin embargo, sus características florísticas, ecológicas y su dinámica general se distingue claramente de los bosques nativos). Por su parte, los matorrales de todo tipo cubren casi el 15 % de la superficie provincial, mientras que pastizales y pajonales algo menos del 3 % del total.

Como contraparte, la cobertura Cultural ocupa alrededor del 66 % de la Provincia, distribuida a través de todo el territorio, excepto en aquellos ambientes que ofrecen restricciones severas a la agricultura o a la implantación de pasturas.

La escasa cobertura forestal actual en la provincia de Córdoba es consecuencia, principalmente, de la expansión de las tierras de uso agrícola (Figura 21) producto del efecto sinérgico de factores subyacentes tales como

Tabla 1: Área (en hectáreas y porcentaje del total provincial) ocupada por cada clase de cobertura vegetal de la provincia de Córdoba.

Clase de cobertura	Área (hectáreas)	% del total provincial
Vegetación de las llanuras		
Bosques abiertos	571.744	3,46
Matorrales sin emergentes	394.649	2,39
Matorrales abiertos	385.606	2,33
Matorrales con emergentes	269.537	1,63
Bosques	268.719	1,63
Pajonales	226.990	1,37
Vegetación de paisajes halo-hidromórficos	142.450	0,86
Matorrales halófilos y subhalófilos	135.218	0,82
Vegetación de las sierras		
Matorrales sin emergentes	703.701	4,26
Matorrales abiertos	458.447	2,77
Bosques abiertos	252.417	1,53
Pastizales	198.577	1,20
Roquedales con pastizales	189.820	1,15
Bosques	108.069	0,65
Matorrales con emergentes	68.303	0,41
Roquedales con arbustos aislados	28.157	0,17
Otros		
Cultural	10.954.862	66,26
Forestaciones	32.463	0,20

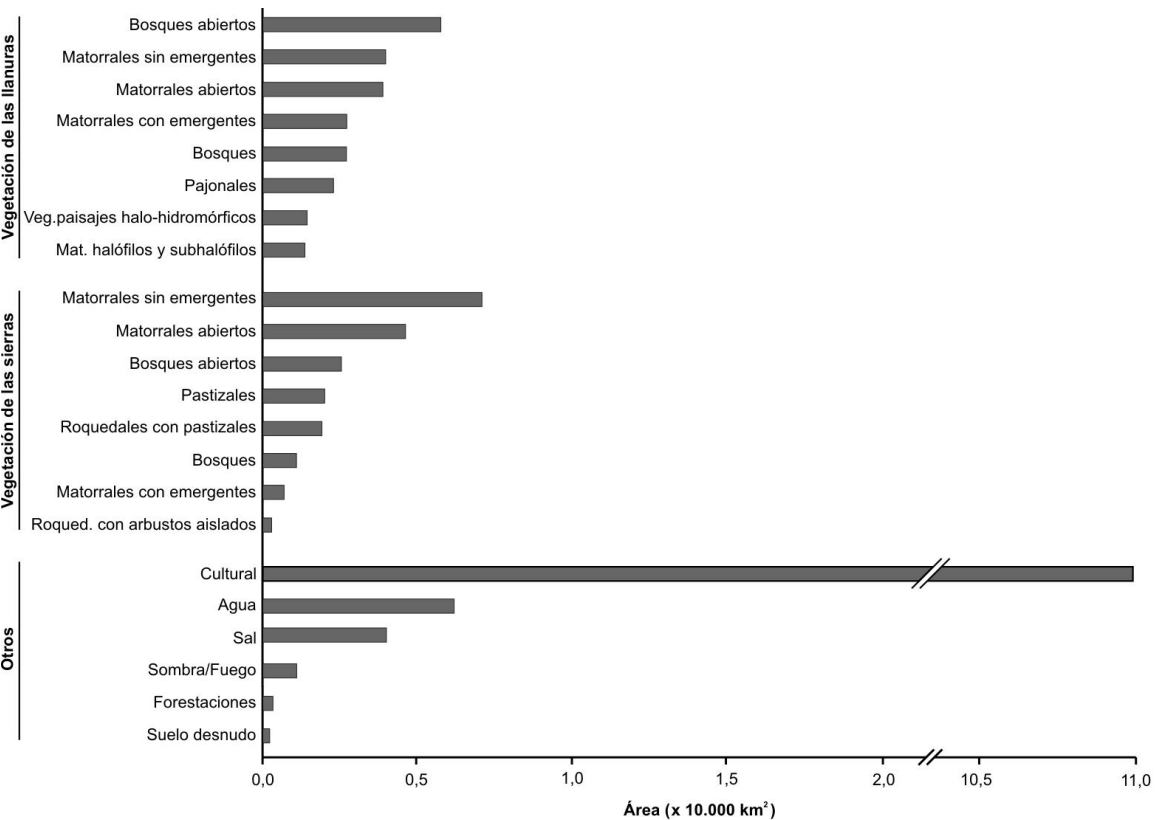


Figura 20: Área ocupada por las distintas clases de cobertura de la provincia de Córdoba. Nótese que el eje horizontal se encuentra interrumpido para poder así representar el área de la clase Cultural.

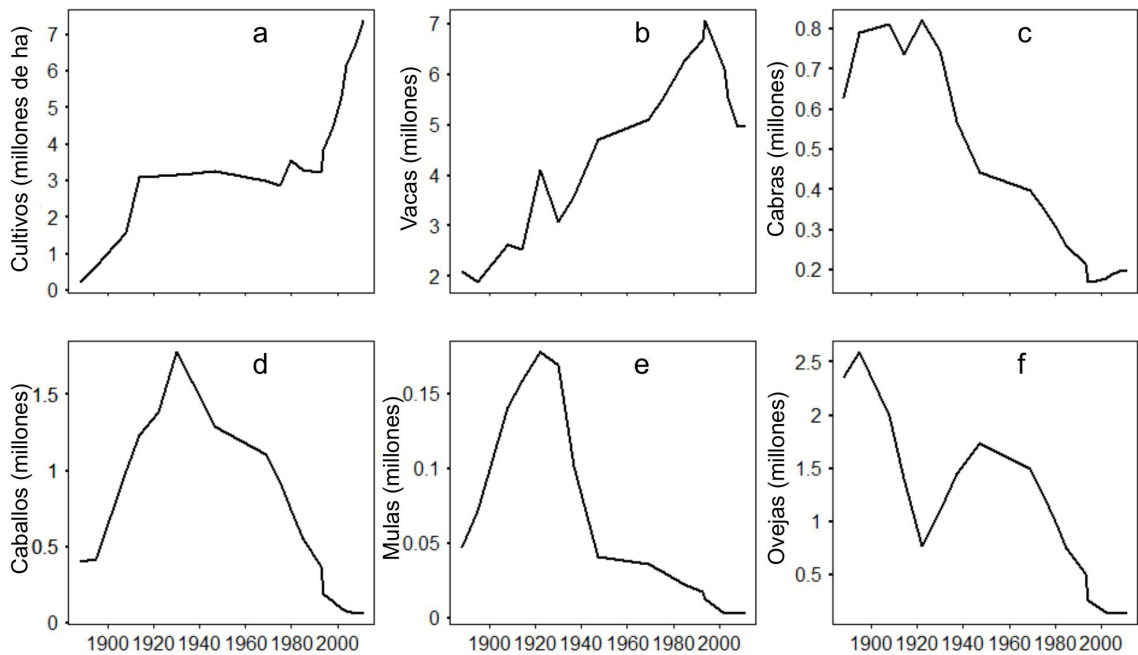


Figura 21: Área cultivada (a) y cabezas de distintos tipos de ganado -vacuno (b), caprino (c), caballar (d), mular (e) y ovino (f)- entre 1895 y 2009 en la provincia de Córdoba. Elaboración propia a partir de censos nacionales.

los cambios climáticos y tecnológicos, sobre todo durante las últimas décadas del siglo XX (Zak *et al.* 2008). De tal manera, una de las clases de cobertura de menor representación en el territorio provincial a principios del siglo XX, pasó a ocupar diferentes proporciones en cada uno de los departamentos de Córdoba, totalizando dos veces y media la superficie ocupada por el conjunto de las demás coberturas vegetales.

La expansión de la agricultura implicó la conversión de bosques en tierras destinadas al cultivo de granos y plantas forrajeras para ganadería, aunque estas últimas tuvieron relativa importancia sobre todo hasta la década de 1980. La extracción de madera de los bosques de llanura ocurrió también durante la mayor parte del siglo XX, al igual que los incendios, aunque estos impactaron principalmente sobre los territorios serranos, marginales desde el punto de vista agroproductivo.

De esta manera, el patrón sobresaliente de cambios en la cobertura del territorio cordobés, particularmente notable en los territorios forestales de la Provincia (con porcentajes de deforestación que se encuentran entre los más altos del mundo -Zak *et al.* 2004-), ha estado dominado por la conversión de áreas con cobertura natural en paisajes fragmentados, con parches aislados de bosques y matorrales densos y espinosos sobre una matriz de tierras agrícolas que actualmente presentan cultivos anuales, pasturas implantadas, pastizales seminaturales o, en caso de haber sido abandonados, comunidades en distintas etapas de sucesión secundaria. El hecho de que buena parte de los servicios ecosistémicos del territorio (y así también los sistemas de soporte de vida y, en última instancia, la calidad de vida de las personas) dependan de su cobertura vegetal, exige a los tomadores de decisiones una visión de largo plazo que asegure la protección y recuperación de

los escasos relictos de vegetación natural existentes, particularmente de sus bosques.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braun-Blanquet, J. 1951. *Pflanzensoziologie*. 2da. Ed. Viena. 631 pp.
- Cabido, M., Funes, G., Pucheta, E., Vendramini, F. & S. Díaz. 1998. A chorological analysis of the mountains from Central Argentina. Is all what we call Sierra Chaco really Chaco? *Candollea* 53: 321-331.
- Cabido, D., Cabido, M., Garré, S. M., Gorgas, J. A., Miatello, R., Ravelo, A., Rambaldi S. & J. L. Tassile. 2003. *Regiones Naturales de la Provincia de Córdoba*. Agencia Córdoba D.A.C.yT. Dirección de Ambiente, Gobierno de Córdoba.
- Cabrera, A. L. 1953. Esquema fitogeográfico de la República Argentina. *Revista del Museo de La Plata, Bot.*, 8: 87-168.
- Cabrera, A. L. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enc. Arg. Agr. y Ganadería*. 2da. Ed., 2(1): 1-85. Buenos Aires.
- Cantero, J.J., Cantero, A. & J.M. Cisneros. 1996. La vegetación de los paisajes hidro-halomórficos del centro de Argentina. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Cantú, M.P. & S. Degioanni. 1984. Geomorfología de la región centro-sur de la provincia de Córdoba. IX Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche. *Actas IV*: 76-92.
- Capitanelli, R.G. 1979. Geomorfología. En: Vázquez, J., Miatello, R. & M. Roqué (eds.), *Geografía Física de la Provincia de Córdoba*. Editorial Boldt, Buenos Aires. Pp 213-296.
- Carignano, C.A., Kröhling, D., Degiovanni, S. & M. A. Cioccale. 2014. Geomorfología. En: Martino, R.D, Guerreschi, A.B. (eds.), *Relatorio del XIX Congreso Geológico argentino: Córdoba, Argentina*, Asociación Geológica Argentina, Pp. 747-822.
- Hauman, L. 1920. Ganadería y geobotánica en la Argentina. *Revista del Centro de Estudios Agronómicos y Veterinarios* 13: 45-65.
- INTA-ACASE. 2006. Gorgas, J. A., Tassile, J., Jarsun, B., Zamora, E., Bosnero, E., Lovera, E., Ravelo, A., Carnero, M., Bustos, V., Pappalardo, J., Petropulo, G., Rossetti, E. & M. Ledesma. 2003. Los recursos naturales de la Provincia de Córdoba: Los suelos. Agencia Córdoba. Dirección de Ambiente-INTA Manfredi.
- Jarsun, B., Gorgas, J. A., Zamora, E., Bosnero, E., Lovera, E., Ravelo, A. & J. L. Tassile. 2003. Los Suelos. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Agencia Córdoba Ambiente S.E., Córdoba.
- Kuchler, A.W. 1969. Natural and cultural vegetation. *The Professional Geographer* 21: 383-385.
- Kurtz, F. 1904. Flora. En: Río, M. & L. Achával (eds.) *Geografía de la Provincia de Córdoba*. Tomo I: 270-243. Compañía Sudamericana de Billetes de Banco, Buenos Aires.
- Leon, R.J.C. & D. L. Anderson. 1983. El límite occidental del pastizal pampeano. *Tuexenia* 3: 67-82.
- León, R. J. C., Rusch, G. M. & M. Oesterheld. 1984. Pastizales pampeanos, impacto agropecuario. *Phytocoenologia* 12: 201-218.
- Lewis, J. P. & M. B. Collantes. 1973. El Espinal Periestépico. *Ciencia e Investigación* 29: 360-377.
- Lorentz, P.G. 1876. Cuadro de la Vegetación de la República Argentina. En: Napp, R. (Ed.). *La República Argentina*. Pp. 77-136. Buenos Aires S.A., Buenos Aires.
- Luti, R., Solís, M., Galera, F. M., Müller de Ferreyra, N., Berzal, M., Nores, M., Herrera, M. & J. C. Barrera. 1979. Vegetación. En: J. Vázquez, R. Miatello & M. Roque (eds.), *Geografía Física de la provincia de Córdoba*. Ed. Boldt, Córdoba. Pp. 297-368.
- Menghi, M. 2006. Vegetación. En: Bucher, E.H. (ed.). *Bañados del Río Dulce y laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Academia Nacional de Ciencia, Córdoba, Argentina.
- Morello, J., Protomastro, J., Sancholuz, L. A. & C. Blanco. 1985. Estudio macroecológico de Los Llanos de La Rioja. *Administración de Parques Nacionales, Serie del Cincuentenario*. 53 pp.
- Ragonese, A. 1951. Estudio fitosociológico de las Salinas Grandes. *Revista de Investigaciones Agrícolas*. 5(1-2): 1-233.
- Ragonese, A. & J. Castiglioni. 1968. La vegetación del Parque Chaqueño. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 11 (Supl.): 133-160.

- Ravelo, A. 2003. El clima. En: Jarsun, B., Gorgas, J. A., Zamora, E., Bosnero, E., Lovera, E., Ravelo, A. & J. L. Tassile (eds.). Los suelos. Recursos Naturales de la provincia de Córdoba. Agencia Córdoba Ambiente S.E., Córdoba. Pp. 23-46.
- Sayago, M. 1969. Estudio fitogeográfico del norte de Córdoba. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba 46: 123-427.
- Viglizzo, E.F., Frank, F.C., & L. Carreño. 2006. Situación ambiental en las ecorregiones Pampa y Campos y Malezales. En: Brown, A., Martínez Ortiz, U., Acerbi, M. y J. Corcuera (eds). La Situación Ambiental Argentina 2005, Editorial Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires, Pp. 263-269.
- Zak, M.R., Cabido, M. & J.G. Hodgson. 2004. Do subtropical seasonal forests in the Gran Chaco, Argentina, have a future? Biological Conservation 120: 589-598.
- Zak, M.R., Cabido, M., Cáceres, D. & S. Díaz. 2008. What Drives Accelerated Land Cover Change in Central Argentina? Synergistic Consequences of Climatic, Socioeconomic, and Technological Factors. Environmental Management 42: 181-189.

4. FAUNA

Chiaraviglio Margarita, Torres Ricardo, Cardozo Gabriela, Rivera Paula Cecilia, Blengini Cecilia Soledad, Castilla Cecilia, Castro Lucila Belén, Di Cola Valeria, Fagnoni Vanina Cecilia, Giayetto Santiago, Gutiérrez Karlsson Ignacio Andrés, Griffa Natanael, Lanfri Sofía, Lepez Martín, Naretto Sergio, Paulini Hugo Héctor, Peralta Gudiño Gisella María

RESUMEN

En la actual coyuntura, en la que es necesaria una política de ordenamiento territorial para el logro del desarrollo sostenible y la conservación de los recursos, la fauna silvestre es uno de los componentes biológicos del proceso de evaluación, para el cual se requiere entre otros aspectos, contar con información sobre hábitats, presencia y valorización ecosistémica y ambiental. Como base del ordenamiento territorial de la Provincia de Córdoba, es de fundamental importancia un enfoque de inclusión de escalas donde se analicen patrones y procesos de la biodiversidad de la fauna de vertebrados terrestres a escala regional. De esta manera se podrán definir regiones de importancia faunística, de riqueza de especies y de endemismos y programar a futuro corredores ambientales para la protección de los ambientes y sus componentes. Por todo lo expuesto y desarrollando un estudio interdisciplinario, nos planteamos como objetivos: 1) Compilar y seleccionar la información disponible sobre la biodiversidad de vertebrados terrestres de la provincia de Córdoba; 2) Producir un diagnóstico de la situación de los vertebrados del espacio rural de la Provincia; 3) Identificar áreas significativas para la conservación de la biodiversidad de vertebrados; y 4) Proporcionar mapas temáticos indispensables para el ordenamiento del territorio provincial. La metodología empleada se basó en el modelado geográfico predictivo. Los modelos de distribución de especies o modelos de nicho ecológico indican la idoneidad del hábitat y se basan en hipótesis acerca de cómo los factores ambientales controlan la distribución de especies y comunidades. Los Mapas de Especies Vectores de Enfermedades y de distribución de Ofidios Venenosos obtenidos han permitido brindar un conocimiento de gran utilidad social y sanitaria, tomando como base los patrones zoogeográficos de especies claves. Por otro lado, los mapas de Riqueza de Vertebrados Terrestres, Áreas Zoogeográficas y Áreas Prioritarias de Conservación ponen de manifiesto la existencia de identidades espaciales para la fauna silvestre de la Provincia. Este nuevo enfoque, valorando el patrón geográfico de los ecosistemas de la Provincia desde la biodiversidad faunística, sugiere que la diversidad de ambientes favorece la diversidad de comunidades y resalta la importancia de preservar la heterogeneidad ambiental para la conservación de la biodiversidad.

INTRODUCCIÓN

¿Por qué incluir una CAPA de FAUNA en el Ordenamiento Territorial?

En la actual coyuntura en la que es necesaria una política de ordenamiento territorial para el logro del desarrollo sostenible y la conservación de los recursos de la Provincia de Córdoba, la fauna silvestre es uno de los componentes biológicos del proceso de evaluación, para el cual se requiere, entre otros aspectos, contar con información sobre hábitats, presencia y valorización ecosistémica y ambiental.

El desarrollo de las sociedades es un proceso que impacta sobre los recursos naturales, en consecuencia una profunda preocupación surge por el estado de conservación de la fauna silvestre y los ambientes. La fauna silvestre es un recurso natural renovable que tiene diversos valores. Cada especie es producto de un largo proceso evolutivo y tiene un valor intrínseco por sus características únicas y, en conjunto, forman parte del patrimonio natural. Las especies animales silvestres cumplen diversas funciones en la dinámica de los ecosistemas; incluso algunas especies son utilizadas directamente por el hombre sustentando así un valor socioeconómico adicional como recurso.

El crecimiento demográfico de las últimas décadas y las actividades humanas asociadas al legítimo desarrollo de las distintas sociedades conllevan a la modificación de la superficie terrestre. Frecuentemente, la presión directa se realiza sobre recursos naturales tales como los suelos y los cauces hídricos. Sin embargo, la utilización de estos recursos puede afectar directamente la estabilidad de los ecosistemas, modificando de diversas maneras el hábitat de las especies animales. Gran parte de la cubierta vegetal original se ha perdido, lo que ha provocado una reducción drástica de los hábitats o áreas donde vive y se distribuye la fauna silvestre. Los indicadores más contundentes del daño ecológico son la disminución y cambio del área de distribución de las espe-

cies silvestres y el incremento en el número de especies amenazadas.

Por lo tanto el uso del territorio, incluyendo actividades humanas que modifican, y en muchos casos degradan la superficie terrestre, deben ser planificadas en base a los diagnósticos de la presencia y distribución de los otros recursos naturales existentes, como lo es la fauna. La minería, la construcción de infraestructuras o los procesos de urbanización son algunos ejemplos. Pero también el laboreo de superficies cultivadas, el pastoreo y los aprovechamientos forestales incrementan la erosión de los ambientes originales. Proveer conocimiento de base sobre la presencia y zonificación de los recursos faunísticos es esencial para planificar actividades humanas, de modo tal que se minimicen los impactos sobre las especies silvestres.

Tanto los efectos directos como indirectos de las modificaciones de la superficie terrestre comprometen los servicios ecosistémicos que son esenciales para la supervivencia humana, muchos de los cuales son irremplazables. Además, el recurso fauna muchas veces es subestimado o está sujeto a intereses económicos. Por otro lado muchas de las investigaciones científicas son publicadas a nivel internacional, existiendo un vacío de documentación regional sobre la diversidad, estado de conservación e importancia de las especies animales silvestres. Por ello, la importancia del presente capítulo, producto de una investigación científica exhaustiva, para poner en manos de gobernantes, profesionales, técnicos, docentes, investigadores, estudiantes y público en general un diagnóstico actualizado de los patrones espaciales de la fauna silvestre de la Provincia de Córdoba.

¿Qué características tiene la biodiversidad faunística de Córdoba?

La Provincia de Córdoba se caracteriza por ser la confluencia de varias ecorregiones, lo que sin duda contribuye a la alta riqueza de especies animales que la habitan. Algunas

de esas especies son generalistas capaces de usar una gran variedad de hábitats. Sin embargo, la mayor parte de los vertebrados se encuentran, en mayor o menor medida, relacionados a unos pocos tipos de hábitats, e incluso algunos se hallan altamente especializados en un sólo tipo. En la provincia, las áreas cubiertas por bosques son las que concentran el mayor número de especies. Dichas áreas de bosques incluyen a los de tipo chaqueño del norte y el oeste provincial, los relictos de espinal del centro y sur de la provincia y al bosque serrano (Zak, 2008).

Son pocas las especies de vertebrados que solamente se encuentran en los pastizales pampeanos autóctonos, los cuales presentan una superficie remanente muy reducida. Por otro lado los pastizales de altura, en la región de las Sierras Grandes, albergan una rica fauna endémica, siendo esta zona la que presenta más endemismos en la Provincia. Los humedales de Córdoba, en donde se destaca por su magnitud el sistema Laguna Mar Chiquita - Bañados del Río Dulce, albergan casi la totalidad de las especies de anfibios. Gran parte de la cuenca de Mar Chiquita, y la porción noroeste de la provincia, son zonas salinas con vegetación halófila, en donde pueden hallarse especies que en Córdoba son exclusivas de esas regiones.

Según la presente revisión, la Provincia de Córdoba alberga actualmente en su territorio 579 especies de vertebrados autóctonos (32 anfibios, 68 reptiles, 410 aves y 69 mamíferos). Debido a la acción humana, principalmente la relacionada al desmonte y conversión de tierras a monocultivos extensivos, muchas especies de vertebrados que se distribuyen en la Provincia de Córdoba se encuentran amenazadas.

¿Por qué los patrones espaciales de la fauna silvestre resultan importantes?

Los patrones espaciales de la fauna reflejan procesos naturales, tanto ecológicos como evolutivos (Di Cola, 2012). La fauna

está asociada de manera estrecha a las Formaciones Fitogeográficas, por lo tanto es importante caracterizar esta asociación para la Provincia de Córdoba mediante el establecimiento de Áreas Zoogeográficas que tengan en consideración la distribución de las especies animales en relación a las coberturas vegetales.

Por otra parte, debemos considerar que en un proceso de Ordenamiento Territorial es necesario establecer prioridades de conservación, por eso, luego de conocer dónde se distribuyen en general las especies en el territorio provincial, es importante concentrarse en aquellas especies que reúnen ciertas características importantes para los ecosistemas como por ejemplo el hecho de ser exclusivas de una región o estar amenazadas, a fin de establecer zonas con distintas prioridades de conservación en base a la presencia de la fauna.

Las especies exclusivas de una región son conocidas como especies endémicas (de Candolle, 1820). Los endemismos son uno de los aspectos más significativos de las distribuciones geográficas, porque la mayoría de las especies están confinadas a áreas restringidas. Este patrón ocurre a una variedad de escalas espaciales (Morrone, 2009). La identificación de áreas de endemismo es importante para la regionalización biogeográfica (Escalante, 2009) y es fundamental para la definición de prioridades de conservación (Myers *et al.*, 2000; Dibattista *et al.*, 2015). Sumado a esto, el inventariado sistemático de cada especie, considerando su estado de conservación y patrón espacial, es una potente herramienta para la toma de decisiones tendiente a reducir el riesgo de extinción de las especies (Cardozo y Chiaraviglio, 2008; Chébez, 2008). La identificación espacial de las especies de fauna silvestre amenazadas o en retroceso numérico es un procedimiento clave para una adecuada protección a fin de asegurar su conservación.

Por último no podemos dejar de lado que muchas de las especies animales tienen un

rol importante como transmisores de enfermedades o representan un riesgo en sí mismas, por eso caracterizar el patrón espacial de especies venenosas o especies vectores de enfermedades es un desafío para realizar un aporte de información útil a la sociedad.

¿Qué antecedentes hay sobre el problema de investigación o nicho de conocimientos particular?

Existen muy pocos trabajos que versen sobre la distribución y biología de la fauna de vertebrados de la provincia de Córdoba. Entre ellos, el primero fue realizado para las aves acuáticas (Nores e Yzurieta, 1980). Posteriormente, los reptiles fueron tratados con la publicación de los libros “Las Serpientes de Argentina Central” (Cabrera, 2004) y “Lagartos del Centro de Argentina” (Cabrera, 2009), los cuales presentan la diversidad de serpientes y lagartos desde una perspectiva informativa y educativa, constituyendo una importante síntesis sobre la biología de estas especies, y que fueron luego unificados en el libro “Reptiles del Centro de la Argentina” (Cabrera, 2015), que además incluye a las tortugas. Recientemente fue publicada, además, una síntesis de la biología, sistemática y distribución de los mamíferos que viven en la provincia de Córdoba (Torres y Tamburini, 2018), la cual además presenta una categorización de dichas especies según su estado de conservación a escala provincial. El primer intento recopilatorio de este tipo de información para múltiples grupos faunísticos a escala provincial data del año 1996 (Di Tada y Bucher, Biodiversidad de la Provincia de Córdoba. Fauna. Vol. I.). También se realizó una recopilación a escala regional para la zona de la Laguna Mar Chiquita y los Bañados del río Dulce, en el noreste de la provincia (Bucher, 2006). Todos estos trabajos, sin embargo, presentan información parcial en cuanto a los grupos tratados o la extensión considerada, y no existía un estudio de la fauna de vertebrados presente en Córdoba que unificara taxonomía, distribución y requerimientos ecológicos, entre

otros, y que ofreciera una visión integral y zonificada de la región.

¿Cómo se estudia la distribución de las especies mediante modelos?

La distribución de una especie es una expresión compleja de su ecología e historia evolutiva determinada por diversos factores que operan con distinta intensidad a diferentes escalas (Soberón y Peterson, 2005; Cardozo *et al.*, 2012; Lanfri *et al.*, 2013). El área de distribución de una especie se considera como la disposición espacial de los ambientes adecuados para la ocurrencia de sus individuos (Jenkins *et al.* 2009). El análisis de la relación especie–ambiente ha constituido una pregunta clave en Ecología por su influencia sobre los patrones de distribución (McArthur, 1972; Pearman *et al.*, 2008), la cuantificación de esta relación representa la esencia del modelado geográfico predictivo. Estos modelos se basan generalmente en hipótesis acerca de cómo los factores ambientales controlan la distribución de especies y comunidades (Guisan y Zimmermann, 2000). Los modelos de distribución de especies (Guisan y Thuiller, 2005) o modelos de nicho ecológico (Peterson, 2011) indican la idoneidad del hábitat para la especie que está siendo modelada. Esta idoneidad se estima a partir de observaciones de las especies en el campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores (Ferrier y Guisan, 2006; Araújo y Peterson, 2012) y permiten explicar los patrones de distribución (Elith y Graham, 2009). Una vez confeccionados, los modelos pueden extrapolarse a todo el área de interés, constituyendo de este modo una valiosa herramienta en diversos tópicos dentro de la biología de la conservación (Guisan y Thuiller, 2005; Jeschke y Strayer, 2008). Por ejemplo, mediante modelos de distribución pueden descubrirse nuevas poblaciones de especies endémicas, de distribución acotada o en peligro (e.g. Ferria y Peterson, 2002; Bourg *et al.*, 2005), delimitar el nicho geográfico de especies morfológicamente similares (e.g. Raxworthy *et al.*,

2003; Rivera *et al.*, 2011), evaluar el estado de especies amenazadas (e.g. Di Cola *et al.*, 2008), desarrollar planes de conservación (e.g. Wilson *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2011),

estudiar la distribución de especies en simpatria (e.g. Di Cola y Chiaraviglio, 2011), evaluar la distribución potencial de especies invasoras (e.g. Broennimann *et al.*, 2007; Peterson



Figura 1: Imágenes de fauna tomadas con cámaras trampa. Arriba, izquierda: Zorro Gris (*Lycalopex gymnocercus*); derecha, Puma (*Puma concolor*). Al medio, izquierda: Chuña Patas Negras (*Chunga burmeisteri*); derecha: Martineta (*Eudromia elegans*). Abajo, izquierda: Conejo de los Palos (*Pediolagus salinicola*); derecha, Vizcacha (*Lagostomus maximus*).

et al., 2008; Nori *et al.*, 2011; Villemant *et al.*, 2011), predecir los efectos de cambios climáticos sobre la distribución de las especies (e.g. Thuiller *et al.*, 2005; Araújo *et al.*, 2006; Huntley *et al.*, 2008; Lawler *et al.*, 2009; Torres *et al.*, 2013, 2015; Nori *et al.*, 2014, 2015) y la diversidad filogenética (Araújo *et al.*, 2011), identificar refugios históricos para la biodiversidad (Waltari *et al.*, 2007; Carnaval y Moritz, 2008; Vega *et al.*, 2010), y evaluar el efecto de los cambios en el uso del suelo sobre la biodiversidad (e.g. Torres *et al.*, 2014).

Como base del ordenamiento territorial es de fundamental importancia un enfoque de inclusión de escalas donde se analicen patrones y procesos de la biodiversidad de la fauna de vertebrados terrestres a escala regional y de paisaje. De esta manera se podrán definir regiones de importancia faunística, de riqueza de especies y de endemismos y programar a futuro acciones para la protección de los ambientes y sus componentes. Por todo lo expuesto y desarrollando un estudio interdisciplinario nos planteamos como objetivos: 1) Compilar y seleccionar la información disponible sobre la biodiversidad de vertebrados terrestres de la Provincia de Córdoba; 2) Producir un diagnóstico de la situación de los vertebrados del espacio rural de la provincia; 3) Identificar áreas significativas para la conservación de la biodiversidad de vertebrados; y 4) Proporcionar mapas temáticos indispensables para el ordenamiento del territorio provincial.

METODOLOGÍA

Para responder a los objetivos planteados, en primer lugar elaboramos una base de datos de presencia de especies de vertebrados terrestres que habitan la Provincia de Córdoba. En esta base de datos, accesible y modificable de manera telemática, se georreferenciaron alrededor de 7500 localidades de presencia de vertebrados terrestres. Se obtuvieron registros de presencia a partir de revisiones de colecciones de museos, especí-

menes colectados u observados a campo mediante búsqueda activa y cámaras-trampa (Figura 1) en numerosas campañas de muestreo cubriendo gran parte del territorio provincial, datos recopilados anteriormente por nuestro grupo de trabajo, y datos de ocurrencias obtenidos de la bibliografía específica. En todos los registros se verificó en la nomenclatura la sinonimia de las especies, actualizándola según la bibliografía disponible.

La base de datos elaborada incluye el nombre de la especie, número de registro, localidad, latitud y longitud (coordenadas decimales), fuente del registro, mes y año del registro. A los efectos del presente trabajo, sólo fueron considerados aquellos registros desde 1980 hasta la actualidad, asumiéndose en este trabajo que la distribución de dichos registros representa mejor la distribución de coberturas de la provincia utilizadas en este trabajo (correspondiente al año 2000; Zak, 2008) que aquellos obtenidos con anterioridad a esa fecha. Existen actualmente múltiples algoritmos que son utilizados en el modelado de la distribución potencial. En este trabajo se utilizó el algoritmo de Máxima Entropía, implementado en el software Maxent (Phillips *et al.*, 2006), el cual si bien es uno de los algoritmos más utilizados a nivel global, en los últimos años no estuvo exento de críticas, por lo que en este trabajo se siguieron las recomendaciones de Merow *et al.* (2013) y Yackulik *et al.* (2013).

Como factores ambientales se obtuvieron 19 variables bioclimáticas de la base de datos WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), las cuales fueron descargadas con una resolución de 0,5 minutos de arco. También se utilizó la capa de elevación de la base de datos SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) de la NASA (<http://srtm.usgs.gov>), obtenida a la resolución nativa de 90m, y la capa de coberturas de la vegetación de la provincia de Córdoba (Zak, 2008), con una resolución original de 90m. Las 20 clases de coberturas de la versión original fueron reagrupadas a 12 clases (bosques de llanura, arbustales de llanura, pastizales de llanura, bosque serrano, arbustales serranos,

pastizales serranos, vegetación halófila, vegetación palustre/agua, salinas, vegetación cultural (cultivos/pasturas), forestaciones y roca desnuda), asumiendo que la distribución de la fauna responde a las características generales de la fisonomía de la vegetación, mas que a la composición florística de la misma. Todas las capas fueron luego interpoladas a una resolución de 0,5 minutos de arco (aproximadamente 1 km en el área de estudio) que fue la que se utilizó en el modelado.

Dado que las variables ambientales frecuentemente se encuentran correlacionadas, se realizó una selección de aquéllas representativas de las condiciones climáticas promedio y extremas y su variabilidad, tanto en las precipitaciones como en la temperatura, y que además presentaran un valor de correlación no significativo entre ellas. De este modo, finalmente se seleccionaron para modelar 8 variables ambientales: elevación, precipitación anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del mes más seco, temperatura máxima del mes más cálido, temperatura mínima del mes más frío, rango anual de la temperatura (diferencia entre las dos variables anteriores), y el mapa de coberturas de vegetación, siendo todas las variables de naturaleza continua excepto la última que es categórica.

La implementación del algoritmo de Máxima Entropía en el software Maxent resulta robusta ante muestras sumamente pequeñas (Elith *et al.*, 2006), pudiendo modelarse con al menos 5 registros (Pearson *et al.*, 2007). Sin embargo, 140 especies de las 579 presentes en la provincia (24 %) son ocasionales y por lo tanto presentaron menos de 5 registros y no pudieron ser modeladas. Para cada una de las 439 especies restantes se generó un modelo entrenándolo con el 70 % de las localidades de presencia, dejando el resto para evaluar el desempeño del mismo. Este proceso se repitió 100 veces para cada especie, con distinta combinación de puntos de entrenamiento y de validación, para finalmente promediar los diez mejores modelos en cuanto a su desempeño. El desempeño de los

modelos fue evaluado mediante el valor del Área Bajo la Curva (AUC según sus siglas en inglés), que varía entre 0 y 1, considerándose aceptables en este trabajo aquellos modelos cuyo AUC fue mayor o igual a 0.65. Los modelos entrenados con 10 o menos registros fueron evaluados con el software p-value Compute según el procedimiento descrito en Pearson *et al.* (2007). En este caso los modelos que presentaron un valor de $p < 0.05$ fueron considerados aceptables. Los modelos de 60 especies no cumplieron con estos criterios y tuvieron que ser desechados, quedando finalmente 379 especies (65 % del total) cuyos modelos fueron aceptables.

Como último paso, para generar los mapas de distribución potencial (Figura 2) -luego de obtener la proyección geográfica de valores de idoneidad del hábitat para cada especie- se seleccionó un umbral de idoneidad por debajo del cual la especie en cuestión fue considerada como ausente. Existen muchos criterios para seleccionar un valor de umbral de presencia, aunque ninguno está exento de arbitrariedad; en nuestro caso, los umbrales fueron determinados para cada especie por separado basados en nuestra experiencia y conocimientos.

La confección de estos mapas binarios (de presencia-ausencia) nos permitió luego generar mapas temáticos integradores mediante la superposición de los mismos. De este modo se elaboraron los siguientes productos finales:

- 1) Mapa de riqueza de vertebrados terrestres, confeccionado mediante la superposición de los mapas de todas las especies cuyos modelos cumplieron con los criterios de desempeño aceptable (379), luego recategorizado en 10 clases de riqueza (Figura 3).

- 2) Mapa de zonas zoogeográficas. Para la elaboración de este mapa (Figura 4), en primer lugar las salidas continuas de los modelos individuales de las 379 especies fueron incluidas como variables dependientes en un Análisis de Correspondencia Canónico (CCA),

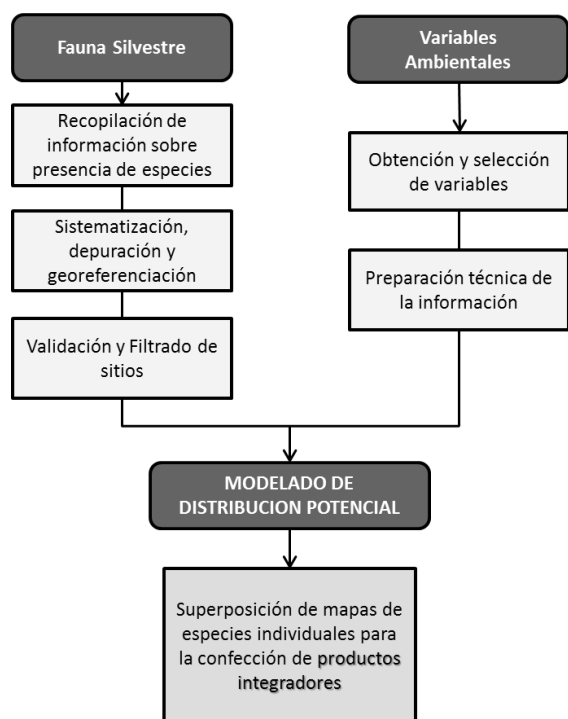


Figura 2: Metodología utilizada en la zonificación ambiental de fauna para el ordenamiento territorial.

mientras que como variables regresoras fueron incluidas ocho capas representando la distancia euclidiana a cada una de las siguientes coberturas: bosques de llanura, arbustales de llanura, pastizales de llanura, bosque serrano, arbustales serranos, pastizales serranos, vegetación halófila, y agua/vegetación palustre. Los primeros tres ejes del CCA representaron en conjunto un 70 % de la variación total. En base a los gráficos *biplots* (análisis de componentes principales) obtenidos se agruparon algunas categorías dado que varias resultaron similares faunísticamente. De este modo se pudieron distinguir 6 identidades espaciales de fauna que responden a la fisonomía actual de la provincia de Córdoba: fauna altoserrana, fauna de bosques y matorrales serranos, fauna de bosques y matorrales de llanura, fauna de zonas halófilas y relictos de pastizales de llanura, fauna propia de otras zonas que usan secundariamente los cultivos, y fauna de humedales. El mapa final de zonas zoogeográficas de Córdoba fue elaborado incorporando los tres primeros ejes del CCA como variables

(en lugar de los 439 mapas individuales) para realizar una Clasificación de Máxima Verosimilitud en función de las 6 identidades espaciales faunísticas determinadas. Finalmente mediante tabulación cruzada entre cada una de estas zonas y los mapas de presencia/ausencia para cada especie, se determinó el elenco de especies característico para cada zona, seleccionando aquellas cuya distribución estuvo representada en un 50 % o más en una zona determinada (Anexo I).

3) Mapa de vectores de enfermedades transmisibles al hombre, el cual fue confeccionado superponiendo los mapas individuales de los roedores *Akodon azarae* (vector de fiebre hemorrágica y virus Hanta), *Calomys laucha* (fiebre hemorrágica), *C. musculus* (fiebre hemorrágica), *Oligoryzomys flavescens* (virus Hanta) y el murciélago vampiro *Desmodus rotundus* (vector del virus de la rabia). El mapa resultante fue luego homogeneizado mediante un proceso de “ventana móvil”, de modo tal que cada píxel en el mapa final representa la categoría dominante a 5 km a la redonda. Las distintas zonas en este mapa (Figura 5) indican la presencia de los vectores de dichas enfermedades, no la presencia de las enfermedades en sí, dado que los vectores pueden estar infectados o no.

4) Mapas de distribución de Ofidios Venenosos. Se obtuvieron mapas individuales (Figura 6) de las 5 especies de ofidios venenosos que habitan en la provincia: Coral (*Micrurus pyrrhocryptus*), Yará grande (*Bothrops alternatus*), Yará chica (*B. diporus*), Yará ñata (*B. ammodytoides*) y Cascabel (*Crotalus durissus*).

5) Mapa de áreas prioritarias para la conservación de vertebrados terrestres. Para la generación de este mapa (Figura 7), se seleccionaron aquellas especies que cumplirían al menos alguno de estos tres criterios: 1) ser endémicas del centro de Argentina (30 especies en la provincia); 2) ser exclusivas de alguna ecoregión en la provincia (97 especies); y 3) estar en peligro a nivel nacional (52 especies; López-Lanús *et al.* 2008; Giraudo *et*

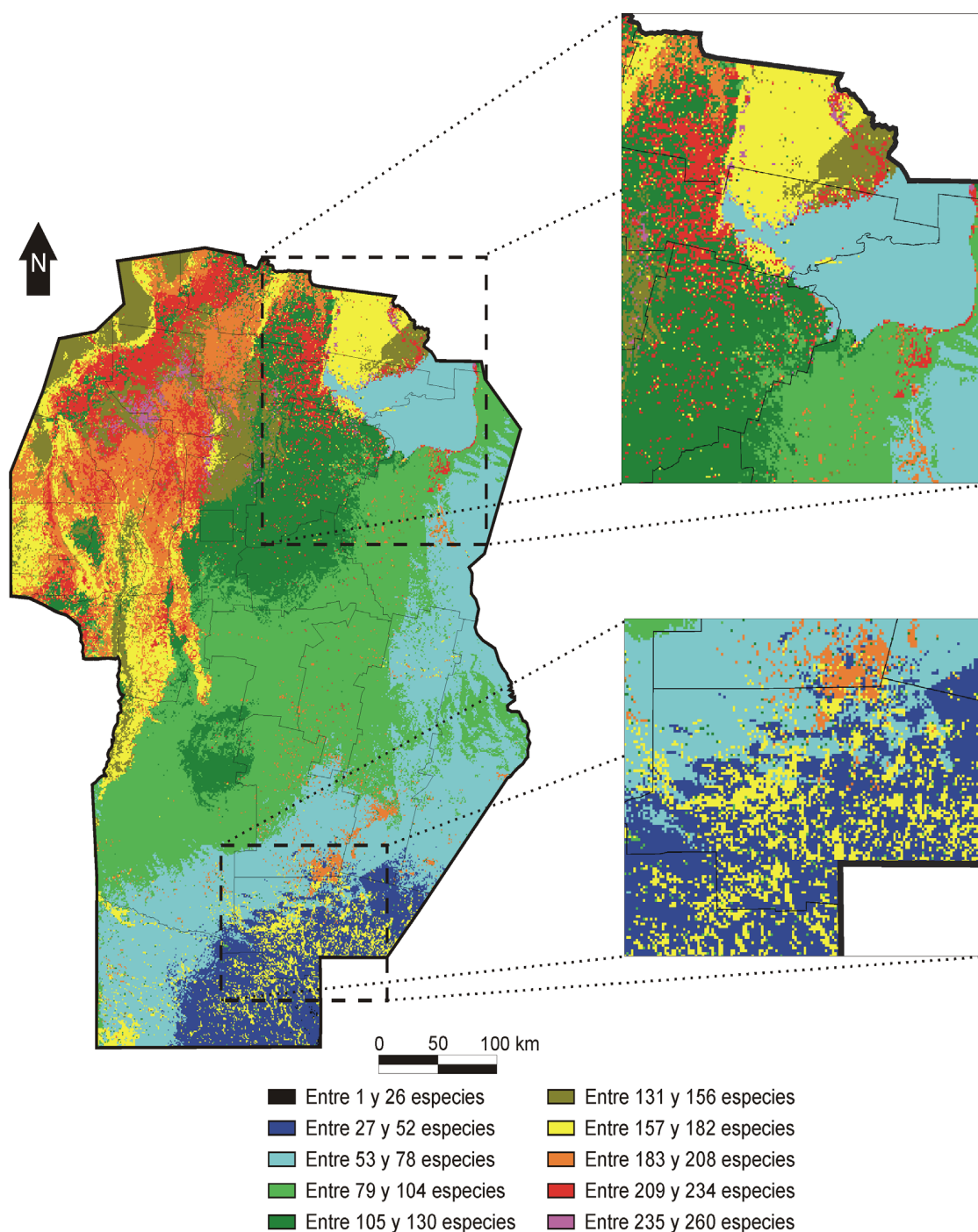


Figura 3: Mapa de riqueza de vertebrados terrestres (número de especies por píxel de 1 km de lado), confeccionado a partir de la superposición de los mapas de distribución individual de 439 especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos de Córdoba. El área ampliada en el noreste de la provincia señala la zona donde la frontera agrícola es más activa actualmente, con un notable contraste de zonas fragmentarias de alta riqueza (correspondientes a remanentes de bosque de llanura) inmersas en una matriz de baja riqueza (cultivos). La misma situación se aprecia al sureste de la provincia, con un alto contraste de zonas de riqueza alta (correspondientes a lagunas y área de influencia) en una matriz de riqueza extremadamente baja (cultivos).

al. 2012; Ojeda *et al.*, 2012; Vaira *et al.* 2012) -ver las especies seleccionadas en el Anexo II-. Luego se confeccionó un mapa de riqueza para cada grupo, superponiendo los mapas individuales de aquellas especies cuyo número de registros permitió su modelado, y cuyos modelos mostraron un desempeño aceptable (28 especies endémicas, 77 exclusivas de alguna ecoregión y 31 en peligro

a nivel nacional, respectivamente). Antes de ser combinados, estos mapas fueron estandarizados entre 0 y 1 para otorgarles similar peso. El mapa final de áreas prioritarias fue generado promediando los tres mapas anteriores y luego recategorizando el mapa resultante en 3 clases, para determinar zonas de alta prioridad de conservación (con un valor entre 0.50 y 0.75, que fue el máximo obteni-

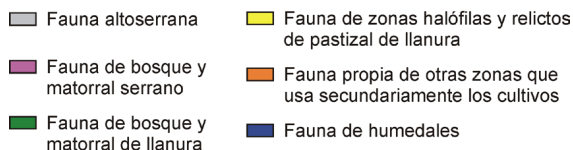
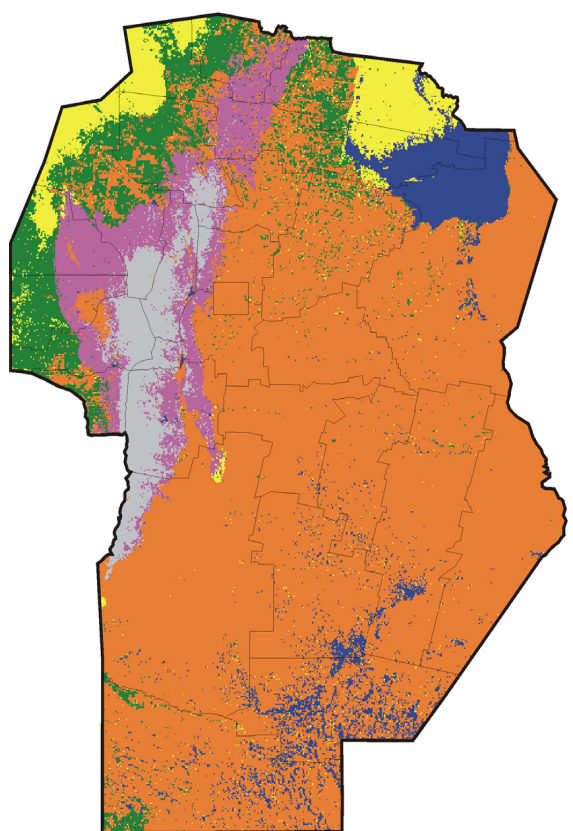


Figura 4: Mapa de áreas zoogeográficas de Córdoba, basado en la distribución actual de 439 especies de vertebrados terrestres (especies características de cada zona: ver Anexo I).

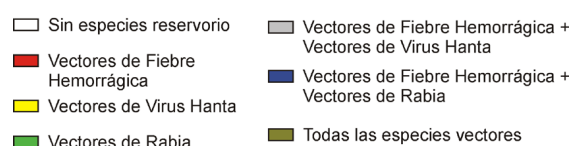
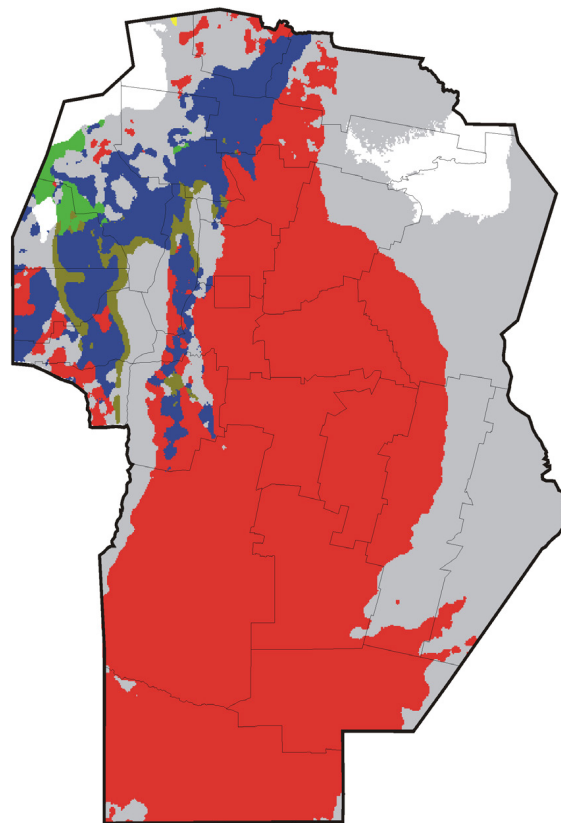
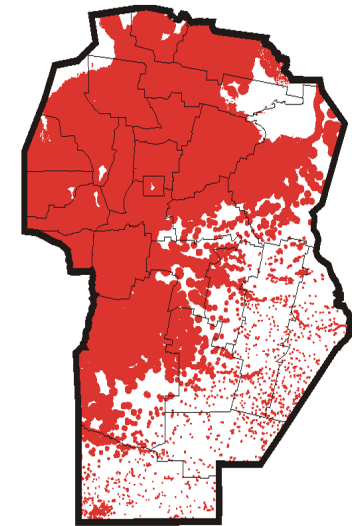
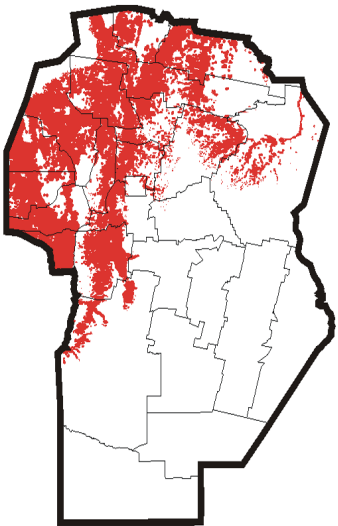


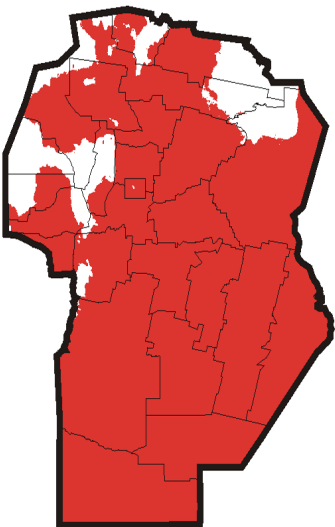
Figura 5: Mapa de presencia probable de especies vectores de enfermedades transmitidas al hombre. El mapa no debe ser interpretado como presencia de la enfermedad, sino solo de sus hospedadores, que pueden estar infectados o no. Especies consideradas: *Akodon azarae* (fiebre hemorrágica y virus hanta), *Calomys laucha* (fiebre hemorrágica), *Calomys musculinus* (fiebre hemorrágica), *Oligoryzomys flavescens* (virus hanta), *Desmodus rotundus* (rabia).



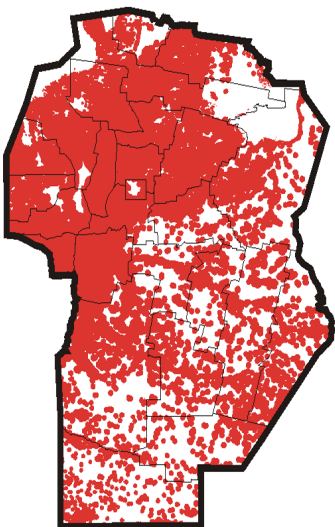
Coral
(*Micrurus Pyrrhocryptus*)



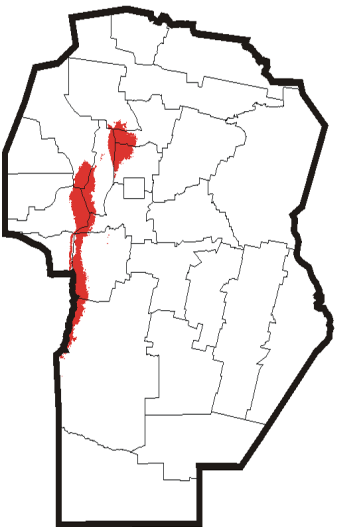
Serpiente de Cascabel
(*Crotalus durissus terrificus*)



Yarará Grande o Víbora de la Cruz
(*Bothrops alternatus*)



Yarará Chica
(*Bothrops diporus*)



Yarará Ñata
(*Bothrops ammodytoides*)

Figura 6: Mapas de distribución de Ofidios Venenosos.

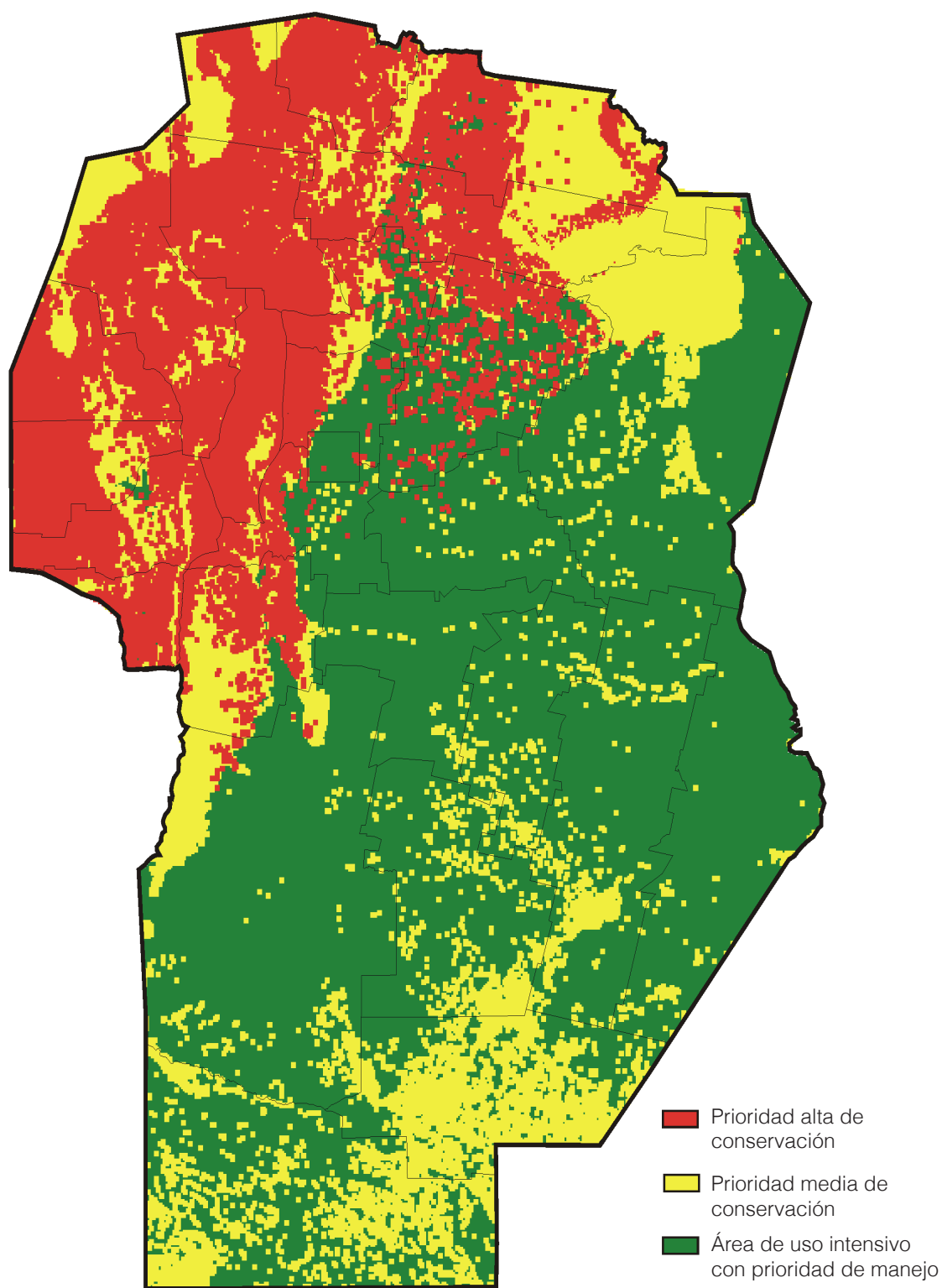


Figura 7: Mapa de áreas prioritarias para la conservación de vertebrados terrestres, confeccionado en base a la presencia conjunta de 137 especies endémicas, de distribución restringida (exclusivas de una ecorregión) y/o con alguna categoría de peligro a nivel nacional (ver Anexo II).

do), de prioridad media (con un valor de entre 0.25 y 0.50), y de uso intensivo con prioridad de manejo (entre 0 y 0.25). Este mapa fue finalmente homogeneizado mediante una ventana móvil de modo tal que cada píxel indica el valor dominante a 5 km a la redonda.

CONCLUSIONES

El mapa de Riqueza de Vertebrados Terrestres muestra que el área de mayor diversidad biológica en la Provincia de Córdoba es el cuadrante NO, presentando un gradiente decreciente desde las zonas serranas hacia las zonas de llanuras. La región de Pampa de Achala es de especial interés ya que en un área reducida muestra alta densidad de especies. En el NE y SE de la provincia, donde la frontera agrícola es más activa actualmente, se evidencia un notable contraste de zonas fragmentarias de alta riqueza (remanentes de bosque o zonas de lagunas) inmersas en una matriz de baja riqueza (cultivos).

El mapa de Zonas Zoogeográficas pone de manifiesto la existencia de distintas identidades espaciales en el patrón faunístico de la provincia. Si bien varias especies generalistas usan los cultivos de manera secundaria, claramente existe una fuerte asociación entre la fauna y los ambientes originales donde habitan. Esta sectorización geográfica sugiere que la diversidad de ambientes favorece la diversidad de comunidades de fauna silvestre resaltando la importancia de preservar la heterogeneidad ambiental para la conservación de la biodiversidad. La fauna altoserrana es la mejor caracterizada, dada la cantidad de especies y subespecies endémicas que allí habitan. La fauna de bosques y matorrales de llanura también es bien distintiva, caracterizada por especies típicas de la ecorregión chaqueña. Tal como se esperaba, la fauna de humedales (agua/vegetación palustre) estuvo definida casi exclusivamente por varias especies de aves acuáticas y no por anfibios, lo cual resulta lógico considerando que al trabajarse con una resolución de 1 km², solo fueron

incluidos humedales con una superficie igual o mayor a ésta. Resultó interesante la existencia de una fauna distintiva de bosques y matorrales serranos, compuesta por una mixtura de especies que en el norte del país pueden encontrarse en zonas llanas no tan secas o en bosque pedemontanos, y otras de linaje patagónico. Finalmente, debe remarcarse la escasa superficie de todas estas zonas en comparación con la superficie cubierta por cultivos o pasturas, en particular los pastizales de llanura, con una superficie remanente tan exigua que la clasificación realizada falló en encontrar una fauna característica, agrupándola junto con la fauna de zonas halófilas (zonas que también comprenden pastizales).

Los Mapas de Especies Vectores de Enfermedades y de distribución de Ofidios Venenosos han permitido brindar un conocimiento de gran utilidad social y sanitaria, tomando como base a los patrones zoogeográficos de especies clave. Este mapa permite planificar estrategias considerando la diversidad de necesidades en un escenario espacial y regionalizado.

El mapa de Áreas Prioritarias para la Conservación pone en evidencia que más de la mitad del territorio provincial comprende áreas de uso intensivo que deben ser atendidas para mejorar su manejo y conservación de las especies, especialmente aquellas de distribución limitada o en alguna categoría de riesgo. Por otro lado, el cuadrante NO que aún cuenta con altos niveles de diversidad biológica debe ser considerado como una zona de alta prioridad de conservación. En ambos sectores es de destacar la importancia de proteger la continuidad de los fragmentos, ya que ellos también preservan componentes faunísticos claves de la biodiversidad de nuestra provincia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo, M. B., Thuiller, W. y Pearson, R. G. (2006). Climate warming and the decline of amphibians

- and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography*, 33, 1712-1728.
- Araújo, M. B., Alagador, D., Cabeza, M., Nogué-Bravo, D. y Thuiller, W. (2011). Climate change threatens European conservation areas. *Ecology Letters*, 14, 484-492.
- Araújo, M. B. y Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modelling. *Ecology*, 93, 1527-1539.
- Bourg, N. A., McShea, W. J. y Gill, D. E. (2005). Putting a cart before the search: successful habitat prediction for a rare forest herb. *Ecology*, 86, 2793-2804.
- Broennimann, O., Treier, U. A., Müller-Schärer, H., Thuiller, W., Peterson, A. T. y Guisan, A. (2007). Evidence of climatic niche shift during biological invasion. *Ecology Letters*, 10, 701-709.
- Bucher, E. (2006). *Bañados del Río Dulce y Laguna mar Chiquita, Córdoba Argentina*. Córdoba, Argentina: Academia Nacional de Ciencias.
- Cardozo, G. y Chiaraviglio, M. (2008). Landscape changes influence the reproductive behaviour of a key capital breeder's snake (*Boa constrictor occidentalis*) in the Gran Chaco region, Argentina. *Biological Conservation*, 141, 3050-3058.
- Cardozo, G., Naretto, S., Zak, M. y Chiaraviglio, M. (2012). The role of landscape in contact zones of sister species of lizards. En: Tiefenbacher J., Perspective on nature conservation – patterns, pressures and prospects. (pp. 161-176). Croatia: Intech.
- Carnaval, A. C. y Moritz, C. (2008). Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*, 35, 1187-1201.
- Cabrera, M. R. (2004). *Las Serpientes de Argentina Central*. (1° Ed). Córdoba, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Cabrera, M. R. (2009). *Lagartos del Centro de la Argentina*. Córdoba, Argentina: Edición Independiente.
- Cabrera, M. R. (2015). *Reptiles del centro de la Argentina*. Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Chébez, J. C. (2008). *Los que se van. Fauna Argentina amenazada*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Albatros.
- De Candolle, A. P. (1820). Essai élémentaire de géographie botanique. En: Lomolino, M. V., Sax, D. F. y Brown, J. H. (eds). Foundations of Biogeography (pp. 28-48). Chicago, IL, USA: University of Chicago Press.
- Dibattista, J. D., Roberts, M. B., Bouwmeester, J., Bowen, B. W., Coker, D. J., Lozano-Cortez, D. et al. (2015). A review of contemporary patterns of endemism for shallow water reef fauna in the Red Sea. *Journal of Biogeography*, DOI: 10.1111/jbi.12649.
- Di Cola, V., Cardozo, G., Lanfri, M., Scavuzzo, M. y Chiaraviglio, M. (2008). Modelling the distribution of the Boid snakes, *Epicrates cenchria alvarezi* and *Boa constrictor occidentalis* in the Gran Chaco (South America). *Amphibia-Reptilia*, 29, 299-310.
- Di Cola, V. y Chiaraviglio, M. (2011). Establishing species' environmental requirements to understand how the southernmost species of South American pitvipers (*Bothrops*, Viperidae) are distributed: A niche-based modelling approach. *Austral Ecology*, 36, 90-98.
- Di Cola, V. (2012). Significado ecológico y evolutivo de los requerimientos de hábitat de ofidios (Serpentes) neotropicales. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba
- Di Tada, I. y Bucher, E. H. (1996). *Biodiversidad de la Provincia de Córdoba. Fauna. Vol. I*. Córdoba, Argentina.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudik, M., Ferrier, S. y Guisan, A. (2006). Novel methods improve prediction of species' distribution from occurrence data. *Ecography*, 19, 129-151
- Elith, J. y Graham, C. H. (2009). Do they? How do they? Why do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography*, 32, 66-77.
- Escalante, T. (2009). Un ensayo sobre regionalización biogeográfica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 80, 551-560.
- Ferrier, S. y Guisan, A. (2006). Spatial modelling of biodiversity at the community level. *Journal of Applied Ecology*, 43, 393-404.
- Feria, T. P. y Peterson, A. T. (2002). Prediction of bird community composition based on point-occurrence data and inferential algorithms: a valua-

- ble tool in biodiversity assessments. *Diversity and Distributions*, 8, 49-56.
- Giraudó, A. R., Arzamendia, V., Bellini, G. P., Bessa, C., Calamante, C. C., Cardozo, G. *et al.* (2012). Categorización del estado de conservación de las Serpientes de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26, 303-326.
- Guisan, A. y Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186.
- Guisan, A. y Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters*, 8, 993-1009.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G. y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978.
- Huntley, B., Collingham, Y. C., Willis, S. G. y Green, R. E. (2008). Potential impacts of climatic change on European breeding birds. *PLoS ONE*, 3(10): e1439.
- Jenkins, C., Peterson, C. R. y Kingsbury, B. A. (2009). Modeling snake distribution and habitat. En: Mullin, S.J. y Seigel, R, *Snakes. Ecology and Conservation*. (pp. 123-355). London: Cornell University Press.
- Jeschke, J. M. y Strayer, D. L. (2008). Usefulness of bioclimatic models for studying climate change and invasive species. *Annals of The New York Academy of Sciences*, 1134, 1-24.
- Lanfri, S., Di Cola, V., Naretto, S., Chiaraviglio M. y Cardozo, G. (2013). Understanding the ecological niche to elucidate spatial strategies of the southernmost *Tupinambis* lizards. *Amphibia-Reptilia*, 34, 551-565.
- Lawler, J. J., Shafer, S. L., White, D., Kareiva, P., Maurer, E. P., Blaustein, A. R., *et al.* (2009). Projected climate-induced faunal change in the Western Hemisphere. *Ecology*, 90, 588- 597.
- López-Lanús, B., Grilli, P., Di Giácomo, A. S., Cocconier E. E. y Banchs, R. (2008). Categorización de las aves de la Argentina según su estado de conservación. Aves Argentinas/AOP y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Buenos Aires.
- McArthur, R. H. (1972). Geographical ecology: patterns in the distribution of species. New York: Harper and Row.
- Merow, C., Smith, M. J., Silander, J. A. (2013). A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography*, 36, 1058-1069.
- Morrone, J. J. (2009). Parsimony analysis of endemism (PAE) revisited. *Journal of Biogeography*, 41, 842-854.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Fonseca, G. A. B. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Nores, M. e Izurieta, D. (1980). *Aves de ambientes acuáticos de Córdoba y Centro de Argentina*. Córdoba, Argentina: Secretaría de estado de Agricultura y Ganadería.
- Nori, J., Urbina-Cardona N., Loyola R. y Leynaud, G. C. (2011). Climate Change and American bullfrog invasion: What could we expect in South America? *PLoS One* 6, E25718.
- Nori, J., Carrasco, P. A. y Leynaud, G. C. (2014). Venomous snakes and climate change: Ophiidism as a dynamic problem. *Climatic Change*, 122, 67-80.
- Nori, J., Moreno Azócar, D. L., Cruz F. B. y Leynaud, G. C. (2015). Translating niche features: Modeling differential exposure of Argentine reptiles to global climate change. *Austral Ecology*, en prensa (doi:10.1111/aec.12321).
- Ojeda, R. A., Chillo, V. y Diaz Isenrath, G. B. (2012). Libro rojo de mamíferos amenazados de la Argentina. Argentina: Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos.
- Pearman, P.B., Guisan, A., Broennimann, O. y Randin, C.F. (2008) Niche dynamics in space and time. *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 149-158.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M. y Peterson, A. T. (2007). Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 34, 102-117
- Peterson, A. T. (2011). Ecological niche conservatism: a time-structured review of evidence. *Journal of Biogeography*, 38, 817-827.

- Peterson, A. T., Stewart, A., Mohamed, K. I. y Araújo, M. B. (2008). Shifting global invasive potential of european plants with climate change. *PLoS ONE*, 3, e2441.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. y Schapire R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, 231-259.
- Raxworthy, C. J., Martinez-Meyer, E., Horning, N., Nussbaum, R. A., Schneider, G. E., Ortega-Huerta, M. A., *et al.* (2003). Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. *Nature*, 426, 837-41.
- Rivera, P. C., Di Cola, V., Martínez, J. J., Gardenal, C. N. y Chiaraviglio, M. (2011). Species delimitation in the continental forms of the genus *Epicrates* (Serpentes, Boidae) integrating phylogenetics and environmental niche models. *PLoS ONE*, 6, e22199.
- Soberon, J. y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M. B., Sykes, M. T. y Prentice, I. C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 8245-8250.
- Torres, R., Jayat, J. P. y Pacheco, S. (2013). Modelling potential impacts of Climate Change on the bioclimatic envelope and conservation of the Maned Wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Mammalian Biology*, 78, 41-49.
- Torres, R., Gasparri, N. I. Blending, P. G. y Grau, H. R. (2014). Land use and land cover effects on regional biodiversity distribution in a subtropical dry forest: a hierarchical integrative multi-taxa study. *Regional Environmental Change*, 14, 1549-1561.
- Torres, R., Abba, A. M. y Superina, M. (2015). Climate fluctuations as a cause of rarity in fairy armadillos. *Mammalian Biology*, 80, 452-458.
- Torres, R. y Tamburini, D. (Edit). (2018). *Mamíferos de Córdoba y su estado de conservación*. Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Vaira, M., Akmentins, M. S., Attademo, M. A., Baldo, D., Barraso, D., Barrionuevo, S. *et al.* (2012). Categorización del estado de conservación de los anfibios de la República Argentina. *Cuadernos de Herpetología*, 26, 131-159.
- Villemant, C., Barbet-Massin, M., Perrard, A., Muller, F., Gargominy, O., Jiguet, F., *et al.* (2011). Predicting the invasion risk by the alien bee-hawking Yellow-legged hornet *Vespa velutina nigrit thorax* across Europe and other continents with niche models. *Biological Conservation*, 144, 2142-2150.
- Vega, R., Fløjgaard, C., Lira-Noriega, A., Nakazawa, Y., Svenning, J. C. y Searle, J. B. (2010). Northern glacial refugia for the pygmy shrew *Sorex minutus* in Europe revealed by phylogeographic analyses and species distribution modelling. *Ecography*, 33, 260- 271.
- Wilson, K., Pressey R. L., Newton, A., Burgman, M., Possingham, H., Weston, C. (2005). Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning. *Environmental Management*, 35, 527-543.
- Waltari, E., Hijmans, R. J., Peterson, A. T., Nyári, Á. S., Perkins, S. L. y Guralnick, R. P. (2007). Locating pleistocene refugia: Comparing phylogeographic and ecological niche model predictions. *PLoS ONE*, 2, 11.
- Yackulic, C. B., Chandler, R., Zipkin, E. F., Royle, A., Nichols, J. D., Campbell Grant, E. H. (2013). Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences? *Methods in Ecology and Evolution*, 4, 236-243.
- Zak, M. (2008). Patrones espaciales de la vegetación de la provincial de Córdoba. Análisis complementario de información satelital y datos de campo. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Córdoba.

Anexo I

Especies y subespecies de vertebrados terrestres cuya distribución se superpone en un 50 % o más con cada zona zoogeográfica definida para la provincia de Córdoba (las especies están ordenadas según su valor de asociación a una zona en particular, en forma descendente).

ZONA ALTOSERRANA

Anfibios: *Pleurodema cordobae*, *Rhinella achalensis*, *Odontophrynus achalensis*, *Pleurodema kriegii*, *Melanophryniscus stelzneri*

Reptiles: *Prystidactylus achalensis*, *Lygophis vanzolinii*, *Bothrops ammodytoides*

Aves: *Oreopholus ruficollis*, *Bubo magellanicus*, *Upucerthia dumetaria*, *Cinclodes comechingonus*, *Asthenes sclateri*, *Asthenes modesta cordobae*, *Muscisaxicola rufivertex achalensis*, *Phrygilus plebejus*, *Agriornis montanus fumosus*, *Cinclodes atacamensis schocolatinus*, *Geositta rufipennis ottowi*, *Sturnella loyca obscura*, *Psilopsiagon aymara*, *Cinclodes olrogi*, *Phrygilus alaudinus*, *Lepthasthenura fuliginiceps*, *Geositta cunicularia contrerasi*, *Aeronautes andecolus*, *Nothoprocta pentlandi*, *Theristicus caudatus*, *Phrygilus unicolor*, *Anthus hellmayri*, *Catamenia inornata cordobensis*, *Circus cinereus*, *Streptoprocne zonalis*, *Anairetes parulus*

Mamíferos: *Lycalopex culpaeus smithersi*, *Akodon polopi*, *Ctenomys osvaldoreigi*

ZONA DE BOSQUE Y MATORRAL SERRANO

Anfibios: *Odontophrynus occidentalis*, *Hypsiboas cordobae*

Reptiles: *Homonota whitii*

Aves: *Aramides cajanea*, *Bubo virginianus*, *Crotophaga ani*, *Nothura darwinii*, *Poospiza nigrorufa whitii*, *Pheucticus aureoventris*, *Cyanocompsa brissonii*, *Coccyzus melacoryphus*, *Anairetes parulus*

Mamíferos: *Tamandua tetradactyla*, *Histiotus macrotus*, *Desmodus rotundus*

ZONA DE BOSQUE Y MATORRAL DE LLANURA

Anfibios: *Lepidobatrachus llanensis*, *Leptodactylus bufonius*, *Pleurodema guayapae*

Reptiles: *Stenocercus doellojuradoi*, *Vanzosaura rubricauda*, *Tropidurus etheridgei*, *Chelonoidis chilensis*, *Epicrates alvarezi*, *Liolaemus chacoensis*

Aves: *Picumnus cirratus*, *Piranga flava*, *Lepidocolaptes angustirostris*, *Knipolegus striaticeps*, *Poospiza hypochondria*, *Spizaipteryx circumcincta*, *Sarcoramphus papa*, *Taraba major*, *Accipiter striatus*, *Helio-master furcifer*

Mamíferos: *Mazama gouazoubira*, *Tolypeutes matacus*, *Pediolagus salinicola*

ZONA DE VEGETACIÓN HALÓFILA Y RELICTOS DE PASTIZALES DE LLANURA

Anfibios: *Chacophrys pierotti*, *Rhinella schneideri*

Aves: *Xolmis salinarum*, *Pseudoleistes virescens*, *Asio flammeus*, *Rhynchotus rufescens*

Mamíferos: *Dolichotis patagona*

ZONA DE HUMEDALES DE MÁS DE 1 Km² (AGUA/VEGETACIÓN PALUSTRE)

Reptiles: *Phrynos hilarii*

Aves: *Netta erythrophthalma*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Larus dominicanus*, *Calidris alba*, *Phoenicoparrus andinus*, *Botaurus pinnatus*, *Anas sibilatrix*, *Chroicocephalus maculipennis*, *Ciconia maguari*, *Dendrocygna bicolor*, *Chauna torquata*, *Calidris bardii*, *Bartramia longicauda*, *Circus bufón*, *Nomonyx dominicus*, *Dendrocygna viduata*, *Gallinula melanops*, *Fulica armillata*, *Fulica rufifrons*, *Ardea cocoi*, *Fulica leucoptera*, *Certhiaxis cinnamomeus*, *Aramus guarauna*, *Calidris melanotos*, *Gallinula galeata*, *Charadrius falklandicus*, *Butorides striata*, *Coscoroba coscoroba*, *Chroicocephalus cirrhocephalus*, *Calidris fuscicollis*, *Nycticryphes semicollaris*, *Anas versicolor*, *Tachycineta leucorrhoa*, *Phleocryptes melanops*, *Chrysomus ruficapillus*, *Sterna trudeaui*, *Platalea ajaja*, *Alopocheilidon fucata*, *Cistothorus platensis*, *Anas georgica*, *Pluvialis dominica*, *Gallinago paraguaiiae*, *Calidris himantopus*, *Plegadis chi*, *Donacospiza albifrons*, *Sarkidiornis melanotos*, *Podiceps occipitalis*, *Podilymbus podiceps*, *Anas bahamensis*, *Anas platatea*, *Gelochelidon nilotica*, *Netta peposaca*, *Phalacrocorax brasilianus*

Anexo II

Especies de vertebrados terrestres prioritarios para la conservación en Córdoba, seleccionados en base a su endemidad, por ser exclusivos en una ecorregión dada en la provincia, o por presentar alguna categoría de peligro a nivel nacional. Se indican con un asterisco (*) las especies y subespecies que no pudieron ser modeladas debido a que poseen menos de cinco registros en la provincia con posterioridad a 1980; con dos asteriscos (**) aquellas especies que fueron modeladas pero cuyos modelos no cumplieron con el criterio de confiabilidad ($AUC < 0,65$; ver texto) y por lo tanto no fueron usadas en los análisis posteriores.

ESPECIES Y SUBESPECIES ENDÉMICAS

Anfibios: *Hypsiboas cordobae*, *Rhinella achalensis*, *Odontophrynus cordobae*, *Odontophrynus achalensis*, *Pleurodema cordobae*, *Pleurodema kriegi*, *Melanophryniscus stelzneri stelzneri*

Reptiles: *Pristydactylus achalensis*, *Liolaemus saxatilis*, *Liolaemus ditadai**, *Cnemidophorus serranus*

Aves: *Nothoprocta pentlandii doeringi*, *Cyanoliseus patagonus conlara*, *Cinclodes olrogi*, *Cinclodes comechingonus*, *Cinclodes atacamensis chocolatinus*, *Geositta cunicularia contrerasi*, *Geositta rufipennis ottowi*, *Asthenes modesta cordobae*, *Asthenes sclateri sclateri*, *Muscisaxicola rufivertex achalensis*, *Agriornis montanus fumosus*, *Catamenia inornata cordobensis*, *Phrygilus unicolor cyaneus*, *Phrygilus plebejus naroskyi*, *Sturnella loyca obscura*

Mamíferos: *Lycalopex culpaeus smithersi*, *Akodon polopi*, *Ctenomys osvaldoreigi*, *Leopardus geoffroyi salinarum**

ESPECIES EXCLUSIVAS DE ALGUNA ECORREGIÓN

Anfibios: *Ceratophrys ornata**, *Chacophrys pierottii*, *Lepidobatrachus asper**, *Lepidobatrachus llanensis*, *Hypsiboas pulchellus*, *Rhinella achalensis*, *Odontophrynus achalensis*, *Pleurodema cordobae*, *Pleurodema kriegi*, *Pleurodema guayapae*, *Phyllomedusa sauvagei*, *Leptodactylus bufonius*, *Leptodactylus chaquensis*

Reptiles: *Tupinambis rufescens*, *Leiosaurus paronae*, *Urostrophus gallardoi**, *Pristydactylus achalensis*, *Liolaemus chacoensis*, *Liolaemus ditadai**, *Stenocercus doellojuradoi*, *Stenocercus pectinatus**, *Cnemidophorus serranus*, *Chelonoidis chilensis*, *Hydromedusa tectifera**, *Bothrops ammodytoides*, *Philodryas baroni**, *Boa constrictor occidentales*, *Epicrates alvarezi*, *Lygophis vanzolinii*, *Phimophis vittatus**

Aves: *Crypturellus tataupa*, *Eudromia elegans*, *Sarkidiornis melanotos*, *Netta erythrophthalma*, *Nomonyx dominicus*, *Ortalis canicollis*, *Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Botaurus pinnatus*, *Phimosus infuscatus*, *Cathartes burrovianus*, *Vultur gryphus*, *Ictinia mississippiensis**, *Accipiter striatus*, *Accipiter bicolor**, *Buteogallus urubitinga****, *Buteogallus meridionalis*, *Pluvialis dominica*, *Pluvialis squatarola***, *Bubo virginianus*, *Bubo magellanicus*, *Strix chacoensis*, *Picumnus cirratus*, *Veniliornis mixtus*, *Dryocopus schulzi*, *Campephilus leucopogon*, *Chunga burmeisteri*, *Spizapteryx circumcincta*, *Aratinga acuticaudata*, *Spartonoica maluioides**, *Craniolaema pyrrhophia*, *Asthenes baeri***, *Asthenes sclateri*, *Xiphocolaptes major*, *Lepidocolaptes angustirostris*, *Taraba major*, *Thamnophilus caerulescens*, *Rhinocrypta lanceolata*, *Elaenia albiceps*, *Elaenia parvirostris***, *Stigmatura budytoides*, *Hemitriccus margaritaceiventer*, *Myiophobus fasciatus*, *Knipolegus striaticeps*, *Fluvicola pica*, *Myiarchus swainsoni*, *Myiarchus tyrannulus**, *Xenopsaris albinucha***, *Pachyrhamphus polychropterus*, *Phrygilus unicolor cyaneus*, *Phrygilus plebejus naroskyi*, *Phrygilus alaudinus*, *Lophospingus pusillus*, *Poospiza torquata*, *Poospiza melanoleuca*, *Cyanocompsa brissonii*, *Pheucticus aureoventris*, *Euphonia clorótica*

Mamíferos: *Thylamys pulchellus*, *Tamandua tetradáctila*, *Chlamyphorus truncatus*, *Cabassous chacoensis*, *Histiopus macrotus**, *Histiopus montanus*, *Ctenomys osvaldoreigi*, *Chrysocyon brachyurus*, *Lama guanicoe**.

ESPECIES CON ALGUNA CATEGORÍA DE PELIGRO A NIVEL NACIONAL

Anfibios: *Rhinella achalensis*, *Ceratophrys ornata**, *Odontophrynus achalensis*, *Pleurodema kriegi*

Reptiles: *Leiosaurus paronae*, *Pristydactylus achalensis*, *Urostrophus gallardoi**, *Liolaemus ditadai**, *Stenocercus doellojuradoi*, *Tropidurus spinulosus*, *Vanzosaura rubricauda*, *Cnemidophorus lacertoides**, *Cnemidophorus serranus*, *Chelonoidis chilensis*, *Boa constrictor occidentalis*, *Epicrates alvarezi*, *Lygophis vanzolinii*, *Philodryas agassizii**, *Phimophis guerini**, *Tomodon ocellatus**

Aves: *Rhea americana*, *Eudromia elegans*, *Cairina moschata**, *Sarkidiornis melanotos*, *Chloephaga melanoptera**, *Phoenicoparrus andinus*, *Phoenicoparrus jamesi*, *Jabiru mycteria**, *Pandion haliaetus*, *Buteogallus coronatus*, *Buteo swainsoni*, *Porzana spiloptera**, *Charadrius modestus***, *Numenius borealis**, *Calidris canutus**, *Tryngites subruficollis**, *Strix chacoensis*, *Eleothreptus anomalus**, *Cypseloides rothschildi**, *Dryocopus schulzi*, *Spizaipteryx circumcincta*, *Cinclodes comechingonus*, *Spartonoica maluroides**, *Teledromas fuscus**, *Xolmis salinarum*, *Poospiza ornata*

Mamíferos: *Chlamyphorus truncatus*, *Dolichotis patagona*, *Ctenomys pundti***, *Ctenomys osvaldoreigi*, *Chrysocyon brachyurus*, *Lontra longicaudis**

5. ARQUEOLOGÍA

Roxana Cattáneo, Andrés Izeta, Thiago Costa

RESUMEN

En este acápite se brindará información relacionada con los resultados logrados a través del trabajo de relevamiento geoespacial del patrimonio arqueológico mueble (colecciones) e inmueble provincial. De esta manera se demuestra cómo, la sistematización de los datos referentes a los sitios arqueológicos en un sistema de información geográfica (SIG), ha permitido identificar la distribución departamental de los mismos, los lugares con mayor desarrollo de las investigaciones, la situación de riesgo actual de estos sitios en los distintos departamentos, para mencionar algunas posibilidades. Asimismo, gracias al uso de esa herramienta (SIG), se han podido modelar áreas de riesgo para el componente patrimonial y planificar su gestión y/o uso para generar la debida protección legal.

Además, se presentará aquí una introducción a la problemática del inventariado de sitios arqueológicos en la provincia de Córdoba, revelando el contexto en el que surgen los resultados que se presentan y algunas ideas sobre el estado de la cuestión. En este sentido, se brinda información acerca de la metodología llevada a cabo en el laboratorio, que incluyó el diseño de la base de datos (definición de criterios y construcción), además del relevamiento bibliográfico acerca de la información referente al patrimonio arqueológico de Córdoba. La etapa desarrollada en campo, que contó con la contribución de los más diversos actores interesados en la conservación y gestión del bien no-renovable en cuestión y en donde se llevó a cabo el relevamiento *in situ* de los sitios arqueológicos (datos), también es tratada en el capítulo.

Finalmente, se realiza una valoración de la información recopilada (en aproximadamente tres años de investigación) en el SIG. Estos datos se presentan divididos por departamento, hecho que ha permitido indagar acerca de la distribución de los sitios arqueológicos en la provincia, la calidad de la información que se dispone para cada departamento (origen del dato), sus condiciones presentes (situación actual y nivel de intervención), y los riesgos de destrucción que sufre el patrimonio arqueológico de la provincia de Córdoba.

INTRODUCCIÓN

El presente capítulo es parte del resultado de los estudios y relevamiento geoespacial del patrimonio arqueológico, mueble e inmueble, realizado entre los años 2009 y 2013. En este marco, uno de nosotros fue responsable (RC) de llevar adelante el sub-proyecto o capa temática vinculada a la información arqueológica aportando con ello a la construcción de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para contribuir a la gestión del patrimonio. Asimismo, varios investigadores y becarios asumieron el compromiso de colaborar en dicha construcción ya sea desde sus temas de trabajo o brindando información producida mediante la ejecución de proyectos específicos relacionados tanto con la investigación arqueológica básica así como otros vinculados con la gestión del patrimonio arqueológico.

El producto final del proyecto es una capa vectorial¹, que se complementa con otras producidas en el proyecto marco (ver capítulos en este libro), y que tiene como objetivo general el de ofrecer múltiples vías de acceso a la información arqueológica y cultural para dar respuesta a las tres esferas de las que depende el desarrollo humano (biofísica, socio-económica e infraestructural). En este sentido, al integrar información sobre el patrimonio arqueológico, en este caso el del componente de las localidades y sitios arqueológicos, permitió propiciar la identificación de espacios y actividades conflictivas. Asimismo, el mode-

lado de las áreas de riesgo para este componente patrimonial junto con la planificación de su gestión y/o uso permitió generar información para ser utilizada como insumo para su debida protección legal y, en última instancia, sentar una base sólida para planificar el ordenamiento territorial provincial.

Este aporte cubre la necesidad de obtener un registro actualizado que brinde información relacionada a la ubicación y las condiciones de conservación/preservación de sitios arqueológicos, propiciando y mejorando su gestión. De este modo se pone a disposición de la provincia datos que permiten las condiciones básicas para acogerse a las recomendaciones de órganos internacionales (OEA, UNESCO, ICOMOS, entre otros) y solicitudes de las leyes de la Nación (N° 25.743/03 y N° 26.160) en cuanto a la gestión patrimonial de los recursos arqueológicos.

En el territorio argentino, la Ley de Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico (N° 25.743/03, Decreto Reglamentario N° 1.022/04) tiene por objeto, "la preservación, protección y tutela del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico como parte integrante del Patrimonio Cultural de la Nación y el aprovechamiento científico y cultural del mismo" (Ley N° 25.743/03, Artículo 1°). La norma actual instituyó al Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano como autoridad nacional para todo lo referente al patrimonio arqueológico con el deber de organizar el "Registro Nacional de Yacimientos, Colecciones y Objetos Arqueológicos" (Decreto N° 1.022/04). Asimismo, la Ley Nacional constituye un marco jurídico, es decir, las provincias deben ajustar las disposiciones, de acuerdo con sus realidades (Berberían 2009: 30). En este sentido, es importante que cada provincia pueda adaptar y actualizar sus leyes provinciales relacionadas al patrimonio cultural reconociendo, además de la Ley Nacional, las distintas recomendaciones internacionales disponibles en la actualidad (ver órganos como OEA, UNESCO e ICOMOS). Es así como las leyes nacionales

1 Es un archivo digital que contiene toda la información relevada y permite crear entre otras cosas mapas digitales, en los que se almacena digitalmente la localización de los elementos geográficos (archivo shape *.shp) junto con sus atributos o características (tabla dBase *.dbf). Algunas de las características principales de este tipo de archivos son que no se trata de un único archivo, si no de entre 3 y 8 archivos independientes. Cada uno de estos archivos tiene una función específica y almacena un tipo de información (elementos geométricos, atributos, proyección, metadatos).

y provinciales, y en el caso de la Provincia de Córdoba el artículo 65 de su Constitución Provincial, exigen la preservación de dichos recursos (Ley N° 25.743/03, Decreto Reglamentario N° 1.022/04 y Ley Provincial 5.543 de Protección de Bienes Culturales y el reciente Decreto reglamentario de Registro de Sitios Arqueológicos y Paleontológicos de la Provincia de Córdoba publicado el 4/3/2013, AÑO C - TOMO DLXXVIII - N° 28). Por ello, se hace necesario la declaratoria y el desarrollo de un inventario de estos bienes, es decir, llevar a cabo la geolocalización, la cuantificación y la descripción de los mismos. Por otro lado, los recursos culturales, especialmente los arqueológicos, están íntimamente relacionados con el ambiente y el contexto histórico en el cual han sido producidos, es por ello que la consideración del espacio que los contiene junto con la interpretación del aprovisionamiento de elementos utilizados en la esfera tecnológica, la interacción con plantas y animales para las actividades cotidianas en épocas pasadas, se encuentran asociados a diversos tipos de geoformas y ambientes de la actualidad y muchas veces también son considerados por las comunidades originarias como espacios sagrados y, como tales, deben ser incluidas en las áreas a proteger (para más acerca del patrimonio intangible ver: "Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial" UNESCO, 2003).

Sumado a éstas, y en un marco social de la práctica arqueológica, se reconoce además la necesidad de un abordaje multivocal que incluya a las diversas comunidades en la construcción y discusión acerca de su patrimonio. Una vez que la práctica arqueológica tiene, inevitablemente, consecuencias sociales y políticas (Endere y Curtoni 2006, Endere y Prado 2009), se planteó trabajar desde una perspectiva social, es decir, incluyendo las voces de las comunidades en la construcción de su patrimonio cultural (ver Gosden 1999, Haber 1999, Wharton 2005, Hernando 2006, Endere 2007, Atalay 2008, Cattáneo *et al.* 2013).

Por lo anterior, es que se ha elegido la utilización de un SIG, ya que permite el manejo combinado de distintos tipos de datos y agrega mayor información al patrimonio arqueológico de Córdoba.

En este capítulo realizaremos una introducción a la problemática del inventariado de sitios arqueológicos en la provincia de Córdoba, el contexto en el que surgen los resultados que aquí presentamos y algunas ideas sobre el estado de la cuestión. Luego, se presentan los objetivos generales y específicos que guiaron nuestro trabajo. Incluiremos los lineamientos generales y específicos de la metodología utilizada para la construcción del inventario de sitios arqueológicos de las áreas rurales de la provincia de Córdoba, tanto los criterios como las variables que se registraron y cuál fue el sentido que se dio a cada uno. Finalmente, se discuten los resultados de los trabajos, tanto generales para toda la provincia de Córdoba como de los datos históricos para contextualizar las investigaciones (muy sumarios dado que no es el objetivo aquí, para más información puede verse el trabajo de Cattáneo *et al.* 2015).

Finalmente, este capítulo no fue pensado para los investigadores en arqueología que ya conocen su campo de trabajo, sino más bien como una herramienta para los tomadores de decisiones y gestores del patrimonio como un primer acercamiento a las localidades mencionadas, ya sea que hayan sido estudiadas o no por profesionales. Sugerimos, para entender la historia de las investigaciones en la provincia o en la región, los trabajos de síntesis como los de Bonnin y Laguens (2000), Austral y Rocchietti (2004), Berberían *et al.* (2008), Bonnin (2008), Laguens y Bonnin (2009), Bixio *et al.* (2010), Bonnin y Soprano (2011), y demás bibliografía citada en Cattáneo *et al.* (2015). Para un caso específico de la historia del norte de Córdoba también puede verse Urquiza (2007:167-173).

A los fines de poder llevar adelante organizadamente este trabajo se desarrolló una propuesta donde se invitó a arqueólogos de

la provincia y especialmente de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC) y de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC) a formar parte del equipo de trabajo a los fines de diseñar una base de datos (de ahora en más, BaDACor) con el fin de sistematizar las variables y descriptores a ser utilizados en la tipificación de cada sitio arqueológico. Asimismo, se contó con innumerables aportes de otros miembros del proyecto general, donde muchos de los productos digitales fueron realizados por el Gobierno de la Provincia de Córdoba y otras instituciones que colaboran con el proyecto marco. Se sumó además personal de la Agencia Córdoba Cultura y otros arqueólogos de la región.

Un aspecto interesante que también permitió el abordaje regional fue el apoyo a nuestro trabajo dado por la existencia en Córdoba de redes de Museos y/o interesados en el cuidado patrimonial (Programa de Museos de la Universidad Nacional de Córdoba, Red de Museos de Ansenuza, Asociación Civil de amigos del Patrimonio Histórico de Ansenuza, Suquía y Xanaes para el noreste de la provincia, Red de Museos de Calamuchita, AMBASUCOR-Asociación de Museos, Bibliotecas y Archivos del sur de Córdoba-, entre otras).

Desde fines de los años noventa el incremento en el interés patrimonial, la creación y/o reapertura de museos desde nuevas opciones teóricas (Bonnin 1999, 2000, 2002, 2012; Martini 2007, entre otros) inició en Córdoba un proceso lento pero sostenido de preocupación ciudadana sobre estos aspectos que permitieron, no sin avatares económicos, la consolidación de la institución museística a nivel local y comunitario (Bonnin 2005, 2009, 2012, entre otros). Para una discusión sobre los museos y la sociedad se puede ver también Bonnín (1999) y Ferreyra (2006).

Cabe destacar entonces que, dada la situación en 2009 en cuanto al registro de localidades y sitios arqueológicos en la provincia, se consideró que era viable la incorporación e inserción de este tipo de datos en el SIG desarrollado en el proyecto marco. De hecho,

a partir de esto se puede reconocer la importancia de trabajar interdisciplinariamente y con participación comunitaria, especialmente con todos los actores involucrados en el cuidado y resguardo de los mismos. Finalmente -a través de la metodología presentada y de los análisis multicapa- creemos se podrán elaborar recomendaciones para crear zonas de protección patrimonial en la provincia. En este sentido, durante el año 2015 ya se ha colaborado con el Poder Legislativo de la Provincia de Córdoba y la Agencia Córdoba Cultura suministrando información de detalle para la creación de Reservas arqueológicas (culturales y naturales) provinciales (Cerro Colorado-proyecto de expropiación -2014- y reservas de Guasapampa y Quilpo -octubre de 2015-).

OBJETIVOS DEL TRABAJO

Objetivo general

El objetivo general del proyecto marco tiene como consecuencia la creación de una capa arqueológica que puede definirse como la creación de una base de datos de interés general temático con información geográficamente explícita y el objetivo de elaborar un inventario de los recursos arqueológicos de la provincia y, con ello, determinar la cantidad, composición, ubicación espacial y estado de conservación de sitios arqueológicos. Asimismo, este objetivo general nos permitió llegar a un mayor conocimiento integrado del patrimonio provincial y poder acceder a los datos mediante el uso del SIG a través de la creación de una Base de Datos Arqueológica de Córdoba (BaDACor). Por otro lado, permitió una mejora en la gestión, el manejo y la conservación preventiva de sitios y localidades arqueológicas así como de áreas vinculadas a la preservación de espacios sagrados para las comunidades originarias de la provincia de Córdoba, redundando en posibilitar un mejor acceso al conocimiento de gran parte de la historia ocupacional del actual territorio cordobés originada hace aproximadamente 11.000 años (Rivero y Berberían 2006; Rivero

2007, 2008; Laguens *et al.* 2007; Laguens y Bonnin 2009, Demarchi *et al.* 2010).

Para llevar adelante este emprendimiento, que debe ser entendido como un objetivo a largo plazo y del cual los resultados que presentamos en esta publicación son un primer paso, debemos advertir que aún es inmensa la cantidad de actividades de recopilación e investigación que quedan pendientes por lo que, para esta primera etapa, se propusieron objetivos específicos que fueran viables de cumplir a corto plazo, y que delinearán las tareas y acciones a llevar a cabo en el futuro.

Asimismo se decidió incluir dentro de los listados, que originalmente referían a áreas rurales, a aquellos sitios históricos de valor patrimonial declarado (por ejemplo por la Comisión Nacional de Museos y de Monumentos y Lugares Históricos, de listados del Municipio de Córdoba y de la Dirección de Patrimonio de la provincia) aun cuando se encontrasen en áreas urbanas, si los mismos estuvieron bajo la intervención de trabajos arqueológicos.

Objetivos específicos de corto plazo

A continuación se presentan los cuatro objetivos específicos que guiaron la elaboración de la BaDACor y acompañaron el desarrollo del proyecto que dio el marco institucional al trabajo:

1. Diseñar estrategias y definición de herramientas digitales para relevamiento de datos arqueológicos que tomen en cuenta:

a) La cuantificación (registrar el mayor número de sitios arqueológicos conocidos, publicados o no, buscando agregar nuevos datos a los disponibles en diversas formas);

b) La composición (las características que presentan los distintos recursos arqueológicos conocidos como tipos de materiales asociados, características físicas, cronologías absolutas o relativas en que se encuentran insertos, entre otras);

c) La ubicación espacial (la localización más precisa posible del sitio con relación al posicionamiento geográfico, sea mediante datos exactos y también no exactos calculados mediante técnicas especiales);

d) El estado de preservación y/o conservación (conocer el estado de conservación y mantenimiento de los sitios arqueológicos y/o su problemática de gestión).

2. Caracterizar los sitios arqueológicos de acuerdo al origen del dato registrado, que permita volver a la fuente:

a) relevamiento bibliográfico (incluyendo datos de publicaciones de museos, presentaciones a congresos y jornadas, revistas, libros y otra documentación pertinente);

b) relevamiento de campo (georreferenciación de sitios y zonas de interés arqueológico publicadas y sin publicar, documentación, inventariado y fotografiado de rasgos en terreno);

c) relevamiento de instituciones (e.g. universidades, museos públicos y privados);

d) entrevistas a informantes locales (en cada uno de los departamentos provinciales existen instituciones que poseen información no publicada pero conocida por los lugareños sobre hallazgos arqueológicos). Se propuso también la sistematización de este tipo de información y la visita y registro a los lugares de hallazgos más relevantes.

3. Realizar un pronóstico y prospectiva, a través de:

a) generación de informes de evaluación de bienes arqueológicos, cartografía digital y metadatos;

b) mapa de localización de yacimientos arqueológicos;

c) mapas de áreas a preservar, conservar, proteger;

d) estimación del impacto y de la demanda del desarrollo (ecoturismo, turismo cultu-

ral, turismo alternativo) en función de los atributos que determinan su aptitud.

4. Proponer, en los casos donde sea posible y/o necesario, recomendaciones para la generación de estrategias de gestión que minimicen los conflictos por destrucción, pérdida definitiva, alteración y/o degradación del patrimonio arqueológico.

Metodología. Acerca de cómo se construye el inventariado de sitios arqueológicos y otro patrimonio relevante

A continuación se describen las actividades y procedimientos llevados a cabo para cumplimentar los objetivos previamente propuestos, incluyendo una descripción general que permite entender los datos que fueron incorporados a la BaDACor². Para que fuera posible llevar adelante el proyecto se realizaron las siguientes actividades:

1- Definición de criterios para la construcción de la base de datos (e.g. Maguire *et al.* 1991, Baeza y Cacho 1996).

2- Búsqueda y registro de la información de base (trabajo de laboratorio y de campo, entrevistas y visitas a sitios arqueológicos y museos).

3- Construcción de la base de datos y de productos digitales para el SIG.

4- Digitalización de la información recuperada.

² En cuanto al carácter de los datos no arqueológicos: nos referimos a los datos poblacionales por departamento que nos permiten contextualizar la realidad actual bajo la cual se encuentran los sitios a proteger y gestionar. Todos los datos referidos a poblaciones, superficies, jurisdicciones, han sido tomados de los datos oficiales suministrados por el INDEC y la Provincia de Córdoba de sus páginas de Internet por lo que se encuentran sujetas a verificación o variación en función de actualizaciones constantes a las que sugerimos recurrir para evitar sumar errores a lo largo del tiempo.

5- Producción de resultados (informes y memoria descriptiva, material digitalizado).

6- Puesta en discusión de la problemática (presentaciones en jornadas, congresos o talleres, organización y participación en eventos académicos y/o comunitarios).

En primera instancia se procedió al diseño de una base de datos (BaDACor) con el fin de sistematizar las variables y descriptores a ser utilizados en la tipificación de cada sitio arqueológico. En este sentido, se eligieron 34 variables que representan campos de datos agrupados en once categorías³. 1. Criterios de espacialidad según la división política del territorio (Departamento, Pedanía, Localidad asociada); 2. Ubicación según coordenadas geográficas (latitud y longitud expresadas en grados y minutos decimales) y altimetría (en metros sobre el nivel del mar); 3. Datos de identificación del sitio arqueológico; 4. Caracterización general del tipo de registro arqueológico que se encuentra presente en cada una de las localidades/sitios o colecciones relevadas.

Debido a la disparidad de la información existente y la necesidad de creación de categorías incluyentes que permitieran la presentación en una tabla se creó un código que incluía distintas cualidades: situación actual, origen del dato, nivel de intervención, características ambientales, fuentes consultadas para la caracterización del dato, datos sobre cronología de los sitios arqueológicos y el riesgo arqueológico.

Para la construcción de la base de datos y de productos digitales para el SIG, en primer lugar se seleccionaron los productos cartográficos digitales a ser utilizados para conformar el SIG: imágenes satelitales procedentes del satélite ASTER GDEM versión 1 desarrollado conjuntamente por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria de Japón (METI) y la Administración Nacional de Espa-

³ Si se desea un detalle de los mismos por Departamento ver Cattáneo *et al.* (2013, 2015).

cio y Aeronáutica de Estados Unidos (NASA) que se encuentran disponibles para su descarga gratuita desde el sitio de internet del Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC) de Japón (<http://www.jspacesystems.or.jp>).

Estas imágenes están asociadas a modelos en formato GeoTIFF en geoide WGS84 y contienen 14 bandas; Infrarroja termal (TIR) con 5 bandas a 90 metros de resolución, Infrarroja de Onda Corta (SWIR) con 6 bandas a 30 metros de resolución e Infrarroja Visible/Cercana (VNIR) con 4 bandas a 15 metros de resolución. Esto nos ha permitido realizar para algunos lugares puntuales modelos de elevación digital a los fines de obtener mejores lecturas en cuanto a la disposición de los sitios en el paisaje.

En este sentido, estos productos fueron utilizados, junto con fotografías aéreas, con el fin de construir un mapa de riesgo de una unidad territorial discreta (Dpto. Ischilín) a modo de testigo o muestra tipo para llevar adelante la aplicación de todas las potencialidades del SIG, dado que esta es la escala que se considera apropiada por ser las unidades políticas de gestión que pueden abordar las problemáticas locales con mayor facilidad.

En cuanto a la georreferenciación, los sistemas de ubicación de puntos en el espacio han tenido un desarrollo que puede remontarse hasta el pasado remoto de las sociedades humanas. Sin embargo, el desarrollo de los sistemas modernos vino de la mano de los adelantos de las sociedades asiáticas y europeas en el arte de la navegación. Esto produjo las primeras cartografías que permitían ubicar mediante distintos fenómenos naturales a un cuerpo determinado en el espacio de la superficie terrestre. Esto es lo que se denomina, en términos generales, como georreferenciación.

Esta ubicación puede basarse en métodos exactos (cuantitativos) y otros no exactos (cualitativos). En general, las primeras descripciones de los territorios han sido siempre

de modo cualitativo ante la falta de una representación espacial exacta. Esto puede observarse a través de manifestaciones como el arte rupestre que en muchas ocasiones es interpretado como una representación de los territorios ocupados por sociedades antiguas en el pasado. Los diarios de viajeros y naturalistas también han aportado en muchas circunstancias datos de posicionamiento que permiten de un modo no exacto ubicar antiguos asentamientos, rutas o geoformas particulares en diversos paisajes del planeta.

Por otro lado, la georreferenciación exacta puede realizarse según distintas metodologías (Burrough, 1986; Conolly y Lake 2006; García Sanjuán 2003). La más frecuentemente utilizada entre los siglos XV y XX estuvo basada en la utilización de mapas o cartas que son representaciones en dos dimensiones del territorio. Estas cartas están construidas, según el uso al que estén destinadas, siguiendo distintos sistemas de proyecciones los cuales privilegian la representación fidedigna de los ángulos o de las distancias. Por ello, es de gran importancia conocer el tipo de proyección utilizada en las cartas a la hora de georreferenciar un punto mediante la técnica de interpolación. Asimismo, esta interpolación basada en datos tomados en terreno puede contener un error en la ubicación que depende de la escala de la carta base utilizada.

Con el fin de obtener una mayor precisión en los datos de ubicación en la superficie terrestre en las últimas décadas, se utiliza un sistema basado en información satelital denominado Global Positioning System (GPS). A este tipo de dato lo denominamos exacto y fue producido tanto por visitas al campo en el marco del proyecto, como de datos bibliográficos o de relevamientos de otros profesionales (de la Agencia Córdoba Cultura, de la Universidad Nacional de Córdoba, etc.)

Por otro lado, siguiendo a Wieczorek *et al.* 2004 existen cuatro tipos de representaciones de la georreferenciación cuando el dato no es exacto: el que utiliza el método del punto, el del método del polígono, el método de la caja

delimitadora y el método punto-radio. Cada uno de ellos tiene sus desventajas, las que en general se resumen en la capacidad de cada uno de ellos de determinar de la mejor manera la ubicación de una observación dentro de una localidad.

Debido a la escala del proyecto (1:250000), decidimos utilizar la primera metodología que implica la asignación de un par de coordenadas a cada localización. Según Wieczorek *et al.* (2004) una de las mayores desventajas de este método es que una descripción cualitativa en general describe un área y no un punto en el terreno. Entonces si se provee de un punto para un registro georreferenciado se pierde la distinción entre las localidades que son específicas de las que no lo son.

Además, la georreferenciación de datos no exactos se llevó a cabo a través de la implementación del protocolo MaNIS/HerpNET/OrnIS (Mammal Networking Information System/Herpetology Network/Ornithology Information System). Este protocolo tiene en cuenta que las descripciones de ubicaciones de tipo cualitativo pueden ser graficadas en un sistema de coordenadas geográficas con un nivel de incertidumbre variable pero que permite a escalas chicas o medianas una ubicación relativamente adecuada. En este sentido, se tomaron en cuenta los datos asociados a los sitios arqueológicos que determinaran el lugar de procedencia pudiendo asimilarse a alguno de los nueve tipos definidos por Wieczorek *et al.* 2004, en particular el número 5 definido como "nombre de lugar" el cual puede ser asociado a un poblado, cueva, laguna u otro accidente geográfico que tenga una extensión espacial.

En relación al sistema de coordenadas utilizado, tanto los puntos obtenidos utilizando datos exactos como no exactos fueron definidos como pares de coordenadas expresadas en grados y minutos decimales. Éstas fueron graficadas dentro de un Sistema de Información Geográfica siguiendo la Proyección Conforme, Cilíndrica y Transversal denominada Gauss-Krüger, en su Faja 4 para la República Argentina.

En el marco de las necesidades mencionadas más arriba se llevaron a cabo viajes específicos para el relevamiento de la información, que incluyeron la asistencia a reuniones de redes de museos de Córdoba (por ej: UNC, Ansenuza, AMBASUCOR) que permitieron contactar a las autoridades e interesados por el patrimonio arqueológico de Córdoba y, de este modo, incorporar datos no publicados previamente.

Gran parte del tiempo de trabajo en el proyecto estuvo destinado al proceso descripto en el punto anterior, especialmente a lograr la coherencia entre los datos obtenidos de distintos orígenes y fuentes (bibliografía, informantes y campo). También estas tareas incluyen la digitalización de bibliografía y fichas de datos, generando innumerables versiones de bases de datos, figuras, ilustraciones, archivos en formato PDF, y todo lo necesarios para el trabajo en distintas versiones de ARCView 3.2, GV-SIG Desktop 2.0 y QGIS Desktop 2.0.1 Dufour, 2.2.0 Valmiera y 2.10 Pisa.

La producción de resultados (informes y memoria descriptiva, material digitalizado) incluyeron la presentación de informes de avance de este proyecto (Informe Técnico de Avance, ITA1, 2 y 3) y la presentación de una memoria descriptiva (Cattáneo *et al.* 2012). Asimismo, en el marco de los trabajos realizados dentro del proyecto se incluyeron otras actividades, especialmente presentaciones en reuniones científicas que permitieron poner en discusión el proyecto en particular y a su vez la problemática patrimonial en general (Izeta y Bonnin 2009; Izeta 2010, 2011, 2012; Izeta y Cattáneo 2010; Cattáneo *et al.* 2012, Cattáneo 2013; Costa 2013, Izeta *et al.* 2012a, b, c y d, Izeta 2013).

La necesidad de un abordaje multivocal que incluya a las diversas comunidades en la construcción y discusión acerca de su patrimonio, (Endere y Curtoni 2006), se planteó trabajar desde una perspectiva en donde se incluyan las voces de las comunidades. Es así como algunas de estas presentaciones incluyeron el trabajo conjunto con miembros

de la Comunidad Comechingona Ticas quienes reconocen como territorio ancestral la zona de Charquina-La Playa, área estudiada previamente por otros investigadores (Ochoa 2008, 2009; Uribe y Ochoa 2008). En particular esta zona se encuentra en un área de explotación minera que a la fecha ha destruido importante patrimonio de manifestaciones rupestres y si bien se han realizado algunas acciones de declaratoria de zona de interés el riesgo actual está vigente y las comunidades reclaman este territorio a ser protegido (Cattáneo *et al.* 2013).

Resultados del inventario de los sitios arqueológicos de la provincia de Córdoba y el análisis de datos por Departamento

En la provincia de Córdoba para entender el resultado del inventariado de sitios arqueológicos, es necesario comprender que el tema de la arqueología en sí se asienta dentro de una larga pero muy interrumpida secuencia de investigaciones arqueológicas, relacionadas en su mayor parte a las Sierras Chicas y que se iniciaron a fines del siglo XIX. Para el sur de Córdoba los trabajos pioneros se inician en la segunda mitad del siglo XX y para el área Este las investigaciones son mucho más recientes o inexistentes. Desde cada época y región se ha intentado responder preguntas referidas a la antigüedad de las ocupaciones humanas, las formas de subsistencia, las adaptaciones y respuestas a los cambios ambientales y las características de los asentamientos, la tecnología, así como la variabilidad espacio-temporal que los caracteriza.

De acuerdo a Laguens (2009: 18) “En una mirada retrospectiva, cuando empezamos a hacer arqueología de Córdoba hace 24 años atrás, nos dimos cuenta que nos habíamos introducido en una región que se venía trabajando desde hacía casi un siglo con una tradición general de trabajar sitios aislados, ... estudios de colecciones y trabajos de síntesis ...”.

Durante mucho tiempo el hallazgo de sitios arqueológicos en el terreno fue en muchos casos realizado a partir del conocimiento de los pobladores del ámbito rural. Hasta la década de 1990, la localización de ellos en la cartografía oficial se realizaba en un sistema de coordenadas geográficas mediante el uso de brújula o teodolito, ubicando rasgos característicos del paisaje a partir de los cuales se calculaba la posición mediante la interpolación de datos sobre los mapas-carta oficiales. En las publicaciones sobre estos sitios los datos de localización son vagos con la intención de lograr con ello algún grado de protección patrimonial para evitar el saqueo. Sin embargo, cuando se trata de la gestión de este tipo de bienes la localización exacta es necesaria ya que la determinación de áreas de amortiguación o “buffer” es de gran importancia para su preservación (ver normas del ICOM). Por ello, una de las tareas básicas es la de construir bases de datos donde, mediante el uso de distintos tipos de descriptores, se registraran datos de localización y atributos asociados a cada uno de los sitios conocidos (Figuerero Torres e Izeta 2013). Para un análisis bibliográfico e histórico puede verse Cattáneo *et al.* (2013), que surgió como producto base para nuestro trabajo de relevamiento de sitios y que por cuestiones de espacio no incluiremos aquí.

A partir de la finalización de la BaDACor, hecho que estuvo dado por la cercanía de la finalización del proyecto y no porque haya finalizado efectivamente la tarea de relevamiento en campo, se decidió la publicación de los resultados como herramienta de gestión. Es así que hubo que tomar decisiones sobre qué datos se presentarían y de qué manera. Entonces, se optó por presentar los datos principales para cada uno de los 26 departamentos que componen la provincia de Córdoba, tanto de manera gráfica (por ejemplo, Figura 1) como a través de tablas (Tabla 1) con las referencias bibliográficas u de otro tipo que permitan conocer cuáles son los sitios mencionados y algunas de sus caracte-

rísticas. En la Tabla 1 se incluyen los números totales de sitios por departamento que se van a encontrar en los listados separados, y en los mapas de cada departamento se encontrarán incluidos sólo aquellos que pudieron ser georreferenciados en la publicación específica del relevamiento (ver el detalle en Cattáneo *et al.* 2013; 2015).

En primer lugar, y para contextualizar los hallazgos, en cada Departamento se presentan los datos generales de superficie en km², la densidad poblacional⁴ en tanto este dato es interesante para valorar los riesgos de impacto sobre las localidades arqueológicas, la estructura de gestión (pedanías y cantidad de municipios). En particular para los departamentos del noroeste de Córdoba, Sánchez (2013) ha publicado una caracterización de los aspectos humanos y territoriales incluyendo los Dptos. San Javier, San Alberto, Pocho, Minas, Cruz del Eje, Punilla, Ischilín, Sobremonte, Río Seco y Tulumba. Esto es de interés a los fines de una profundización de aspectos que tienen que ver con el desarrollo de proyectos patrimoniales.

A continuación podemos hacer una evaluación de la información general, en particular como se puede observar en la Tabla 1 y Tabla 2, en relación al origen de donde fue tomado el dato para incorporar sitios a la BaDaCor. Para ello, se relevaron 1023 sitios (53%) tomados de la bibliografía, 191 (10%) de informantes, 103 sitios de datos de campo tomados por nosotros (5%), de colecciones 116 localidades (7%) y, finalmente, de datos etnohistóricos 488 sitios (25%) conformando un total de 1937 relevados.

Luego, si hacemos una evaluación general de la frecuencia porcentual de cantidad de sitios por departamentos para ver la distribución en el territorio cordobés (Figura 2), obser-

4 Entendemos que en particular, además de las poblaciones locales ciertas áreas de la provincia se ven afectadas por la gran concurrencia de turismo, pero esta variable aun no fue incorporada en la base de datos

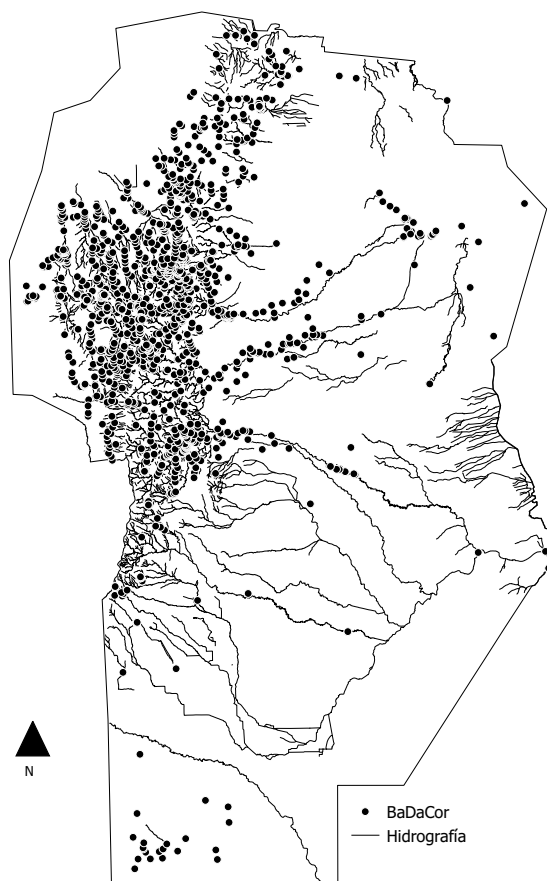


Figura 1: Mapa de la provincia de Córdoba con la representación de los sitios arqueológicos relevados para la creación de la BaDaCor.

vamos que hay un caso único con 341 sitios en el Dpto. Punilla, le sigue otro caso como Cruz del Eje con 241 sitios, luego en el rango entre 136 y 205 sitios encontramos 3 departamentos (Minas, San Alberto y Calamuchita), entre 68 y 136 sitios se incluyen registros para 6 departamentos (en el norte, centro y suroeste de la provincia) y, finalmente, con el rango menor entre 0 y hasta 68 sitios se encuentran los restantes en 15 departamentos siendo éstos los territorialmente más grandes y menos estudiados; corresponden mayoritariamente al sureste de la provincia, aunque también se incluyen San Javier y Sobremonte.

Con respecto al nivel de intervención que han tenido los sitios y localidades arqueológicas, encontramos en carácter de no exca-

Tabla 1: Cantidad de sitios arqueológicos de la BaDACor por Departamento y orden de acuerdo a cantidad de sitios, cantidad de habitantes y superficie en km².

N°	Departamento	Cantidad de sitios	Orden provincial		
			por cantidad de sitios arqueológicos	por cantidad de habitantes	por superficie en km ²
1	Calamuchita	157	5	14	16
2	Capital	38	13	1	26
3	Colón	47	12	3	24
4	Cruz del Eje	241	2	13	11
5	General Roca	21	19	19	3
6	General San Martín	10	22	6	14
7	Ischilín	118	6	20	13
8	Juárez Celman	3	24	12	7
9	Marcos Juárez	4	23	9	6
10	Minas	168	4	25	17
11	Pocho	105	8	24	21
12	Presidente Roque Sáenz Peña	-	25	18	8
13	Punilla	341	1	5	23
14	Rio Cuarto	87	9	2	1
15	Rio Primero	29	16	16	10
16	Rio Seco	69	10	22	9
17	Rio Segundo	34	14	10	15
18	San Alberto	169	3	17	19
19	San Javier	22	18	15	25
20	San Justo	27	17	4	2
21	Santa María	69	11	11	18
22	Sobremonte	17	20	26	20
23	Tercero Arriba	30	15	7	12
24	Totoral	17	21	21	22
25	Tulumba	114	7	23	5
26	Unión	-	25	8	4
Total		1937			
Fortines		17			
Monumentos Históricos		64			
Total General		2018			

vados o intervenidos de alguna otra manera (por ejemplo recolecciones) 866 (que representan el 45% de los registrados), excavados o intervenidos 58 (sólo el 4%) y distribuidos en 12 departamentos, representando menos de la mitad del territorio estudiado; también se registraron 3 casos de intervenciones no autorizadas (0,15%). Lamentablemente no se cuenta con información para el conjunto restante de 1009 sitios que representan el 52% de la muestra: allí tres departamentos no poseen información alguna, hay un alto porcentaje que proviene de los relevamientos documentales de Aníbal Montes y el resto en su mayoría corresponden a datos incomple-

tos de la bibliografía, a datos de informantes (muchos de arte rupestre, p.e. Cerro Colorado), o colecciones sin datos, por mencionar algunos casos (Tabla 2).

El uso de la información asociada a los conjuntos arqueológicos reunidos en más de 70 años nos permite tener, por primera vez, la oportunidad de integrarlos a datos más modernos, volviendo a jerarquizar de este modo el valor para la investigación de estas colecciones. En ese sentido, se registraron y digitalizaron los "Asentamientos Originarios" de acuerdo al Fondo Documental Ing. Aníbal Montes (FDAM), 1950.

Así como se obtuvieron los datos de las colecciones de la Reserva Patrimonial del Museo de Antropología, los datos obtenidos a partir de la digitalización del Archivo Documental del Museo de Antropología (Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba –FFyH, UNC-) permiten la utilización de la producción del Ing. Aníbal Montes vista a través de su Fondo Documental compuesto por unos 16.200 objetos digitales a los cuales se puede acceder a través de 2000 archivos en formato pdf. La mayor parte de la documentación se refiere a manuscritos de las obras del Ing. Montes acerca de las sociedades originarias de la provincia, de esta información se obtuvieron 488 sitios de FDAM (que representan un 25% del total relevado). Este material contiene distintos tipos de cartografía que es de interés para este proyecto. En principio posee Cartas IGM de las décadas de 1940 y 1950 de algunas regiones seleccionadas de la provincia. Por otro lado hay Cartas Mineras. En base a ellas existe cartografía de producción propia que se focaliza en Minería y Arqueología. Particularmente, la última se encuentra realizada en base a la carta IGM Córdoba 1:500.000 (IGM 2963-2966-3163-3166-3363-3366), Proyección conforme Gauss Krüger, Faja 4. En ella se ubican las posiciones geográficas de los pueblos originarios a partir del registro de sus poblados al arribo de los españoles, basado en el análisis de la documentación histórica del Archivo Histórico de la Provincia de Córdoba (Registro de encomiendas y mercedes) (Figura 3).

Esta carta base fue digitalizada luego de proceder a la limpieza y acondicionamiento del documento. La digitalización se realizó mediante una cámara reflex digital Nikon D5000 a partir de la cual se obtuvieron fotografía en dos formatos: NEF (calidad máster) y JPG (para visualización). La calidad NEF fue elegida como formato de conservación debido a que contiene 12 bits de información en tanto que el formato JPG entrega solo 8 bits.

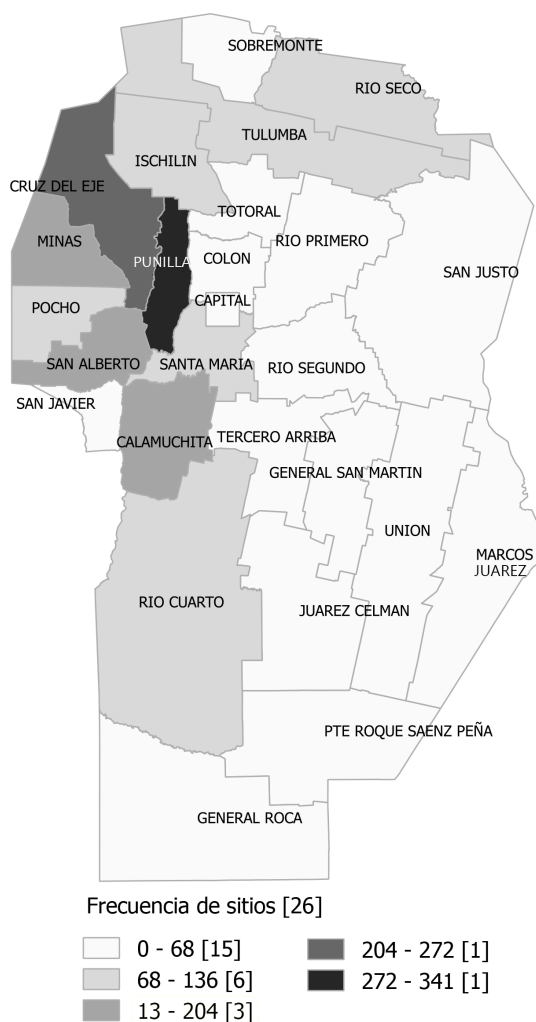


Figura 2: Frecuencia de sitios arqueológicos por Departamento de la provincia de Córdoba.

A partir de ello, se obtuvo la carta base que fue georreferenciada utilizando como software el OziExplorer 3.95.4q. Los puntos de control para realizar esta tarea se obtuvieron a partir de la toma de pares de puntos de coordenadas mediante el programa Google Earth y las imágenes SPOT gestionadas desde allí. Teniendo georreferenciada la carta se procedió a la toma de datos geográficos de los asentamientos registrados en la imagen. Para ello, se volvió a utilizar el protocolo MANIS/HerpNET/OrnlS.

Como resultado de esto se logró obtener una base de datos con 488 puntos georreferenciados que corresponden a sitios arqueológicos.

Tabla 2: Cantidad de sitios arqueológicos por Departamento de la provincia de Córdoba y su caracterización según el origen del dato, nivel de intervención, situación actual y nivel de riesgo para su conservación.

Departamento	Cantidad de sitios	Origen del Dato					Nivel de Intervención				Situación Actual					Riesgo				
		Bibliografía	FDAM	Informante	Trabajo de campo	Colección	No intervenidos	Intervenidos	Intervenidos (no autorizados)	Sin Información	Destruído	Sumergido	Soterrado	Expuesto	Sin datos	Sin riesgo	Bajo	Mediano	Alto	Indeterminado
CALAMUCHITA	157	66	44	8	24	15	73	6	-	78	-	-	-	82	75	2	-	9	35	111
CAPITAL	38	25	9	-	-	4	34	-	-	4	-	-	-	2	36	-	-	-	9	29
COLÓN	47	5	19	4	2	17	13	1	-	33	2	-	-	16	29	-	3	3	9	32
CRUZ DEL EJE	241	109	75	14	38	5	152	2	-	87	1	-	-	156	84	-	88	-	12	141
GENERAL ROCA	21	21	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	21
GENERAL SAN MARTÍN	10	9	-	-	1	-	9	1	-	-	6	-	-	4	-	1	-	-	-	9
ISCHILÍN	118	42	57	-	11	8	41	5	-	72	-	-	-	46	72	-	27	11	4	76
JUÁREZ CELMAN	3	3	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	2	-	1	-	-	-	2	1
MARCOS JUÁREZ	4	-	-	-	4	-	-	2	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-
MINAS	168	63	29	68	-	8	85	-	-	83	2	-	-	113	53	17	45	11	21	74
POCHO	105	75	22	-	-	8	66	2	-	37	4	-	-	72	29	-	46	-	18	41
PRESIDENTE ROQUE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SAENZ PEÑA	341	212	60	41	2	26	188	9	-	144	18	-	-	195	128	6	23	11	94	207
PUNILLA																				
RÍO CUARTO	87	81	2	1	3	-	14	1	1	71	1	-	1	28	57	-	-	9	12	66
RÍO PRIMERO	29	4	10	10	1	4	14	1	-	14	-	-	-	14	15	-	-	10	4	15
RÍO SECO	69	54	7	1	7	-	9	-	1	59	2	-	-	58	9	1	-	-	56	12
RÍO SEGUNDO	34	11	8	11	-	4	21	-	-	13	1	-	-	21	12	-	-	-	15	19
SAN ALBERTO	169	113	53	1	-	2	89	1	-	79	1	-	-	96	72	1	39	1	39	89
SAN JAVIER	22	4	17	1	-	-	3	1	-	18	-	-	-	4	18	-	-	-	3	19
SAN JUSTO	27	10	-	2	4	11	8	-	-	19	1	-	-	8	18	-	-	5	2	20
SANTA MARÍA	69	16	27	18	-	8	24	5	-	40	-	1	-	30	38	2	2	-	21	44
SOBREMONTÉ	17	5	11	1	-	-	3	-	-	14	-	-	-	6	11	-	-	-	2	15
TERCERO ARriba	30	14	10	1	2	3	5	-	-	25	-	-	-	7	23	1	-	-	3	26
TOTAL	17	3	9	-	4	1	2	-	-	15	-	-	-	7	10	-	2	1	-	14
TULUMBA	114	78	19	9	-	8	11	-	-	103	-	-	-	83	31	7	-	2	72	33
UNIÓN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1937	1023	488	191	103	132	866	58	4	1009	41	1	5	1048	842	38	275	73	437	1114

lógicos cercanos en el tiempo o del momento de contacto hispano-indígena (Figura 6). Algunos coinciden, de hecho, con sitios relevados y excavados (Ej. Saguión, Suana, Citon, Cachipuri) y cuya cultura material se encuentra en la Reserva Patrimonial del Museo de Antropología. Por ello, estamos convencidos de que el uso de información de archivo (aunque dato secundario o terciario) es una herramienta que puede utilizarse para la ubicación

geográfica de nuevos lugares o localidades para ser integrada a la gestión del patrimonio.

El patrón de distribución observado de las 488 nuevas localidades es similar a los definidos para distintos momentos del Holoceno, predominando las localizaciones cercanas a los ríos. Como primera aproximación encontramos un gran potencial en este tipo de análisis de fuentes documentales en relación

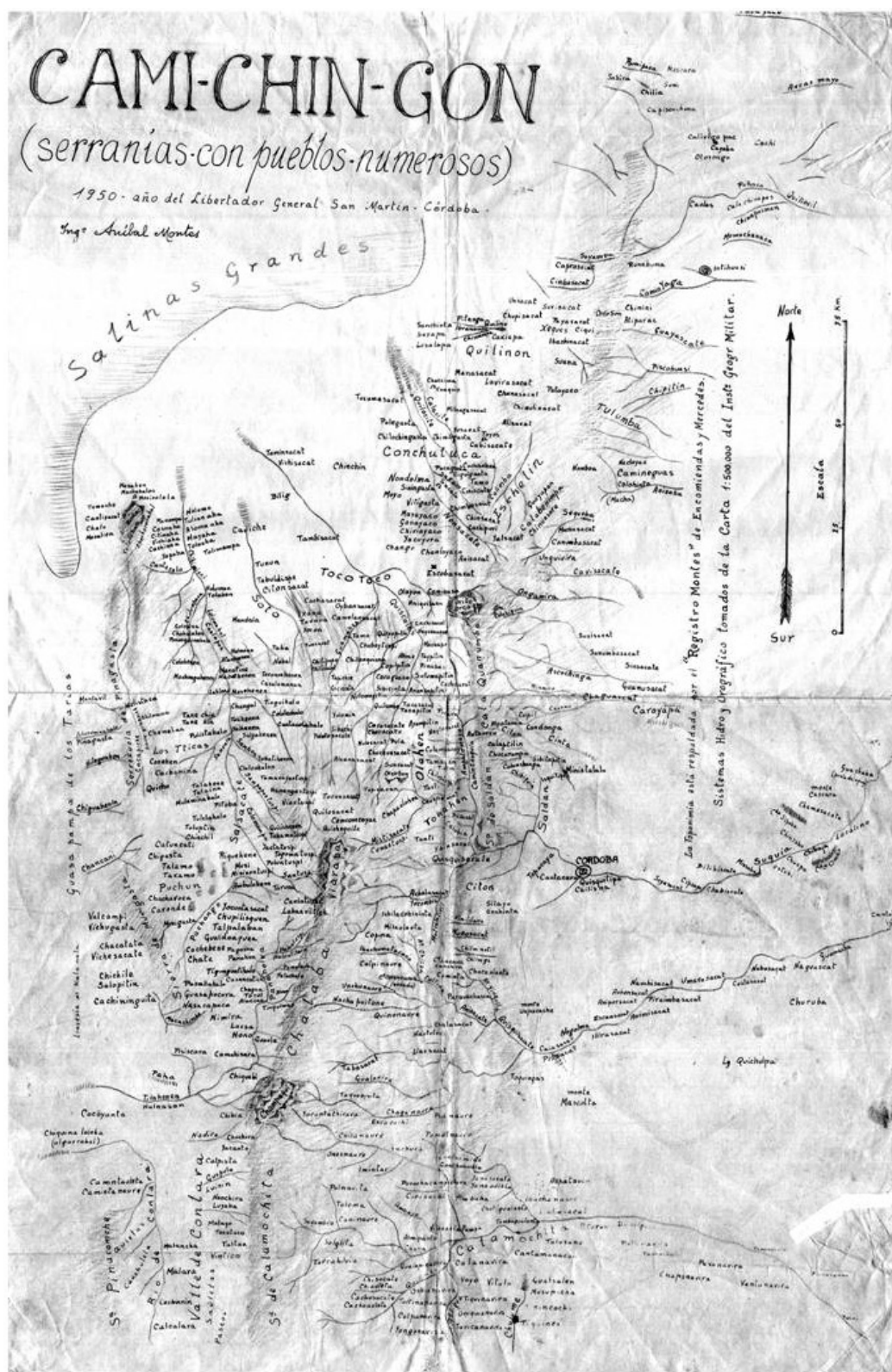


Figura 3: Imagen tomada del Mapa de Pueblos y Paraderos indígenas por el Ing. Aníbal Montes (FDAM, Museo de Antropología, FFyH, UNC).

con información producto de investigaciones arqueológicas. En concreto, el sistema permite la integración de estos datos con la red hidrográfica, el relieve, los distintos biomas que componen el territorio provincial y otros rasgos como las manchas urbanas y el avance de los monocultivos. En este sentido, la integración del SIG permite realizar mapas de riesgo que son el insumo necesario para el correcto manejo de estos bienes culturales por parte de los tomadores de decisión.

En este sentido, es indudable que la modelización de ambientes del pasado y su comparación con los actuales nos permite una visión cronológica del desarrollo de los complejos procesos de interacción entre las comunidades humanas y su entorno. Por ello, creemos que es necesario continuar con este tipo de iniciativas con el fin de lograr la preservación de un patrimonio integral, como lo son los sitios arqueológicos.

Si hacemos una valoración general del estado de intervención de los sitios de acuerdo a la información recuperada y aquí presentada, se observa en las Figuras 1 a 4 y Tablas 1 y 2 que los datos relevados poseen importantes diferencias en cuanto a zonas estudiadas/no estudiadas, hecho que dificulta interpretaciones de por qué hay áreas con mayor cantidad de sitios destruidos o sin información pues son múltiples los motivos y cada caso debería ser analizado a la luz de nuevos datos.

Así llegamos a un momento interpretativo acerca de la valoración de la situación de riesgo de cada uno de los sitios. Para realizar la asignación en cada caso se tomaron en cuenta una multiplicidad de factores, entre otros: las condiciones especiales de conservación (tanto cultural como natural) de las localidades, sitios o colecciones, la cercanía a los centros urbanos, los usos de la tierra, los trabajos realizados de sondeos arqueológicos o intervención arqueológica en extensión, el control arqueológico de movimientos de tierras, la existencia o no de supervisión actual arqueológica o la ausencia actual de

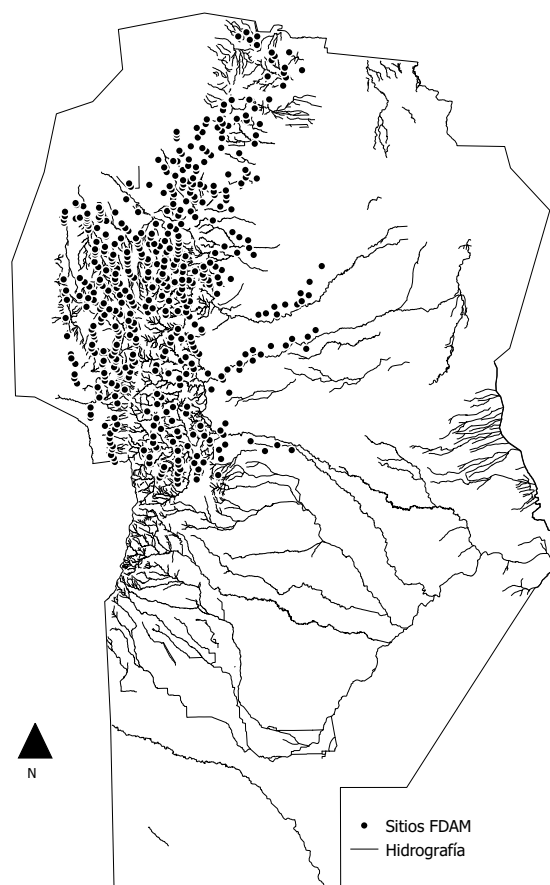


Figura 4: Datos de asentamientos originarios tomados de la información del FDAM luego de la georreferenciación.

cautelos o mecanismos gubernamentales de protección.

Por ejemplo, se consideran sitio con Bajo Riesgo aquellos ya excavados o parcialmente excavados por problemas de conservación y preservación, con colecciones preservadas.

Sitios con situaciones de Riesgo Medio podrían incluir aquellas localidades en áreas serranas, no urbanizadas pero sujetas a condiciones ambientales (enterrados pero con probabilidad de aluviones) y, finalmente, con Riesgo Alto a todas aquellas que se encuentren a corta distancia de centros urbanos, aquellos sitios considerados sagrados por las comunidades originarias y sujetos a destrucción por actividad económica como lo son la actividad minera a pequeña escala típica

de nuestra provincia, p.e. Charquina-La Playa, aquellos situados en barrancas o playas, p.e. Mar Chiquita, sujetas a cambios de nivel de base de ríos, arroyos y lagunas o aquellos fáciles de identificar y destruir como lo son las manifestaciones rupestres, p.e. en Cerro Colorado. En general, todos estos casos responden a lo que en las catalogaciones de la UNESCO equivale a la categoría 7, de Riesgo Alto. Este organismo comparte, a su vez, los fundamentos del Comité Argentino de Lucha en Contra del Tráfico Ilícito de Bienes Culturales creado en el año 2003. En este sentido, es que el inventario puede aportar al control y evaluación de las problemáticas tanto culturales como naturales de los sitios arqueológicos y toda la cultura material a ellos asociada.

Considerando estos factores de riesgo que pueden entenderse a la hora de la valoración, establecimos cinco categorías: 1. Sin riesgo, 2. Riesgo bajo, 3. Riesgo mediano, 4. Riesgo alto y 5. Riesgo Indeterminado (ver Tabla 2).

Con respecto a esta valoración debemos hacer una salvedad y es que del total de sitios hay un porcentaje importante, que al ser tomado el dato de la bibliografía se desconoce su situación actual, y esto se ve representado en la Tabla 2 donde la categoría sin información representa el 42% de los sitios lo cual habla de la necesidad urgente de llevar adelante tareas de relevamiento intensivo. Por otro lado, encontramos 79 sitios en la categoría destruido (4%), sumergidos (0,26%) y enterrados (0,15%); el restante 53,8% corresponde a sitios expuestos. Es decir que o se desconoce el estado o están expuestos en su mayoría. Ambas situaciones son graves y delicadas para la conservación y/o gestión de este patrimonio (Tabla 2).

CONSIDERACIONES FINALES

Haciendo una primera consideración muy general sobre su distribución vemos que, la gran mayoría de los sitios conocidos en el medio académico, hasta el momento, se encuen-

tran en el sector Centro-Oeste de la provincia relacionados a las Sierras Pampeanas. Más allá de la orientación de los trabajos de investigación, la gran cantidad y diversidad de actividades humanas actuales en la producción y uso del espacio en esas áreas provinciales ha favorecido el hallazgo y/o recolección de restos mientras que en los sectores llanos localizados mayormente en las regiones Sur y Este de la provincia se encuentra la menor cantidad de sitios registrados, quizás invisibilizado por el tipo de actividades agrícolas y ganaderas y por la historia poblacional de esa región. Este tipo de inferencias permiten considerar que la búsqueda de ocupaciones y sitios en estas regiones deben ser priorizados en futuros trabajos.

Para hacer una valoración en cuanto a los riesgos ambientales, el uso del SIG es una herramienta fundamental (Goodchild y Gopal, 1993). Asimismo no se debe olvidar el valor identitario e inmaterial que carga dicho patrimonio integral a la vez que se constituye en dinámico en tanto:

“...alude a la combinación e igualdad de oportunidades de participación en las decisiones que sobre el uso, interpretación y/o presentación de ese patrimonio, tienen todos los colectivos sociales que, por un motivo u otro (productores o herederos, habitantes originarios del territorio en cuestión) tengan que ver o estén relacionados con el mismo” (Martini 2007).

Este aspecto, la valoración en un inventario, es tan importante que ha dado lugar en muchos países a crear lo que se conoce como Cartas de Riesgo Arqueológico (ver por ej. <http://www.gmucordoba.es/carta-arqueologica-de-riesgo>), donde se suelen establecer principios rectores que permiten crear una zonificación a los fines de poder establecer normativas y ordenanzas de protección, uso, manejo y/o gestión (para ejemplos de Argentina a nivel provincial ver Berón y Curtóni, (2002); a nivel municipal para la ciudad de Córdoba se pueden nombrar las Cartas de

Riesgo propuestas por Rivero (2001) y el trabajo de Actis Danna *et al.* (2013)).

Estas directrices, una vez llevadas a cabo, permiten crear planes especiales de protección, detectar problemas reiterados e incluso brindar información a los agentes interesados en su cuidado. Un caso particular e interesante en la provincia de Córdoba, en este sentido, fue la creación en el año 2010 del Comité Córdoba de Lucha en Contra del Tráfico Ilícito de Bienes Culturales que nuclea a un grupo de instituciones involucradas en la gestión del patrimonio con el fin de: “establecer los procedimientos y mecanismos adecuados para prevenir y luchar contra el tráfico ilícito de bienes culturales a la vez que difundir, concientizar y sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de proteger los bienes culturales que conforman el patrimonio cordobés, instar a la actualización de la legislación vigente en materia de protección del patrimonio cultural y promover la capacitación interinstitucional y el trabajo en red con los organismos análogos y afines, tanto en la esfera provincial como nacional” (Decreto 1523 del 13/10/2010).

Es nuestro deseo que, las acciones de registro, conservación preventiva, digitalización, así como acciones legislativas de protección, al igual que el apoyo a mayor cantidad de estudios arqueológicos en el territorio provincial, ayuden en esta tarea tan vasta que es la construcción del patrimonio arqueológico que nos pertenece a todos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actis Danna, R. R., Rojas E. E. y Tedesco, J. (2013). Elaboración de la carta digital de riesgo arqueológico de la ciudad de Córdoba con el empleo de los Sistemas de Información Geográfica. *El uso de SIG en la Arqueología Sudamericana*, María José Figuerero Torres y A. D. Izeta (eds), B.A.R. International Series, SAMAR 19 (Izeta ed.), Archaeopress, Oxford, UK. Pp. 91-100.
- Atalay, S. (2008). Multivocality and Indigenous Archaeologies. Habu J., C. Fawcett y J. Matsunaga (eds.). *Evaluating Multiple Narratives Beyond Nationalist, Colonialist, Imperialist Archaeologies*. Pp. 29-45. Springer, Nueva York.
- Austral A. y Rocchietti A.M. (2004). Al sur del Río Cuarto: síntesis de la arqueología regional. *Cuartas Jornadas de Arqueología y Etnohistoria del Centro Oeste del País*. Universidad Nacional de Río Cuarto. Volumen 2: 97-116.
- Baeza, Y.G.C. y Cacho, S.F. (1996). La base de datos: zonas arqueológicas de Andalucía. PH: *Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 4(16): 112-118.
- Berberián E.E. (2009). *La protección del patrimonio cultural argentino. Arqueológico y paleontológico. La ley Nacional n° 25.743. Comentarios al texto*. 1° ed. Córdoba: Brujas.
- Berberián E.E., Pastor S., Rivero D.E, Medina, M.E., Recalde, M.A., López, *et al.* (2008). Últimos avances de la investigación arqueológica en el sector central de las Sierras de Córdoba, Argentina. *Comechingonia* 11: 135-164.
- Berón, M. y Curtoni R. (2002). *Atlas arqueológico de la provincia de La Pampa*. Serie Monográfica Nro. 2. INCUAPA, Facultad de Ciencias Sociales, UNICEN, Olavarría, Bs. As.
- Bixio, B., Berberián E.E. y Pastor, S. (2010). *Historia prehispánica de Córdoba. Arqueología Argentina*. Tomo 2. Córdoba: Editorial Brujas.
- Bonnin, M.I. (1999). Museos, universidad y sociedad. *Estafeta 32: revista de producción y debate* 1: 81-83.
- Bonnin, M.I. (2000). Le musée d'anthropologie universitaire en Argentine. *Regards des Amériques* 4, Association culturelle sur l'Amérique Latine, Paris, Francia.
- Bonnin, M.I. (2002). *Informe de gestión del Museo de Antropología FFyH, UNC*. Inédito
- Bonnin, M.I. (2005). *Informe de gestión del Museo de Antropología FFyH, UNC*. Inédito
- Bonnin, M.I. (2008). Arqueólogos y Aficionados en la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina): Décadas de 1940 y 1950. *Arqueoweb. Revista de Arqueología en Internet* 10.
- Bonnin, M.I. (2009). *Informe de gestión del Museo de Antropología FFyH, UNC*. Inédito
- Bonnin, M.I. (2012). *Memorias materiales: Museos de la Universidad Nacional de Córdoba*. Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba.

- Bonnin, M. I. y Laguens, A.G. (2000). Esteros y Algarrobales. Las Sociedades de las Sierras centrales y la llanura santiagueña. Tarragó M.N. (ed.) *Nueva Historia Argentina*. Tomo 1: 147-186. Los pueblos originarios y la Conquista. Editorial Sudamericana, Buenos Aires.
- Bonnin, M.I. y Soprano, G. (2011). Antropólogos y antropología entre las universidades nacionales de La Plata, Litoral y Córdoba. Circulación de personas, saberes y prácticas antropológicas en torno del liderazgo académico de Alberto Rex González (1949-1976). *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología* XXXVI: 37-59.
- Burrough, P. (1986). *Principles of Geographical information system for land resources assessment*. Clarendon Press, Oxford University Press.
- Cattáneo G.R. (2013). Arqueología, patrimonio y ordenamiento territorial: Hacia una construcción multivocal. X Jornadas de Arqueología y Etnohistoria del Centro Oeste del País. Tercer Seminario Magistral "Las Sociedades de los Paisajes Áridos y Semi-Áridos del Centro-Oeste Argentino" Río Cuarto, 11, 12 y 13 de Septiembre de 2013.
- Cattáneo G.R., Izeta, A.D. y Costa, T. (2012). Informe de avance técnico N° 1, al FONCYT y el MINCYT Córdoba del Proyecto Bases Ambientales para el Ordenamiento Territorial del Espacio Rural de la Provincia de Córdoba, capa arqueológica. 290 pp. Inédito.
- Cattáneo G.R., Izeta, A.D. y Costa, T. (2013). *El patrimonio arqueológico de los espacios rurales de la provincia de Córdoba*. 1a ed. - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Cattáneo G.R., Izeta, A.D. y Costa, T. (2015). *El patrimonio arqueológico de los espacios rurales de la provincia de Córdoba*. 2a ed. - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.
- Conolly J. & Lake, M. (2006). *Geographical Information Systems in Archaeology*. Cambridge University Press. pp 31-88.
- Costa, T. (2013). Los sitios arqueológicos de la provincia de Córdoba y la construcción de un sistema de información geográfica para su gestión. *X Jornadas de Arqueología y Etnohistoria del Centro Oeste del País*. Pp. 137-144. Editorial UNIRIO. Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Demarchi, D.A., Fabra M. y García, A. (2010). Poblamiento inicial de las Sierras Centrales de Argentina: Nuevas evidencias morfológicas y moleculares. Pp. 111-129. *III Simposio Internacional "El Hombre Temprano en América"*, Editado por J. C. Jiménez López, C. Serrano Sánchez, A. González González, y F. J. Aguilar Arellano. Instituto Nacional de Antropología e Historia, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, Museo del Desierto. México.
- Endere, M.L. (2007). *Archaeology, Heritage and "the others": towards a theoretical Framework. Management of archaeological sites and the public in Argentina*. BAR International Series 1708. Oxford: 19-30.
- Endere, M.L y Curtoni, R. (2006). Entre Lonkos y ólogos: la participación de la comunidad ranquelina en la investigación arqueológica". *Revista de Arqueología Suramericana* 2(1)72-92.
- Endere, M.L. y Prado, J.L. (2009). Criterios de selección, valoración y zonificación de yacimientos arqueológicos y paleontológicos. En *Patrimonio, ciencia y comunidad. Un abordaje preliminar en los partidos de Azul, Olavarría y Tandil*, editado por M. Endere y J. Prado, pp: 47-65. INCUAPA, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría.
- Ferreira, C.A. (2006). Museo, Ciencia y Sociedad en la Córdoba moderna. El Museo Histórico Provincial y el Museo de Antropología: pensamiento y práctica (Tesis de licenciatura en Historia de la FFyH de la UNC). Publicaciones, Universidad Nacional de Córdoba.
- Figuerero Torres, M. J. e Izeta, A.D. (2013). *El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en arqueología sudamericana*. (Editores). South American Archaeology Series N18. Ed A. Izeta. BAR International series 2497. Oxford, UK.
- García Sanjuán, L. (2003). *La prospección Arqueológica de superficie y los SIG*. http://gru.po.us.es/atlas/documentos/articulos/ponencia_cordoba_2003/ponencia_cordoba_2003.pdf. Acceso 13/11/2015.
- Goodchild, M. & Gopal, S. (Edit.)(1993). *Environmental modelling with GIS*. Oxford University Press.
- Gosden, C. (1999). *Anthropology and Archaeology. A changing relationship*. Routledge, Londres.

- Haber, A.F. (1999). "Caspinchango, la ruptura metafísica y la cuestión colonial en la arqueología suramericana. El caso del noroeste argentino". *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, Suplemento 3:129-141.
- Hernando, A. (2006). Arqueología y globalización. *Complutum* 17: 221-234.
- Izeta, A.D. (2010). Proyecto de Informatización de la Reserva Patrimonial del Museo de Antropología. Taller de gestión de proyectos de digitalización. Agencia de Cooperación Internacional de Japón y Sistema Nacional de Datos Biológicos (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva). Realizado en el Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia". 5 de Octubre de 2010. Conferencia.
- Izeta, A.D. (2011). Informatización de la Reserva Patrimonial del Museo de Antropología. Un caso de estudio. Taller Plataforma Interactiva de Investigación en Ciencias Sociales, CONICET, Buenos Aires, 11 al 12 de Julio de 2011.
- Izeta, A.D. (2012). Avances en la Informatización de la Reserva Patrimonial del Museo de Antropología. Taller Plataforma Interactiva de Investigación en Ciencias Sociales, CONICET, Buenos Aires, 7 al 8 de Marzo de 2012.
- Izeta A.D. (2013). Colecciones arqueológicas y archivos documentales de sitios arqueológicos de la provincia de Córdoba. Primeros resultados del proyecto de informatización del Museo de Antropología (FFyH, UNC). XVIII Congreso Nacional de Arqueología Argentina, UNLAR, La Rioja, 21 al 25 de Abril de 2013.
- Izeta, A. y Bonnin M.I. (2009). Recursos faunísticos en Sierras Centrales. Su estudio a través de las colecciones zoológicas alojadas en el Museo de Antropología (FFyH, UNC). Cuartas Jornadas Arqueológicas Cuyanas, mayo 2009.
- Izeta, A. y Cattáneo G.R. (2010). Proyecto de digitalización del repositorio documental del Museo de Antropología. III Jornadas sobre Patrimonio en Peligro, Córdoba y su memoria documental. Centro regional de preservación y conservación del patrimonio cultural de obras sobre papel 22 de octubre de 2010.
- Izeta, A.D., Mazzola, M., Possentini, A., Ochoa, S. y Cattáneo G. R. (2012a). Informatización del Archivo Documental del Museo de Antropología (FFyH, UNC). Primeros resultados de su implementación. III Encuentro de Museos Universitarios del Mercosur, UNL, Santa Fe, 4 y 5 de Octubre de 2012.
- Izeta, A.D., Borges, W., Novello, A., Panciera, V., Almeida, M. y Cattáneo, G.R. (2012b). Digitalización de colecciones arqueológicas y etnográficas. Primeras experiencias en el Museo de Antropología (FFyH, UNC). III Encuentro de Museos Universitarios del Mercosur, UNL, Santa Fe, 4 y 5 de Octubre de 2012.
- Izeta, A.D., Bonnin, M.I., Cattáneo, G.R., Borges, W., Novello, A., Panciera, *et al.* (2012c). El potencial del uso de colecciones de museos para el ordenamiento territorial. El caso de la Reserva Patrimonial "C" del Museo de Antropología (FFyH, UNC). Simposio Paisajes Culturales en el Centro-Oeste de la Argentina. Los desafíos teóricos y prácticos del ordenamiento territorial en torno a los bienes culturales. Río Cuarto - 6 y 7 de Septiembre de 2012.
- Izeta, A.D., Bonnin, M.I., Mazzola, M. y Possentini, A. (2012d). La cartografía del Fondo Documental Aníbal Montes (Museo de Antropología, FFyH, UNC) como insumo para entender los paisajes culturales del holoceno de la Provincia de Córdoba. Simposio Paisajes Culturales en el Centro-Oeste de la Argentina. Los desafíos teóricos y prácticos del ordenamiento territorial en torno a los bienes culturales. Río Cuarto - 6 y 7 de Septiembre de 2012.
- Laguens, A.G. (2009). Arqueología de las Sierras Centrales: problemas y perspectivas actuales. Las sociedades de los paisajes áridos y semi-áridos del Centro-Oeste argentino. *Revista Científica del Laboratorio de Arqueología y Etnohistoria de la Facultad de Ciencias Humanas*. Universidad Nacional de Río Cuarto I (I): 17-28.
- Laguens, A. y Bonnin, M.I. (2009). *Sociedades Indígenas de las Sierras Centrales. Arqueología de Córdoba y San Luis*. Editorial de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Laguens, A.G., Demarchi, D. A. y Cattáneo, G. R. (2007). Estancia La Suiza: una localidad arqueológica en relación al poblamiento inicial de las Sierras Centrales. *Resúmenes ampliados del XVI Congreso Nacional de Arqueología Argentina* Tomo 3. San Salvador de Jujuy.
- Ley Provincial N° 5543 de "Protección de los Bienes Culturales", su Decreto Reglamentario 484/83 y

- la Resolución N° 104/03 de Protección de Yacimientos Arqueológicos y Paleontológicos de la Provincia de Córdoba.
- Ley Nacional 25.743/2003 de Protección del Patrimonio Arqueológico y Paleontológico. Argentina.
- Maguire, D., Goodchild, M. & Rhind, D. (1991). *Geographical information system: principles and applications*, Longman Scientific-technical, Harlow, Essex, Wiley, New York
- Martini, Y. (2007). *Teoría y práctica de un museo. Balance de una pasión*. Ed. del Boulevard. Córdoba, Argentina.
- Ochoa, G.S. (2008). Análisis e interpretaciones de las representaciones rupestres de Córdoba en publicaciones de fines del s. XIX hasta los '80 del siglo XX. *Revista del Museo de Antropología* 1(1): 41-50.
- Ochoa, G.S. (2009). Representaciones rupestres en el noroeste de la Provincia de Córdoba: Análisis de las representaciones rupestres y valoración patrimonial de Charquina. Tesis de Licenciatura, FFyH, Universidad Nacional de Córdoba.
- Rivero, D.E. (2001). Carta de Riesgo Arqueológico de la ciudad de Córdoba. Informe de la beca de extensión de la UNC. Inédito.
- Rivero, D.E. (2007). La ecología de los cazadores-recolectores de las Sierras de Córdoba. Investigaciones en el sector meridional del valle de Punilla y pampas de altura adyacentes. Tesis Doctoral Inédita, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.
- Rivero, D.E. (2008). El poblamiento de la región central del territorio argentino durante la transición Pleistoceno-Holoceno (12000-9000 AP). *Revista Española de Antropología Americana* 38(2): 17-37.
- Rivero, D.E. y Berberíán E.E. (2006). El poblamiento inicial de las Sierras Centrales de Argentina. Las evidencias Arqueológicas Tempranas. *Cazadores y Recolectores del Cono Sur* 1: 127-138.
- Sánchez, C. (2013). Caracterización del territorio Noroeste de la provincia de Córdoba Proyecto Regional con Enfoque Territorial (PRET) Gestión de la innovación en el territorio del arco Noroeste de la provincia de Córdoba (CORDO 1262204). Ediciones INTA. Publicaciones regionales. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi Córdoba, AR.
- Uribe, A. y Ochoa, G.S. (2008). Representaciones Rupestres en el Noroeste de Córdoba, Argentina. Valoración Patrimonial de la Localidad Arqueológica de La Playa *Arqueoweb* 10.
- Urquiza, L. R. (2007). *Historias de la Córdoba Noroesteña*. Ediciones La Posta de Córdoba.
- Wharton, G. (2005). Indigenous claims and heritage conservation: an opportunity for critical dialogue. *Public Archaeology* 4: 199-204.
- Wieczorek, J., Guo, Q. & Hijmans, R. J. (2004). The point-radius method for georeferencing locality descriptions and calculating associated uncertainty. *International Journal of Geographical Information Science* 18 (8): 745-767.

6. LEGISLACIÓN

Daniela María Tamburini, Cecilia Verónica Briguera

RESUMEN

Las actividades humanas se basan en el uso de servicios y recursos naturales, emergiendo problemáticas ambientales de distinta magnitud. La conservación del entorno natural constituye un derecho e implica un deber compartido por la sociedad toda. Debido a que las actividades generan o agravan problemas ambientales, es imprescindible su regulación y control. Esto se efectiviza a través de la gestión pública del ambiente, que cuenta con procedimientos y herramientas, entre las que se encuentran la formulación y ejecución de políticas específicas, el derecho ambiental y la organización, ejecución e implementación administrativa de tales políticas y normas. La gestión ambiental implica, además, el ordenamiento y regulación de los usos del suelo. En este capítulo se reseña la normativa ambiental como aspecto central de la gestión pública ambiental y la planificación territorial. Se recopilaron, revisaron y analizaron normas ambientales, las que regulan actividades relacionadas con recursos naturales y aquéllas de relevancia cultural y sanitaria; todas con expresión en el espacio rural provincial. Fueron clasificadas de acuerdo a temáticas específicas y sistematizadas en una base de datos. Para la jurisdicción nacional se incluyen normas de Presupuestos Mínimos, leyes a las que la provincia adhirió, ratificaciones de convenios internacionales ambientales y normas que se aplican en territorio de jurisdicción federal dentro de la provincia de Córdoba, entre otras. La base de datos está conformada por 413 normas provinciales y 125 nacionales. Se detectaron deficiencias importantes relacionadas con la legislación y su aplicación a problemáticas ambientales concretas, que afectan su eficacia en el manejo de los recursos. La legislación ambiental, como producto tangible de la política ambiental llevada a cabo por el Estado, implica un largo proceso de discusiones y toma de decisiones, con origen en una preocupación ambiental. Dada la profunda interrelación entre desarrollo y conservación de la naturaleza, la consideración de lo ambiental en todas las actividades humanas se hace imprescindible y tiene su correlato en la sanción y aplicación de legislación específica. Sin embargo, el presente trabajo pone de manifiesto algunos inconvenientes que limitan el carácter preventivo del derecho ambiental. El estado actual del ambiente de la provincia de Córdoba, demanda un abordaje diferente de esta temática en las políticas del Estado, las cuales deben traducirse en un modelo de gestión basado en la consideración del espacio natural, no como un factor antagónico al desarrollo, sino como la plataforma sobre la que se construye todo el sistema social (económico, productivo y cultural). En este sentido, es el Estado y las reparticiones con competencia en estos temas, quienes deben trabajar de manera integrada con el fin de generar acuerdos y dirigir los esfuerzos en una misma dirección, teniendo como meta el respeto de todos los derechos constitucionales.

INTRODUCCIÓN

Toda actividad humana se basa directa o indirectamente en el uso de bienes y servicios ecosistémicos, con lo cual problemáticas ambientales como pérdida de biodiversidad, alteración de sus tasas de reposición y del ciclo de nutrientes, contaminación y los problemas de salud asociados, escasez de recursos, etc., limitan el acceso a los mismos e impactan de una u otra manera en la vida de todas las personas. Las demandas sociales relacionadas con temáticas socioambientales son cada vez más frecuentes. En la conciencia colectiva se instauró progresivamente el convencimiento de que la conservación del entorno natural es necesaria para mantener la calidad de vida de las personas. Pero satisfacer tal necesidad constituye no solo un derecho, sino que también implica un deber compartido por el conjunto de los integrantes de la sociedad, en sus diferentes roles y funciones.

Dado que toda actividad humana es potencialmente responsable de generar o agravar problemas ambientales, la regulación y control de las mismas son imprescindibles y se efectivizan a través de la gestión pública del ambiente. La misma requiere la vinculación y el abordaje de una gran variedad de temáticas relacionadas con aspectos ambientales y cuestiones específicas de los componentes del ambiente o la región (Juliá *et al.*, 2009; Sabsay y Tarak, 1997). Para ello, la gestión pública cuenta con una serie de procedimientos y herramientas que facilitan el logro de los objetivos de desarrollo sustentable: 1) la formulación y ejecución de políticas específicas de protección y promoción del ambiente; 2) el derecho ambiental; y 3) la organización, ejecución e implementación administrativa de tales políticas y normas (Brañes, 2000; Juliá *et al.*, 2009). Asimismo, como los recursos naturales y las actividades que estos sustentan tienen su expresión en el territorio, la gestión ambiental implica, además, el ordenamiento y regulación de los usos del suelo. Esta planificación territorial se focaliza en evaluar y pro-

gramar los usos y el manejo de los recursos naturales para lograr cierta armonía entre las actividades productivas, el desarrollo económico y social, y la integridad de los ecosistemas (Uvalle, 2002).

En este capítulo se aborda la normativa ambiental como aspecto central de la gestión pública ambiental y de la planificación territorial. En conjunto, estas normas regulan un sistema complejo y dinámico que entiende al ambiente como una construcción humana, integrada por elementos naturales y sociales. Constituye la expresión tangible de la conciencia ambiental de una comunidad, frente al amplio abanico de problemáticas que emergen de la relación entre naturaleza y sociedad (Del Campo, 2005; Juliá *et al.*, 2009).

Si bien la sanción, aplicación y control de la normativa ambiental están a cargo del Estado, actores sociales como educadores e investigadores deben participar significativamente en la socialización de tales regulaciones y en la producción de conocimientos necesarios para diseñar políticas, normas y planes de manejo coherentes con la realidad y con los objetivos de conservación de los recursos naturales. También se requiere de la participación de las empresas y del común de la sociedad para cumplir y hacer cumplir las normativas ambientales.

Por ello, considerando la importancia de la legislación ambiental como herramienta fundamental para la conservación y promoción del ambiente con base en el ordenamiento de las actividades en el territorio provincial, el presente capítulo pretende poner a disposición de los actores sociales involucrados, la normativa en materia ambiental vigente en la provincia de Córdoba. El relevamiento de estas normas, su análisis, organización y sistematización, facilita el acceso a la información sobre la regulación de las actividades que, de manera directa o indirecta, presionan sobre los recursos naturales y los ecosistemas. Considerando la complejidad de las interacciones entre los subsistemas natural y social, este trabajo encuentra su ámbito de aplica-

ción en diversas áreas del accionar humano, como insumo fundamental e ineludible para: la gestión de los recursos naturales provinciales (fiscalización y control, administración, conservación y promoción), la educación, la investigación y la autorregulación de acciones individuales y colectivas para el ejercicio de la ciudadanía, en la defensa de derechos difusos.

Si bien la promulgación de legislación ambiental es reciente en comparación a la generada en las demás áreas del Derecho, ha tomado gran auge en todos los niveles jurisdiccionales, dadas las consecuencias negativas que se derivan de las intervenciones humanas sobre los sistemas naturales y su consecuente deterioro ambiental. En este contexto, el Derecho Ambiental surge como un conjunto de reglas, principios y normas jurídicas que condicionan la vida de las personas y de la sociedad en la que se insertan. Está destinado a proteger los elementos independientes e interdependientes de un sistema ambiental complejo, propendiendo a la utilización de los recursos naturales de manera prudente, equitativa y ética (Brañes, 2000; Juliá *et al.*, 2009).

Al igual que el sistema que pretende regular, el Derecho Ambiental es complejo en diferentes aspectos. Por un lado, abarca una muy amplia gama de temáticas y variables naturales y sociales, con lo cual surgen inconvenientes a la hora de establecer definiciones, conceptos, límites y estándares técnicos, tanto en lo que se refiere a las interpretaciones que realiza el propio Derecho Ambiental, como a las características intrínsecas de los recursos y procesos sobre los que se pretende legislar. Asimismo, dado que la gestión de los recursos naturales y otras áreas relacionadas (como por ejemplo, la salud pública, la producción energética, el comercio y la industria, etc.), se realiza en diferentes dependencias del Estado, la aplicación de la normativa ambiental no se centraliza en una sola área administrativa, demandando un alto nivel de coordinación entre dichas dependencias a la hora de abordar problemáticas ambientales.

Esta dispersión del cuerpo legal en materia ambiental en cuanto a los ámbitos en los que se aplica, así como la dificultad de tomar conocimiento de esta normativa en algunas áreas administrativas no específicas de la gestión de ciertos recursos naturales (pero relacionadas), pueden ocasionar inconvenientes que redundarían en acciones poco efectivas para la conservación de la naturaleza que se pretende realizar. Además, las características territoriales de cada recurso natural, las regulaciones de las actividades dentro de cada jurisdicción y la jerarquía normativa, aumentan aún más la complejidad a la hora de contar con un cuerpo legal ambiental que favorezca el desarrollo sustentable.

En las últimas décadas en Argentina, la institucionalidad y la legislación ambiental han experimentado un importante desarrollo a través de: la incorporación de la temática ambiental en la Constitución Nacional a partir de la reforma de 1994, la creación de organismos ambientales estatales y del dictado de normas ambientales generales y específicas (Juliá y Foa Torres, 2009a). La Provincia de Córdoba, por su parte, es pionera a nivel nacional en materia de legislación ambiental, siendo muchas de sus normas anteriores a la incorporación de la temática ambiental en la Constitución Nacional. En el artículo 66 de la Constitución provincial reformada en 1987, se especifica que *“toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente sano. Este derecho comprende el de vivir en un ambiente físico y social libre de factores nocivos para la salud, a la conservación de los recursos naturales y culturales y a los valores estéticos que permitan asentamientos humanos dignos, y la preservación de la flora y la fauna”*. El mismo artículo establece que *“el Estado Provincial protege el medio ambiente, preserva los recursos naturales ordenando su uso y explotación, y resguarda el equilibrio del sistema ecológico, sin discriminación de individuos o regiones. Para ello dicta las normas que aseguren: la eficacia de los principios de armonía de los ecosistemas y la integración,*

diversidad, mantenimiento y recuperación de recursos; la compatibilidad de la programación física, económica y social de la Provincia, con la preservación y mejoramiento del ambiente...".

En la actualidad, la provincia cuenta con un cuerpo normativo ambiental profuso y variado en cuanto a los tópicos que aborda, pero en ocasiones insuficiente para hacer frente a las necesidades actuales de la gestión ambiental del territorio. Debe considerarse que, como cualquier norma, la legislación ambiental responde a una necesidad de un momento histórico determinado (Brañes, 2000; Juliá *et al.*, 2009). Esto supone, por un lado, que su contenido no siempre es adecuado a la velocidad de los cambios que se registran en el territorio y a las necesidades actuales de regulación, y por otro, que la terminología incluida puede ser poco precisa y con conceptos perimidos. Asimismo, los cambios diferenciales en las políticas públicas específicas de cada dimensión y en la producción de normativa ambiental en diferentes áreas temáticas, puede resultar en regulaciones contrapuestas para un mismo recurso.

Todo ello, sumado a las problemáticas expuestas sobre la dispersión de la normativa ambiental, los diferentes ámbitos en los que se aplica o debería aplicarse, su jerarquía y la jurisdicción sobre los recursos naturales, pone de manifiesto la necesidad de contar con una sistematización de la legislación ambiental vigente, que facilite el ordenamiento del espacio rural de la provincia de Córdoba. A partir de la identificación de los vacíos legales y de aquellos aspectos donde las instituciones del Estado deben intervenir y conciliar propuestas, podrán darse mejores respuestas a las necesidades ecológicas, productivas y sanitarias que tienen lugar en el extenso territorio de la provincia.

Algunos antecedentes sobre regionalización de Córdoba refieren sólo al aspecto físico de ciertos procesos y recursos naturales (suelos, climas, procesos erosivos, vegetación, entre otros), o se han realizado trabajos

de ordenamiento en regiones o unidades funcionales de menor extensión que el territorio provincial (por ejemplo, en áreas protegidas). Sin embargo, incluir la regulación legal de los recursos naturales en la planificación del territorio, presenta dificultades relacionadas con las características intrínsecas de cada uno: algunos no poseen límites geográficos definidos ni estáticos (como la fauna); no todos los recursos son regulados por la misma jurisdicción; otros presentan distribuciones espaciales que trascienden los límites provinciales, por lo que su regulación es compartida por varias provincias; etc. En estas condiciones lograr un ordenamiento territorial que incluya el aspecto normativo resulta, al menos, dificultoso.

Investigaciones realizadas en la provincia de Córdoba han avanzado sobre algunos de estos aspectos. Drnas de Clement *et al.* (1999) realizaron un trabajo interdisciplinario en relación a los principios jurídicos a considerar para el establecimiento de regiones interprovinciales con base ambiental sustentable. Kufner *et al.* (2000) continuaron con la línea de trabajo considerando el patrimonio natural, las actividades productivas, su distribución en el territorio y los efectos sobre el ambiente, así como la normativa municipal que los abordaba. Específicamente, la normativa en materia ambiental a nivel municipal, provincial, así como tratados o convenios internacionales vigentes en Argentina y en el MERCOSUR, fueron codificados, analizados y comentados por Drnas de Clement (2000, 2001). Tamburini y Kufner (2008), con una metodología fundada en ordenamiento territorial y planificación participativa, definieron unidades homogéneas del uso de la tierra, analizaron los factores inductivos y limitantes respecto del medio natural, del patrón espacial y de otros determinantes como la normativa vigente. Investigaciones más recientes avanzaron en temáticas relacionadas con la institucionalización ambiental en Argentina y

la operacionalización de conceptos para la formulación de políticas públicas ambientales (Juliá y Foa Torres, 2009b; 2013).

En este marco, el presente trabajo tiene como objetivos la elaboración de una base de datos de la normativa provincial vigente en materia ambiental, su análisis y sistematización, la identificación de incongruencias e imprecisiones técnicas en sus textos y la individualización de las áreas temáticas pobremente reguladas, que requieran particular atención por su importancia para el uso sustentable de los recursos naturales.

A. Metodología de abordaje

El trabajo de sistematización de la legislación provincial se basó en la recopilación, revisión y análisis de normas ambientales propiamente dichas, de aquellas que regulan actividades relacionadas, directa o indirectamente, con recursos naturales y de aquellas de relevancia cultural y sanitaria. Todas las normas que se identificaron tienen expresión en el espacio rural de la provincia de Córdoba.

Se confeccionó una base de información normativa con formato Excel para la jurisdicción nacional y otra para la provincial. Para cada jurisdicción, las normas fueron clasificadas de acuerdo a las siguientes temáticas o categorías: *Ambiente Generales, Flora, Fauna, Áreas Protegidas, Agricultura y Ganadería, Suelo, Uso del suelo, Minería, Agua y Cuencas, Contaminación y Residuos, Problemas sanitarios, Turismo, Entes y Convenios Interjurisdiccionales, Radios Municipales y Comunes, Patrimonio Cultural, Energía.*

Para cada norma se analizaron y sintetizaron los siguientes aspectos:

- 1) N° y tipo de norma (ley, decreto, resolución o disposición).
- 2) Aspectos que regula.

- 3) Autoridad de Aplicación (organismo del Estado que debe velar por la aplicación y cumplimiento de la norma).
- 4) Fecha de sanción y/o publicación en el Boletín Oficial.
- 5) Alcances de la aplicación de la norma (se refiere a personas, entes públicos o privados a los que alcanza la regulación de la norma).
- 6) Información necesaria para su aplicación (aspectos técnicos físicos, biológicos o ecológicos que deben conocerse para poder aplicar la norma).
- 7) Referencias espaciales (referencias geográficas mencionadas en la norma o deducibles a partir de su texto).
- 8) Aspectos poco claros y/o imprecisos (conceptos, definiciones técnicas o aspectos importantes para la aplicación de la norma, que en su texto resulten ambiguos, inadecuados, desactualizados o faltantes).
- 9) Referencias a otras normas de relevancia (otras normas importantes mencionadas que deben ser tenidas en cuenta).
- 10) Otros detalles de la norma.
- 11) Link de acceso al texto de la norma.
- 12) Formato (papel o digital).
- 13) Anexos (mapas, otros).

El relevamiento de la normativa provincial y nacional, se realizó a partir de las siguientes fuentes:

- Oficina de Información Parlamentaria de la Legislatura de la Provincia de Córdoba.
- Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba.
- Sistema Argentino de Información Jurídica (Infojus). Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación.
- InfoLEG. Información legislativa y documental. Centro de documentación

e información del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación.

- Dirección de Informática Jurídica de la Fiscalía de Estado de la Provincia de Córdoba.

Dado que el cuerpo legal en materia ambiental es sumamente extenso, se seleccionaron las normas consideradas relevantes para cumplir los objetivos de este trabajo en base a los siguientes criterios:

a. *Jurisdicción de la norma*: Se puso especial énfasis en el relevamiento y análisis de la normativa ambiental provincial, en concordancia a lo que establece, por un lado, la Constitución Nacional (1994) sobre el dominio y regulación de los recursos naturales dentro del territorio de las provincias¹, y por otro la responsabilidad de la Provincia de Córdoba para dictar la normativa específica (art. 66 de la Constitución provincial). No obstante, se incluyen también las leyes nacionales de Presupuestos Mínimos Ambientales (con expresión en el territorio provincial), leyes nacionales a las que la Provincia adhirió, ratificaciones de convenios internacionales de aplicación obligatoria en todo el territorio nacional y normas que se aplican en territorio de jurisdicción federal dentro de la provincia de Córdoba, entre otras.

b. *Año de promulgación*: se incluyeron normas promulgadas a partir del año 1980. Ello debido a que a finales de la década de 1970 se constituyó la primera Secretaría de Ambiente de la Nación a partir de la cual se impulsaron normas ambientales. No obstante, se incorporaron también algunas normas anteriores a este año que aún se encuentran

vigentes, dado que abordan aspectos productivos que influyen en la conservación de recursos naturales. El corte temporal se realizó en 2016.

c. *Relevancia del contenido de la norma para la conservación de recursos naturales en la provincia de Córdoba*: se excluyeron del análisis aquellas normas relacionadas con: la creación de organismos, instituciones y comisiones especiales del Estado con fines ambientales; leyes de ratificación de algunos convenios, protocolos y estatutos; declaraciones como monumentos naturales fuera del límite provincial; leyes de presupuestos mínimos nacionales que no afectan a la provincias de Córdoba (por ejemplo la ley de glaciares); normas relacionadas con cuerpos de agua superficiales que no ingresan a la provincia de Córdoba; planes de manejo de especies sin distribución en la provincia de Córdoba; leyes de creación de parques nacionales fuera del territorio provincial; resoluciones que tienen vigencia un corto período (por ejemplo, las declaraciones de estado de emergencia y/o desastre agropecuario Resolución 20/2016) o cuyos períodos de aplicación están vencidos; aprobación de modelos de convenios relacionados con aspectos ambientales; declaraciones de interés y creación de premios; reglamentos administrativos de reparticiones públicas relacionadas con la gestión ambiental; normas ambientales derogadas totalmente; normas que derogan parcial o totalmente a normas ambientales no incluidas en el listado de este trabajo; ordenanzas municipales ambientales.

B. Base de información legal en materia ambiental para la gestión territorial de la provincia de Córdoba

En función de los criterios de selección aplicados sobre el cuerpo normativo ambiental vigente, la base de información legal relevante para la gestión del territorio rural de Córdoba (Anexos I y II), quedó conformada por 413 normas provinciales y

¹ Art. 41: "Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales".

Art. 124: "Corresponde a las provincias el dominio originario de los recursos naturales existentes en su territorio".

125 nacionales, distribuidas en las diferentes categorías según se detalla en la Tabla 1.

En el Anexo I se detallan las particularidades de las normas provinciales y en el Anexo II lo propio de las normas nacionales. Las mismas se encuentran ordenadas de acuerdo a la fecha de sanción o publicación en el Boletín Oficial (orden cronológico).

Del análisis realizado se detectaron tanto avances como dificultades relacionados con la legislación vigente. Como aspectos positivos cabe mencionar que muchas de las problemáticas ambientales actuales están contempladas en alguna medida en el cuerpo legal provincial. Asimismo, la sanción de normas de nueva generación como la ley de Política Ambiental Provincial N° 10.208/14, y sus Decretos N° 247, 248, 288, han introducido nuevos instrumentos de política y gestión que aportan a la institucionalización de la problemática ambiental en la Provincia. Entre ellos se pueden mencionar: la evaluación ambiental estratégica, el ordenamiento ambiental del territorio, la evaluación de impacto en salud, la participación ciudadana, el acceso a la información, el seguro ambiental.

Por otro lado, se detectaron algunos problemas relativos al cuerpo legal provincial.

Dado el elevado número de normas analizadas y desde el punto de vista práctico, estas dificultades fueron identificadas y agrupadas en la siguiente descripción, mencionando en cada caso los ejemplos sobresalientes:

a. Vacíos Legales

Entre los principales aspectos que no han sido regulados aún por la normativa, se señalan los siguientes:

- *Manejo de especies introducidas e invasoras.* Numerosas especies de flora y fauna en franca expansión, generan problemas ecológicos en distintas regiones del territorio. Si bien se han tomado medidas administrativas aisladas y temporales con alguna de ellas (por ejemplo, eliminar la veda para la caza del jabalí (*Sus scrofa*) en toda la provincia), no existe una normativa específica que contemple la complejidad de este fenómeno y que sirva de referencia para elaborar programas de manejo integrales y eficaces.
- *Caza de subsistencia.* Pequeños productores y campesinos realizan esta actividad en diferentes momentos del año como parte de sus prácticas tradi-

Tabla 1: Normas provinciales y nacionales analizadas en las distintas categorías.

Categoría	Normas Nacionales	Normas Provinciales
Ambiente generales	31	22
Flora	6	35
Fauna	9	21
Áreas Protegidas	5	29
Agricultura y Ganadería	6	41
Suelo	4	13
Usos del suelo	2	3
Minería	1	9
Agua y cuencas	5	26
Contaminación y residuos	12	8
Problemas sanitarios	20	4
Turismo	2	16
Entes y convenios interjurisdiccionales	---	13
Radios Municipales y Comunes	---	165
Patrimonio Cultural	22	5
Energía	---	3
TOTAL	125	413

cionales, colaborando además con sus economías familiares. Sin embargo esta práctica no está regulada en la normativa, por lo que se producen eventuales problemas por esta causa, representando una realidad social que demanda una consideración legal particular (Tamburini, 2016).

- *Cultivo orgánico de frutas y verduras y su comercialización.* Si bien el Decreto Nacional 206/2001 crea el Programa Nacional de Producción Orgánica, no se ha hecho efectivo ni se ha regulado la actividad a nivel provincial.
- *Barrios cerrados y urbanizaciones en áreas rurales.* No existe regulación específica sobre estos aspectos. Solo se avanzó, a partir de la sanción de la ley de política ambiental 10.208/14, en la obligación de la realización de estudio de impacto ambiental y audiencia pública para los loteos de más de 3 ha (independientemente de la categoría y de su ubicación en el territorio).

b. Insuficiente reglamentación de la normativa existente

Algunas normas que requieren reglamentación para su aplicación, son:

- *Ley Provincial del Ambiente 7.343/85.* Sólo están reglamentados el Capítulo IX sobre Evaluación de Impacto Ambiental (a través del Decreto 2.131/00, y Cap. IV de la ley de Política Ambiental 10.208/14), y el artículo 36 del Capítulo VI sobre Fauna (mediante el Decreto 1.751/11). Si bien los demás capítulos no están reglamentados y existe normativa específica para la mayoría de las temáticas que aborda (suelo, agua, fauna y flora), debería revisarse la coherencia entre estas normas y los preceptos que enuncia la ley General del Ambiente (25.675/02).
- *Ley de parques industriales 7.255/85.* Presenta falencias conceptuales e insu-

ficiente abordaje de la temática de los residuos industriales.

c. Escaso sustento técnico-científico e incoherencias entre normas relacionadas

Esto se manifiesta especialmente en los siguientes casos:

- Algunas normas declaran plagas a ciertas especies de la fauna silvestre, por ser consideradas una limitante para la producción agrícola. Sin embargo, tal declaración tiene implicancias ecológicas delicadas, sobre todo porque estos daños son frecuentemente difíciles de cuantificar. Ello puede redundar en la toma de medidas drásticas que afecten las poblaciones de manera irreversible. Como ejemplo cabe citar a la declaración de plaga de la vizcacha. Los primeros antecedentes de esta declaración se encuentran en el Código Rural de la provincia (1885) y en la Ley de Sanidad Vegetal N° 4.967/68 y su decreto reglamentario (N° 6.373/73) (Tamburini, 2016). Este hecho, potenciado por otras causas de origen antrópico, derivó luego de 130 años de vigencia de aquella primera ley, en una alarmante merma de las poblaciones de vizcacha en la provincia, lo cual obligó a la Autoridad de Aplicación a no habilitar la cacería de esta especie en 2015. Otras especies se encuentran en similar situación, por lo cual es necesario realizar una revisión de la vigencia de las respectivas normativas. El actual desarrollo del conocimiento científico-técnico sobre el manejo de especies silvestres, pone a disposición otras herramientas para el control de sus poblaciones, haciendo innecesario el establecimiento de normas de carácter permanente que las declaren como plaga. Además, es fundamental considerar que el crecimiento desmedido de las poblaciones de algunas especies consideradas plaga, responden a cambios en el territorio ocasionadas

por las propias actividades humanas, tales como la modificación, destrucción y fragmentación de hábitats de estas especies y sus controladores. Por lo tanto, más que tratar de manera aislada a tales especies, sería prioritario regular los factores de origen humano que inducen los desbalances poblacionales.

- Otro aspecto interesante de resaltar es que la aplicación de algunas normas requiere de información accesoria sobre variables ambientales que presentan su propia dinámica y distribución espacial y que además pueden ser modificadas por las actividades humanas. Por ejemplo para determinar los cupos de caza antes de la temporada, es necesario conocer el status poblacional de las especies y su distribución (la que además puede variar de acuerdo al estado de las comunidades vegetales que constituyen el hábitat de estas especies).
- Por otro lado se detecta que varias normas que regulan el mismo recurso, presentan terminologías y clasificaciones diferentes que podrían dificultar su implementación. Por ejemplo, en relación a los bosques nativos, Córdoba cuenta con diversas normas elaboradas en distintos momentos históricos bajo distintos criterios y parámetros, muchas de las cuales se encuentra aún vigentes: algunas establecen categorías de bosques de acuerdo a la función que cumplen ("permanentes", "protectores", "experimentales", "especiales" y "de producción"), mientras que la Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos 9.814/10, considera categorías de conservación ("roja", "amarilla" y "verde"), que no coinciden con las anteriores ni en su distribución ni en sus objetivos.
- En relación con esta última norma, presenta serias incoherencias técnicas y errores conceptuales, en particular por no respetar los preceptos de la Ley Nacional de Ordenamiento Territorial de Bosques nativos, como permitir el aprovechamiento de bosques en zonas clasificadas como rojas.
- Si bien el Decreto-Ley 2.111/56 fue concebido como una *norma forestal* en la que se vislumbraba la relación ineludible entre la conservación de los bosques y del suelo, los artículos relacionados con el aspecto forestal fueron derogados en su mayoría por la Ley de Bosques 8.066/90, permaneciendo vigentes aquéllos vinculados con la conservación de los suelos erosionados (en los que se promueve su recuperación en colaboración con los propietarios de las tierras y la autoridad de bosques y de suelos). Posteriormente, la Ley N° 8.936/01 declara de orden público la conservación y control de la capacidad productiva de los suelos, la prevención de los procesos de degradación y la recuperación de los suelos degradados. Lo llamativo es que la recuperación de la vegetación nativa no se considera entre las posibles medidas de recuperación de los suelos.
- La ley Nacional de Fauna 22.421/81, a la que Córdoba adhirió en 1985 a través de la Ley General del Ambiente (7.343), propende a la conservación de la fauna y de sus hábitats. Sin embargo, por otro lado la aplicación de la normativa relacionada con los bosques en general establece parámetros de explotación de los mismos, desconociendo su funcionalidad como hábitats para la fauna silvestre. Si bien se consideró este criterio al momento de elaborar la Ley de Ordenamiento de los Bosques Nativos de Córdoba 9.814/10, algunas incongruencias en el texto aprobado (por ejemplo, la posibilidad de realizar aprovechamiento en zonas rojas), favoreció la destrucción de los bosques que constituyen los últimos hábitats disponibles para algunas especies de la fauna de la provincia. Esto se contrapone además con algunos aspectos establecidos en el Convenio de

Biodiversidad al que Argentina adhirió por ley del Congreso y a los objetivos de conservación enunciados en la Estrategia Nacional de Biodiversidad.

- En general, la normativa vigente sobre *fauna silvestre* es escasa y dispersa, con problemas conceptuales dada su antigüedad. Las primeras regulaciones en la provincia de Córdoba se remontan a disposiciones del Código Rural, como se expresó anteriormente (Ley 1.005 de 1885). Asimismo, el decreto ley 4.046/58 sobre caza comercial y deportiva, debería revisarse a la luz de los cambios conceptuales en lo técnico-científico, ocurridos desde la sanción de la norma.
- La normativa relacionada con las *aguas y manejo de cuencas* tampoco hace referencia a la relación existente entre este recurso y la conservación de la vegetación en las cuencas, ni con el control de especies vegetales exóticas. Las primeras normas sobre agua, se remontan a 1952 con el Decreto 448 que establece las normas técnicas para la presentación de estudios relativos a la fijación de línea de ribera. En 1973 se sanciona el Código de Aguas de la provincia (Ley Nº 5.589), el cual rige en todo el territorio provincial y regula el uso del agua (doméstico, rural, recreativo, minero), la contaminación, las obras hidráulicas y las aguas interprovinciales, entre otros aspectos. Otras leyes se refieren a la creación de Comités de cuencas, la extracción de áridos y la navegación.

d. Procedimientos administrativos inadecuados en la elaboración y sanción de las normas

Algunas normas no se ajustan a los *procedimientos administrativos* requeridos para su elaboración y sanción, lo cual implica inconvenientes para su aplicación y control. En esta categoría se encuentran las leyes de creación de algunas áreas protegidas provinciales tales como: Laguna Las Tunitas, Laguna Las Tunas, Reserva Natural Vaquerías y Santuario

del Cóndor, entre otras. Las mismas no fueron creadas por Decreto del Poder Ejecutivo de acuerdo al procedimiento establecido para tal fin, sino que fueron creadas por ley de la Legislatura. Esto implicaría escasas asignaciones de personal, de presupuesto e infraestructura.

e. Diversas reparticiones del Estado involucrados en la gestión del mismo recurso

Dado que la normativa específica que regula los recursos naturales establece qué organismo del Estado tiene el poder de policía para aplicarla, en ocasiones la gestión de un mismo recurso natural recae en diversas reparticiones, de acuerdo al aspecto o actividad que gestiona. Según sean los objetivos y funciones de las diferentes áreas administrativas, tales regulaciones pueden responder a fines contrapuestos, por lo cual se hace indispensable consensuar objetivos y allanar obstáculos que interfieran en la coordinación entre dichas áreas administrativas. Ejemplos de este problema lo constituyen en la provincia de Córdoba la normativa relacionada con la conservación del suelo, la vegetación nativa y la fauna silvestre por un lado y, por otro, la escasa consideración de lo que establecen estas normas en la legislación vinculada a la regulación de la actividad agropecuaria. La necesidad de conservación de los recursos naturales queda frecuentemente en la declamación de la normativa, pero la coordinación entre las áreas que deben aplicarla es insuficiente y presentan políticas sectoriales y objetivos antagónicos. En este sentido, se plantea como necesaria una mejor implementación de lo establecido en la Ley de Ministerios de la Provincia de Córdoba (9.156/04), en relación con las atribuciones, poder de policía, derechos y actividades vinculadas con la coordinación y ejecución de las acciones tendientes a la protección del ambiente, con miras a lograr el desarrollo sustentable. Esta ley fija entre las competencias de la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático (ex Agencia Córdoba Ambiente Sociedad del Estado): a) la participación de acuerdo a las directivas

que imparta el Poder Ejecutivo en la elaboración, seguimiento y adecuación de la política ambiental provincial en coordinación con políticas sectoriales de la administración pública; b) el establecimiento y operación de mecanismos institucionales que permitan y faciliten la participación de todos los sectores, sean públicos o privados, en las cuestiones relativas a la política y la gestión ambiental.

Asimismo, el Decreto N°458/00 que reglamenta la Ley Provincial del Ambiente N°7.343/85 en lo referido al Consejo Provincial del Ambiente, aportaría un marco legal para el abordaje intersectorial e interdisciplinario de las problemáticas ambientales. Sin embargo, entre las funciones de este ente no se encuentra la coordinación normativa que aplican los organismos del Estado que administran los recursos naturales y las actividades productivas que impactan sobre ellos.

f. Escasa implementación de la normativa nacional de cumplimiento obligatorio en el territorio provincial

De acuerdo a lo establecido en el artículo 41 de la Constitución Argentina, es el Estado Nacional el que establece los parámetros ambientales mínimos que deberán cumplirse en todo el país. Para ello, sanciona y promulga Leyes Ambientales de Presupuesto Mínimo que son de cumplimiento obligatorio en el territorio de las provincias. A su vez, éstas deben sancionar las normas complementarias necesarias para el cumplimiento de las leyes nacionales. Del mismo modo, los convenios ambientales internacionales ratificados por ley del Congreso Nacional y la normativa ambiental emanada del Mercosur, deben ser efectivizadas en todas las jurisdicciones provinciales. En este sentido, se observa que numerosos aspectos incluidos en leyes de presupuesto mínimo, demandan normativa específica a nivel provincial. Entre las más notables pueden mencionarse:

- Adecuar la normativa existente (o generar otra complementaria) para dar cumplimiento en el nivel provincial, a las

obligaciones contraídas por Argentina como signataria de los siguientes convenios internacionales: Biodiversidad (y la Estrategia Nacional de Biodiversidad), Cambio Climático, Lucha contra la Desertificación. El caso más emblemático con respecto a una norma provincial que se contrapone a lo establecido en dichos convenios, es la Ley de Ordenamiento Territorial del Bosque Nativo N° 9.814/10.

- Adecuar la normativa o generar otra complementaria, para el cumplimiento del Acuerdo Marco sobre Medio Ambiente del Mercosur, en lo referente a: promoción de la protección del medio ambiente y del aprovechamiento más eficaz de los recursos disponibles mediante la coordinación de políticas sectoriales, sobre la base de los principios de gradualidad, flexibilidad y equilibrio; incorporación del componente ambiental en las políticas sectoriales e inclusión de las consideraciones ambientales en la toma de decisiones que se adopten en el ámbito del MERCOSUR; promoción del desarrollo sustentable por medio del apoyo recíproco entre los sectores ambientales y económicos; tratamiento prioritario e integral de las causas y las fuentes de los problemas ambientales; promoción de una efectiva participación de la sociedad civil en el tratamiento de las cuestiones ambientales; y fomento a la internalización de los costos ambientales mediante el uso de instrumentos económicos y regulatorios de gestión (considerando las áreas temáticas que se enumeran en el anexo del Acuerdo).

CONCLUSIONES

La legislación ambiental, como producto tangible de la política ambiental llevada a cabo por el Estado, implica un largo proceso de discusiones y toma de decisiones, con origen en una preocupación ambiental. Dada

la profunda interrelación entre desarrollo y conservación de la naturaleza, la consideración de lo ambiental en todas las actividades humanas se hace imprescindible y tiene su correlato en la sanción y aplicación de legislación específica. Sin embargo, esto último no es tarea fácil dado el dinamismo sinérgico de los componentes del sistema ambiental (naturales, económicos, culturales, políticos, administrativos, etc.).

El desarrollo actual del conocimiento científico-técnico sobre las problemáticas ambientales, facilitaría el proceso de elaboración de políticas y normas específicas que sean eficaces a la hora de hacer frente a los daños que implican, tanto en sus aspectos naturales como sociales. Sin embargo, a la luz del análisis realizado en el presente trabajo, se detectan algunos inconvenientes a tener en cuenta:

- Las imprecisiones e incoherencias técnicas observadas en algunas normas ambientales y la sanción de leyes sectoriales que se contraponen a la legislación ambiental existente, que limitan el carácter preventivo del derecho ambiental y lo convierten, muchas veces, en “letra muerta”.
- La profusión y dispersión de normas ambientales pone de manifiesto la necesidad de realizar un ordenamiento y “saneamiento” normativo en lo que respecta a esta temática. Debe considerarse que la eficacia del Estado en el control de las actividades que provocan o podrían provocar daños ambientales, no se correlaciona solamente con una alta disponibilidad de normativa específica. Por el contrario, este hecho podría dificultar la aplicación clara e inequívoca de la misma.
- El análisis realizado permite inferir también cierta deficiencia de los mecanismos o procedimientos legislativos, a la hora de captar o reflejar de manera eficaz, la realidad y dinámica de los sistemas ambientales sobre los que

se pretende legislar. Esto deriva en la atomización del tratamiento normativo de un mismo recurso desde diferentes áreas administrativas, con criterios contrapuestos e inconexos. En este sentido, sería deseable evaluar con mayor profundidad la coherencia científico-técnica entre las normas sectoriales que se estudian para su sanción, en relación con lo establecido en la normativa ambiental vigente.

- En la práctica, la interdependencia entre variables naturales y sociales que ocurre inevitablemente en la realidad, a menudo no encuentra suficiente correlato en el contenido de la normativa. Esta problemática se extiende a todos los bienes y servicios naturales de la provincia y a la totalidad de las actividades humanas que, a diferentes escalas, los utilizan.
- Es necesario avanzar en la sanción de normas relacionadas con actividades humanas no reguladas, la reglamentación de algunas normas ambientales existentes, revisar la adecuación de términos imprecisos y perimidos, y evaluar la vigencia de normas desactualizadas a la luz de los cambios producidos, tanto en lo que se refiere al conocimiento de los problemas ambientales, como de las pautas culturales y productivas operadas en la sociedad.
- Asimismo, es preciso establecer mecanismos que permitan optimizar la coordinación entre los organismos del Estado que aplican la normativa ambiental, acordando y explicitando criterios, procedimientos administrativos y parámetros de referencia para el tratamiento de las problemáticas relacionadas con el desarrollo económico-productivo y la conservación de la naturaleza. Sería aconsejable establecer o mejorar la implementación de una instancia de coordinación entre los organismos del Estado que administran los recursos naturales y aquéllos vinculados a las acti-

vidades productivas, como por ejemplo el Consejo Provincial del Ambiente u otro específico a tal fin.

- Esto permitiría superar en gran medida, la visión compartimentalizada del ambiente en la que cada recurso se valora, regula y administra de manera independiente de los demás elementos de un mismo sistema. En este punto, sería de gran utilidad contar con un digesto ambiental actualizado, que sirva de apoyo tanto a la gestión de los recursos naturales, como a la elaboración de nueva normativa específica y sectorial.
- Considerando la gran profusión de normas ambientales que incluyen conceptos de sustentabilidad, equidad y participación ciudadana, en consonancia con los numerosos compromisos en materia ambiental que Argentina tomó ante la comunidad internacional –lo cual compromete a cumplir tales obligaciones a todas las provincias– es difícil de comprender el estado de deterioro ambiental que Córdoba presenta. La abundancia de pruebas científicas al respecto, pone de manifiesto que los sistemas políticos, administrativos y legislativos deben re-direccionar sus criterios y decisiones en pos de detener y revertir tales procesos de degradación del sistema natural, antes de que estos terminen afectando a los propios procesos productivos, económicos y culturales que sustenta.

En última instancia, todo lo expuesto demanda un abordaje diferente por parte de la legislación de la temática ambiental, basado en la consideración del espacio natural como fundamental y necesario para el bienestar humano, y no como un factor antagónico al desarrollo.

Por ello, la constitución de un cuerpo normativo sólido y eficiente en materia ambiental debe partir de propuestas democráticas que permitan alcanzar un desarrollo económico justo y sustentable. Es imprescindible que la

normativa sea pensada y consensuada entre los distintos actores para que sea capaz de responder a las necesidades de la región. En este sentido, es el Estado y las reparticiones con competencia en estos temas, quienes deben trabajar de manera integrada con el fin de generar acuerdos y dirigir los esfuerzos en una misma dirección, teniendo como meta el respeto de todos los derechos constitucionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba. www.boletinoficialcba.gov.ar
- Brañes, R. (2000). *Manual de derecho ambiental mexicano*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Del Campo, M. C. (2005). Compendio módulo de Derecho Ambiental. Maestría Gadu. Ed. Imprenta Facultad de Arquitectura y Diseño, UNC. Córdoba.
- Dirección de Informática Jurídica de la Fiscalía de Estado de la Provincia de Córdoba (<http://web2.cba.gov.ar/web/leyes.nsf/>)
- Drnas de Clement, Z., Kufner, M.B., Pierantone-lli, O. y M. Julia. (1999). *Regionalización de la provincia de Córdoba: consideraciones jurídico-ambientales. Aspectos metodológicos de una investigación interdisciplinar*. Marcos Lerner Editora, Córdoba, pp. 58.
- Drnas de Clément, Z. (2000). Ordenamiento legal en materia ambiental en la Provincia de Córdoba (Provincial y Municipal). Serie Regionalización-Medioambiente-Mercosur. M Lerner Editora, Córdoba. N° 3, pp. 218.
- Drnas de Clément, Z. (2001). Codificación y comentario de normas internacionales ambientales vigentes en la República Argentina y en el MERCOSUR. La Ley. Buenos Aires, pp. 1142.
- InfoLEG. Información legislativa y documental. Centro de documentación e información del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas de la Nación (<http://www.infoleg.gov.ar/>)
- Juliá, M., Del Campo M.C. y Foa Torres J. G. (2009). *La institucionalización ambiental en Argentina*. Córdoba, Argentina: Lerner Editora.

- Juliá M. y J.G. Foa Torres. (2009)a. La institucionalización ambiental en Argentina. Ed. Lerner, Córdoba, pp. 174.
- Juliá M. y J.G. Foa Torres. (2009)b. La operacionalización de conceptos para el análisis empírico de la formulación de políticas públicas ambientales. Centro de Investigaciones Jurídicas y Sociales (CIJS), Facultad de Derecho y Ciencias Sociales- Instituto Superior de Estudios Ambientales (ISEA) UNC, pp. 11.
- Juliá M. y J.G. Foa Torres. (2013). Formulación de políticas públicas ambientales. Los casos de aguas, bosque nativo y residuos peligrosos, Editorial Lerner, Córdoba, pp. 184.
- Kufner, M. B.; Briguera C. V.; Pierantonelli O. y G. Schelotto. (2000). La nueva delimitación espacial del territorio cordobés. Fundamentos de planificación regional ecológica, productiva, socioeconómica y legal para el análisis y la identificación de regiones en la Provincia de Córdoba, Argentina. Marcos Lerner Editora, Córdoba, pp. 95.
- Legislatura de la Provincia de Córdoba. <http://www.legiscba.gov.ar/>
- Sabsay, D. A. y Tarak, P. (1997). La participación vecinal y la gestión del Medio Ambiente. FARN Manual N°3.
- Sistema Argentino de Información Jurídica. Ministerio de Justicia y Derechos Humanos de la Nación (<http://www.infojus.gob.ar/>)
- Tamburini D. y M. Kufner. (2008). Caracterización ambiental y ordenamiento de la vertiente oriental de la Sierra Chica (Córdoba, Argentina) para planificación sustentable. Revista de Geografía (Instituto de Geografía Aplicada de la UNSJ). Vol N° 12. ISSN N° 1514-1942.
- Tamburini D. (2016). La fauna silvestre en las estrategias de reproducción social de los campesinos del Oeste de la provincia de Córdoba (Argentina). Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC, pp. 307.
- Uvalle B. R. (2002). II Congreso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Pública, Lisboa, Portugal, pp. 8-11.

ÍNDICE ANEXO I. NORMAS PROVINCIALES

Ambientales Generales

N°	Tipo	Nombre de la Norma
-	-----	Constitución de la Provincia de Córdoba.
4.915	Ley provincial	Acción de amparo
7.343	Ley provincial	Principios Rectores para la Preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente.
7.255	Ley provincial	Ley de Parques Industriales
7.682	Ley provincial	Legislación relacionada con medio ambiente y recursos renovables.
8.197	Ley provincial	Crea la Comisión de legislación sobre el medio ambiente.
8.300	Ley provincial	Modifica Título V de la ley 7343 de Ambiente.
8.467	Ley provincial	Área de Interés Provincial y Promoción Turística, Terapéutica, Mineralógica y Geotérmica.
8.610	Ley provincial	Comisión ecológica calamuchitana.
8.751	Ley provincial	Manejo del Fuego.
458	Decreto reglamentario	Creación, integración y funciones del Consejo Provincial del Ambiente.
2.131	Decreto reglamentario	Regl. Capítulo IX "del Impacto Ambiental" Ley N° 7.343.
8.940	Ley provincial	Protección de la calidad del cielo y condiciones ambientales de las inmediaciones del Observatorio Astronómico.
9.605	Ley provincial	Eliminación del mercurio en área de salud.
9.624	Ley provincial	Prohibición de quema y depósito de neumáticos en lugares no autorizados.
9.794	Ley provincial	Inmueble sujeto a expropiación creación Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos en Calamuchita.
10.115	Ley provincial	Crea la Dirección de Policía Ambiental.
10.208	Ley provincial	Ley de Política Ambiental Ambiental Provincia de Córdoba.

Flora

N°	Tipo	Nombre de la Norma
8.717	Decreto	Área de palmera (<i>Trithrinax campestris</i>), norte y oeste de la provincia.
2.551	Resolución	Bosque permanente faldeo occidental Sierras Chicas y en márgenes de las rutas provinciales.
2.570	Resolución	Bosque permanente faldeo occidental de las Sierras Chicas, y Bosque protector en faldeo occidental de las Sierras Grandes.
2.722	Resolución	Faldeo occidental de las Sierras Grandes, desde Salsacate hasta Mina Clavero; Pampa de Pocho.
2.728	Resolución	Masas arbóreas existentes en los Departamentos Río Cuarto, Presidente Roque Sáenz Peña y General Roca.
4.327	Ley provincial	Convenio de La Provincia de Córdoba con la Nación sobre la aplicación de la Ley Nacional N° 13.273/49 (Defensa de la Riqueza Forestal).
3.674	Resolución	Adyacencias del Cerro Colorado (Resolución de 1954 y Resolución 0261 de 1974).
2.111-C-56	Ley provincial	Decreto-ley forestal de la provincia de Córdoba.
150	Resolución	Declaración de Bosque Permanentes a las masas boscosas naturales en márgenes de rutas y caminos.

279	Resolución	Monte de las Barrancas, luego transformado en área natural protegida (Resolución 0279 del año 1958).
1.408	Resolución	Bosque Permanente del faldeo occidental de las Sierras Chicas de Córdoba.
2.235	Resolución	Ampliación del área "3" hacia el oeste, hasta el camino de la costa que une las localidades de Los Pozos, Las Rosas, Luyaba y Piedra Blanca (Resolución 2.235 de 1962).
2.719	Resolución	Faldeo occidental de la Sierra de Guasapampa (Resolución de 1963).
2.726	Decreto	Pampa de Olaén (Decreto de 1965, que aprueba la Resolución 4.544 de ese mismo año).
4.288	Resolución	Margen izquierda del río Soto, entre Villa de Soto y La Toma (Resolución de 1965).
4.543	Resolución	Cuchi Corral en el Departamento Punilla (Resolución 4.543 de 1965?).
4.288	Resolución	Formaciones boscosas que recubren los faldeos septentrionales de los cordones de las Sierras Chicas, Sierras Grandes, Sierras de Pocho y Sierras de Serrezuela (Resolución 4.288 de 1965).
14	Decreto	Potrero del Estado (Decreto 0014 de 1966 que aprueba la resolución 5.388 del mismo año).
5.100	Resolución	Los Pocitos-Chancaní, posteriormente y en parte transformado en área natural protegida (Resolución 5.100 de 1966).
7.630	Resolución	Área comprendida entre Puesto del Francés y el río Quilpo (Resolución 7.630 de 1968).
2.251	Decreto	Área comprendida entre Villa de Soto, La Puerta, Candelaria y Cruz de Caña (Decreto 2.251 de 1968 que aprueba la Resolución 7.575 del mismo año).
4.967	Ley provincial	Sanidad vegetal.
261	Resolución	Adyacencias del Cerro Colorado (Resolución de 1954 y Resolución 0261 de 1974).
7.908	Ley provincial	Programa de lucha contra las malezas de la Provincia de Córdoba (PROMALCO).
8.066	Ley provincial	Bosques y tierras forestales.
8.855	Ley provincial	Adhesión de la provincia de Córdoba a la Ley Nacional N° 25.080, "Ley de Inversiones para Bosques Cultivados".
8.958	Ley provincial	Producción de plantas aromáticas y medicinales.
641	Decreto	Programa Provincial de Promoción Forestal.
9.219	Ley provincial	Prohíben por 10 años el desmonte total de bosques nativos.
407	Resolución	-
327	Resolución	-
1.673	Decreto	Programa Provincial de Forestación.
9.814	Ley provincial	Ley de ordenamiento territorial de bosques nativos de la provincia de Córdoba.
170	Decreto reglamentario	-
1.131	Decreto	Modifica Decreto Reglamentario 170/11.

Fauna

Nº	Tipo	Nombre de la Norma
4.412	Ley provincial	Régimen de la actividad de pesca.
4.046	Decreto- Ley	Caza comercial o deportiva.
2.432	Decreto Reglamentario	Cría en cautividad de la fauna silvestre.
8.066	Ley provincial	Regulación de la caza comercial de la liebre europea.
8.079	Ley provincial	Régimen explotación y producción apícola.
8.395	Ley provincial	Modificación del art. 13 de la Ley 8.060 (sobre regulación de la caza comercial de la liebre europea).
220	Decreto	Reglamentación de la Ley Nº 8.060 de Caza Comercial de Liebre Europea.
8.579	Ley provincial	Modificación artículo 7º Ley Nº 4.412 Pesca.
8.625	Ley provincial	Prohibición de la práctica de tiro al pichón en el territorio de la provincia.
748	Resolución	Prorroga de Veda de pesca nocturna.
749	Resolución	Prorroga Veda de pesca nocturna.
1.169	Resolución	Pesca Deportiva de Salmónidos y Percíctidos. Apertura de la Temporada para el período 2009/2014.
1.082	Resolución	Veda pesca.
391	Resolución	Caza deportiva.
9.787	Ley provincial	Adhesión de la Provincia al Decreto-Ley nº 17.160/43 para la regulación de la actividad Colombófila
1.401	Resolución	Ampliación áreas de pesca.
339	Resolución	Caza deportiva.
529	Resolución	Caza del jabalí europeo.
1.751	Decreto Reglamentario	Regulariza el comercio y la tenencia de ejemplares de la fauna silvestre.
1.115	Resolución	Regulación Turismo cinegético (caza deportiva de la paloma).
7.343	Ley provincial	Artículo 36 de la Ley provincial del Ambiente: adhesión ley Nacional de Fauna 22.421/81

Áreas Protegidas

Nº	Tipo	Nombre de la Norma
6.964	Ley provincial	Áreas Naturales de la Provincia de Córdoba.
3.610	Decreto	Reserva Natural de Fauna Laguna La Felipa.
6.573	Decreto	Parque Natural Provincial y Reserva Forestal Natural Chancaní.
5.620	Decreto	Reserva Hídrica Natural Parque La Quebrada.
1.222	Decreto	Refugio de Vida Silvestre de la Provincia Monte de las Barrancas.
4.276	Decreto	Adhesión provincial Red Nacional de Cooperación Técnica de Áreas Naturales Protegidas.
3.261	Decreto reglamentario	Reglamento Reserva Hídrica Natural Parque La Quebrada.
7.890	Ley provincial	Reserva Natural Las Tunas.
7.891	Ley provincial	Reserva Natural Las Tunitas.
7.999	Ley provincial	Parque Municipal Francisco Tau.
306	Resolución	Reserva Natural Forestal Cerro Uritorco.
8.081	Ley provincial	Reserva Natural Vaquerías.
2.821	Decreto	Reserva Cultural Natural Cerro Colorado.

8.422	Ley provincial	Refugio de Vida Silvestre Santuario del Cóndor.
3.215	Decreto	Reserva Provincial de Uso Múltiple Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita.
8.476	Ley provincial	Reserva Provincial de Uso Múltiple la Cumbrecita.
8.486	Ley provincial	Cesión de tierras de la Provincia de Córdoba a la Nación para la creación del Parque Nacional Quebrada del Condorito.
8.467	Ley provincial	Área de Interés Provincial y Promoción Turística, Terapéutica, Mineralógica y Geotérmica en zona de aguas termales, y lo declara Zona de Protección Sanitaria y Área Natural Protegida El Quicho.
361	Decreto	Reserva Hídrica Provincial de Achala.
8.770	Ley provincial	Reserva Recreativa Natural Valle del Cóndor.
8.844	Ley provincial	Reserva Hídrica Natural Calamuchitana.
8.845	Ley provincial	Reserva Recreativa Natural Calamuchitana.
8.941	Ley provincial	Reserva Hídrica Los Gigantes.
8.945	Ley provincial	Reserva Recreativa Natural laguna La Chanchera.
891	Decreto	Corredores Biogeográficos El Caldén y Chaco Árido.
464	Decreto	Reserva Provincial de Uso Múltiple Salinas Grandes.
1.418	Decreto	Reserva Forestal Natural Estancia Ralicó.
9.171	Ley provincial	Declaración de utilidad pública terrenos en El Quicho.
174	Decreto	Área Natural Protegida Paso Viejo.

Agricultura y Ganadería

N°	Tipo	Nombre de la Norma
1.005	Ley provincial	Código Rural de la Provincia de Córdoba.
4.967	Ley provincial	Sanidad vegetal.
5.487	Ley provincial	Colonización y Reordenamiento Agrario.
6.373	Decreto reglamentario	Reglamenta la Ley 4.967 de Sanidad Vegetal.
7.121	Ley provincial	Comisión de Emergencia Agropecuaria.
7.398	Ley provincial	Fondo de Colonización y Reordenamiento Agrario.
7.487	Ley provincial	Control de sanidad vegetal.
8.291	Ley provincial	Comité de Protección y Regulación de las Actividades agro-silvopastoriles en el Chaco Árido y Semiárido de la Provincia.
4.203	Decreto	Región de erosión de suelos.
4.204	Decreto	Región de erosión de suelos.
4.205	Decreto	Región de erosión de suelos.
8.417	Ley provincial	Control de enfermedades pecuarias.
8.463	Ley provincial	Zonas de protección fitosanitaria para las semillas.
197	Resolución	Sanidad Vegetal Herbicidas.
954	Resolución	Sanidad Vegetal Herbicidas.
8.783	Ley provincial	Crea el Premio Gobierno de la Provincia de Córdoba al Productor Agropecuario Conservacionista.
2.068	Decreto	Programa de Producción Agropecuaria Sustentable de Córdoba.
283	Resolución	Sanidad Vegetal Herbicidas.
297	Resolución	Sanidad Vegetal Herbicidas.
8.820	Ley provincial	Prohíbe la utilización de herbicidas con fines fitosanitarios.

9.164	Ley provincial	Agroquímicos.
132	Decreto reglamentario	Productos químicos o biológicos de uso agropecuario.
79	Disposición	Bases para la implementación de un sistema de apoyo a los pequeños productores rurales para un correcto uso sustentable del bosque nativo.
263	Resolución	Registros de elaboradores, distribuidores, aplicadores, operarios, asesores y plantas de destino de productos químicos de uso agropecuario.
9.306	Ley provincial	Regulación de Sistemas Intensivos y Concentrados de Producción Animal (SICPA).
9.395	Ley provincial	Adhesión a Ley Nacional para el Régimen de Recuperación, Fomento y Desarrollo de la Actividad Caprina N° 26.141.
632	Resolución	Consortio de Recuperación y Conservación de Suelo.
1	Resolución	Catálogo de Prácticas Conservacionistas.
334	Resolución	Productos químicos y biológicos.
9.748	Ley provincial	Aprueba el acuerdo de ejecución del programa de desarrollo de áreas rurales (PRODEAR) entre la provincia y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación para mejoramiento de sector agrícola ganadero provincial.
304	Resolución	Prohibición plaguicidas.
9.855	Ley provincial	Plantas Almacenadoras, Clasificadoras, Acondicionadoras y de Conservación de Granos (PACACG).
84	Resolución	Aprobación de formularios para Daños en la producción agrícola.
218	Resolución	Productos fitosanitarios.

Suelos

N°	Tipo	Nombre de la Norma
2.111	Decreto – Ley	Ley Forestal de Córdoba.
6.628	Ley provincial	Adhiere a la Ley N° 22.428 de Fomento de conservación de suelos.
8.863	Ley provincial	Creación y Funcionamiento de Consorcios de conservación de los Suelos.
8.936	Ley provincial	Conservación y prevención de la degradación de los suelos.
521	Resolución	Conservación de suelos.
115	Decreto Reglamentario	Reglamentación parcial de la ley N° 8.936 Conservación y protección de los suelos (artículos 2, 3, 4, 5 y 12).
151	Decreto Reglamentario	Reglamenta los artículos 2 y 25 de la Ley 8.863 Consorcios de Conservación de los suelos.
9.841	Ley provincial	Regulación de los usos del suelo en la Región Metropolitana de Córdoba -Sector Primera Etapa.
2	Resolución	Distrito de Recuperación de Suelos “Córdoba Eólica”
522	Resolución	Consortio de Conservación de Suelos y Agua “Jesús María”
523	Resolución	Consortio de Conservación de Suelos y Agua “Camino Real”
665	Resolución	Consortio de Conservación de Suelos “Berrotarán-Las Calderas-La Cruz”.
726	Resolución	Consortio de Conservación de Suelos “La Colacha Norte”.

Fraccionamientos de la tierra- Usos del suelo

N°	Tipo	Nombre de la Norma
5.485	Ley provincial	Subdivisión de inmuebles rurales. Reglamentación del artículo del N° 2.326 del Código civil.
9.841	Ley provincial	Regulación de los usos del Suelo en la región metropolitana de Córdoba. Primera Etapa.
1	Resolución	Resolución Normativa 1 de la Dirección de catastro.
10.004	Ley provincial	Uso del suelo en la Región Metropolitana de Córdoba. Sector segunda etapa.
194	Resolución	Actualiza conceptos y medidas para las subdivisiones de tierras rurales.
217	Resolución	Rectificatoria de Resolución 194.

Minería

N°	Tipo	Nombre de la Norma
8.027	Ley provincial	Sistema Informático Geológico Minero (SIGEMI).
3.181	Decreto reglamentario	Reglamenta la Ley N° 8.027 de creación del sistema informático geológico minero y del registro único de actividades mineras.
8.596	Ley provincial	Ley Orgánica de la Autoridad Minera de la Provincia de Córdoba
8.965	Ley provincial	Inversiones mineras.
1.043	Decreto	Autoridad Minera.
45	Resolución	Guía de Transito sustancias mineras.
56	Resolución	Definición circuito turístico de interés natural, arqueológico y minero.
9.526	Ley provincial	Prohibición actividad minera a cielo abierto.
13	Resolución	Informe de Impacto Ambiental.

Aguas y Cuencas

N°	Tipo	Nombre de la Norma
448	Decreto	Línea de Ribera.
456	Decreto	Reglamentación de servicios sanitarios por particulares.
5.057	Ley provincial	Catastro Territorial de la Provincia.
5.589	Ley provincial	Código De Aguas Para La Provincia de Córdoba.
6.604	Ley provincial	Consorcio de usuarios de riego.
7.773	Ley provincial	Creación del Comité de la Cuenca del Lago San Roque.
3.394	Resolución	Régimen de sanciones para la actividad de extracción de áridos.
7.967	Ley provincial	Conservación y mejoramiento ecológico del río Suquía.
8.031	Ley provincial	Crea el Comité de Cuenca del Río Ctalamochita.
8.075	Ley provincial	Crea el Comité de la Cuenca del Río Quinto.
8.148	Ley provincial	Crea el comité de cuenca del Valle del Sol Norte y sus afluentes.
8.185	Ley provincial	Comité de Cuenca del Río Segundo o Xanaes.
8.225	Ley provincial	Comité de Cuenca del Embalse de Río III, segunda Usina, Cerro Pelado, Arroyo Corto y afluentes.
8.264	Ley provincial	Cantidad de embarcaciones en cuerpos de agua.
8.301	Ley provincial	Modificación de la Ley 7773 que crea el Comité de la Cuenca del Lago San Roque.

25	Resolución	Áridos.
8.548	Ley provincial	Modificación de la Ley 7773 que crea el Comité de la Cuenca del Lago San Roque.
415	Decreto Reglamentario	Normas para la protección de los Recursos hídricos superficiales y subterráneos de la Provincia.
8.853	Ley provincial	Modifica art. Código de Aguas de la Provincia de Córdoba.
8.928	Ley provincial	Modifica art. Código de Aguas de la Provincia de Córdoba.
566	Resolución	Extracción de áridos.
727	Resolución	Áridos.
444	Resolución	Normas para Presentación de Planos de Línea de Ribera.
112	Resolución	Consortio conservación de suelos.
43	Decreto	Caducidad de permisos de extracción de áridos
2	Resolución	Prohibición de extracción de áridos en un tramo del río Chocancharava.

Contaminación y Residuos

N°	Tipo	Nombre de la Norma
8.167	Ley provincial	Estado del aire. Contaminación.
372	Resolución	Términos de referencia.
8.973	Ley provincial	Residuos Peligrosos.
9.088	Ley provincial	Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos Asimilables a los (RSU).
2,149	Decreto reglamentario	Reglamenta Ley provincial 8.973 sobre residuos peligrosos.
1.432	Resolución	Manifiestos para el transporte de residuos peligrosos.
1.378	Resolución (Secr Amb)	Transporte de Residuos Peligrosos.
102	Resolución (Secr Amb)	Incorpora categoría "Sometida a Control Y48" a la clasificación Ley Nacional de Residuos Peligrosos N° 24.051

Problemas Sanitarios

N°	Tipo	Nombre de la Norma
9.601	Ley provincial	Emergencia Habitacional - Sanitaria en la Provincia de Córdoba.
9.666	Ley provincial	Plan Director de Lucha contra el Dengue.
9.854	Ley provincial	Programa Vida Digna.
9.951	Ley provincial	Adhesión Ley Nacional "Prevención y control de todas las formas de transmisión de la enfermedad de Chagas".

Turismo

N°	Tipo	Nombre de la Norma
6.483	Ley provincial	Actividades declaradas de interés turístico especial.
7.232	Ley provincial	Régimen de Promoción y Desarrollo Turístico.
4.557	Decreto Reglamentario	Reglamenta la Ley 7232 (de Fomento Turístico).
552	Decreto	Áreas Turísticas de Permanencia y de Visita.
554	Decreto	Área Turística de Visita Cruz Alta y Villa de María del Río Seco
6.658	Decreto	Reglamenta la Ley N° 6483 en lo referente a las actividades declaradas de interés turístico especial.
276	Decreto Reglamentario	Reglamenta Art. 3 Inc. J de la Ley 7232 sobre Planes de Promoción turística.
2.748	Decreto	Modificatorio Decreto 552/8
979	Decreto	Modificatorio Decreto 552/86. Incorpora localidad de Sinsacate.
8.801	Ley provincial	Ley de turismo Alternativo.
1.359	Decreto	Decreto Reglamentario de la Ley N° 6483. Establecimientos que desarrollan actividades de interés turístico especial.
818	Decreto Reglamentario	Reglamenta la Ley N° 8801 Creación del registro provincial de Prestadores de Servicios del turismo Alternativo.
9.059	Ley provincial	Declaración interés turístico provincial a inmuebles de dominio público.
9.124	Ley provincial	Ley de turismo de la provincia de Córdoba.
121	Decreto	Modificatorio Decreto 552/86 y 554/86 Río Tercero como Área Turística de Permanencia.
9.856	Ley provincial	Registro provincial de personas que accedan a zonas geográficas de riesgo.

Entes y Convenios Interjurisdiccionales

N°	Tipo	Nombre de la Norma
6.589	Ley provincial	Acuerdo entre localidades y provincia de Córdoba y Santa Fe.
6.604	Ley provincial	Consortio usuarios de riego.
7.773	Ley provincial	Creación del Comité de la Cuenca del Lago San Roque.
7.862	Ley provincial	Comité de la Cuenca del Lago Medina Allende.
7.863	Ley provincial	Comité de la Cuenca del Dique Cruz del Eje.
7.864	Ley provincial	Comité de la Cuenca del Dique y del Río Pichanas.
8.172	Ley provincial	Ratifica el Acuerdo Federal para el Desarrollo Rural (integración en las áreas del Chaco Árido).
8.610	Ley provincial	Comisión Ecológica Permanente Calamuchitana.
8.798	Ley provincial	Comisión Ecológica Permanente De Traslasierra.
8.849	Ley provincial	Comisión para La Ecología y El Ambiente Del Sudeste Cordobés.
8.888	Ley provincial	Comisión Ecológica Permanente de Punilla y Cruz del Eje.
1.714	Decreto	Convenio de asistencia financiera al sector agropecuario
9.816	Ley provincial	Aprueba el acta acuerdo para la creación del Comité Interjurisdiccional de la Cuenca del Río Salí-Dulce.

Radios Municipales y Comunales

N°	Tipo	Nombre de la Norma
4.146	Ley provincial	Fraccionamiento de la tierra (loteos).
9.206	Ley provincial	Ley orgánica de regionalización de la provincia de Córdoba.
9.354	Ley provincial	Modifica Ley 9.206.
9.506	Ley provincial	Radio municipal Villa Valeria.
9.507	Ley provincial	Radio municipal Dalmacio Vélez.
9.508	Ley provincial	Radio Municipal Achiras.
9.509	Ley provincial	Modifican el radio municipal de la ciudad de Villa María.
9.548	Ley provincial	Radio Municipal Morteros.
9.542	Ley provincial	Radio Municipal de Santiago Temple.
9.543	Ley provincial	Radio Municipal de Arias.
9.544	Ley provincial	Radio Municipal de Guatimozín.
9.552	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Morrison.
9.554	Ley provincial	Modifican el Radio Municipal de Oncativo.
9.555	Ley provincial	Radio Municipal de la localidad de La Laguna.
9.569	Ley provincial	Modifican el Radio Municipal de Huinca Renancó.
9.582	Ley provincial	Modifican el Radio Municipal de Arroyo Cabral.
9.598	Ley provincial	Radio Municipal de Luque.
9.597	Ley provincial	Radio Municipal de La Puerta.
9.604	Ley provincial	Radio Municipal de Matorrales.
9.603	Ley provincial	Radio Comunal de Villa Los Aromos.
9.606	Ley provincial	Modifican el Radio Municipal de Calchín Oeste.
9.607	Ley provincial	Radio Comunal de Villa La Bolsa.
9.612	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Villa Santa Rosa.
9.613	Ley provincial	Radio Municipal de Las Junturas.
9.614	Ley provincial	Radio Municipal de Calchín.
9.615	Ley provincial	Radio Municipal de la localidad de Santa Catalina.
9.619	Ley provincial	Radio Municipal de la localidad de James Craik.
9.621	Ley provincial	Radio Comunal de la localidad de Potrero de Garay.
9.616	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de la localidad de Coronel Moldes.
9.630	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Colonia Italiana.
9.633	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de San Antonio de Litín.
9.628	Ley provincial	Radio Comunal de la localidad de Villa Ciudad Parque Los Reartes.
9.625	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Monte Buey.
9.626	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Villa General Belgrano.
9.627	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Pampayasta Sud.
9.629	Ley provincial	Radio Municipal de San Basilio.
9.631	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Villa Amancay.
9.635	Ley provincial	Radio Municipal de la ciudad de General Cabrera.
9.639	Ley provincial	Modifican Radio Comunal de la localidad de Villa Ciudad de América.
9.634	Ley provincial	Radio Municipal de la ciudad de Vicuña Mackenna.
9.637	Ley provincial	Radio Municipal de La Playosa.
9.647	Ley provincial	Radio Municipal de Tancacha.
9.642	Ley provincial	Radio Comunal de Los Molinos.
9.644	Ley provincial	Radio Comunal de Villa del Prado.
9.646	Ley provincial	Radio Municipal de La Cumbre.
9.643	Ley provincial	Radio Municipal de Alto Alegre.
9.645	Ley provincial	Radio Municipal de Piquillín.
9.650	Ley provincial	Radio Municipal de Oliva.
9.657	Ley provincial	Radio Municipal de Hernando.
9.655	Ley provincial	Radio Municipal de Alicia.
9.654	Ley provincial	Radio Comunal de Amboy.

9.651	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Villa Soto.
9.664	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Rosales.
9.660	Ley provincial	Radio Municipal de Arroyito.
9.663	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de San Francisco.
9.659	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Las Higueras.
9.669	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Colonia Videla.
9.668	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Altos de Chipión.
9.667	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Camilo Aldao.
9.672	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Plaza de Mercedes.
9.673	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Chilibroste.
9.674	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Los Cocos.
9.678	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Valle de Anisacate.
9.679	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de los Reartes.
9.683	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa Quillinzo.
9.684	Ley provincial	Modifican Radio Comunal de Bouwer.
9.638	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de La Paisanita.
9.686	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Saladillo.
9.682	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Alejo Ledesma.
9.677	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de General Baldissera.
9.692	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Río Primero.
9.689	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Saira.
9.691	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Tanti.
9.690	Ley provincial	Modifican Radio Comunal de Casa Grande.
9.700	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa Elisa.
9.697	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Capilla de los Remedios.
9.708	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa Santa Cruz del Lago.
9.711	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Etruri
9.720	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Malagueño.
9.737	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Impira.
9.739	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de San Esteban.
9.745	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Silvio Pellico.
9.746	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa Parque Santa Ana.
9.747	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Ucacha.
9.751	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Río Segundo.
9.755	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de La Carolina El Potosí.
9.752	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Chazón.
9.754	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Leones.
9.762	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Villa de María.
9.763	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa Río Icho Cruz.
9.764	Ley provincial	Modifican Radio Municipal y Comunal de las localidades de Embalse y Rincón.
9.767	Ley provincial	Modifican Radio Municipal y Comunal de las localidades de Embalse y Rincón.
9.771	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de la localidad de Ballestero.
9.774	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de la localidad de Obispo Trejo.
9.791	Ley provincial	Modifican Radio Comunal de Colonia Vicente Agüero.
9.801	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de General Roca.
9.800	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Malena.
9.810	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Bengolea.
9.832	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Chucul.
9.826	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de El Arañado.
9.836	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Charras.
9.837	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Canals.
9.828	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Mina Clavero.
9.829	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Santa Rosa de Calamuchita.

9.830	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de la localidad de Pascana.
9.862	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Aldea Santa María.
9.850	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de la localidad de Inrville.
9.889	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Monte Leña.
9.890	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Ordóñez.
9.888	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de Viamonte.
9.901	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa Parque Siquiman.
9.904	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de la localidad de La Playa.
9.902	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Tío Pujio.
9.903	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Estación General Paz.
9.897	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Punta del Agua.
9.896	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Arroyo Algodón.
9.910	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Alejandro Roca.
9.924	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Coronel Baigorria.
9.918	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Mayu Sumaj.
9.917	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Segunda Usina.
9.912	Ley provincial	Modifica Radio Municipal de Villa Huidobro.
9.932	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Ballesteros Sud.
9.928	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Buchardo.
9.929	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Idiazábal.
9.930	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Justiniano Posse.
9.933	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Valle Hermoso.
9.935	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Tosquita.
9.923	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Pampayasta Norte.
9.911	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Los Chañaritos.
9.934	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Las Caleras.
9.940	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de La Tordilla.
9.938	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Cavanagh.
9.939	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Tránsito.
9.942	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Anisacate.
9.941	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Esquina.
9.949	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Alta Gracia.
9.945	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Alcira.
9.954	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Colonia Almada.
9.950	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Colonia Bismarck.
9.957	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Capilla del Carmen
9.955	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Los Hoyos.
9.948	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Capilla de Sitón.
9.959	Ley provincial	Modifica el el Radio Municipal de Costa Sacate.
9.953	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Luca.
9.958	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Pilar.
9.973	Ley provincial	Reconoce como municipio a la Comuna de El Brete.
9.976	Ley provincial	Reconoce como municipio a la Comuna de Villa Santa Cruz del Lago.
9.975	Ley provincial	Reconoce como municipio a la Comuna de Estación General Paz.
9.977	Ley provincial	Reconoce como municipio a la Comuna de San Antonio de Arredondo.
9.974	Ley provincial	Reconoce como municipio a la Comuna de Villa Rio Icho Cruz.
9.966	Ley provincial	Reconoce como Municipio a la Comuna de Anisacate.
9.967	Ley provincial	Reconoce como Municipio a la Comuna de Bouwer.
9.968	Ley provincial	Reconoce como Municipio a la Comuna de Los Cerrillos.
9.969	Ley provincial	Reconoce como Municipio a la Comuna de Villa Parque Santa Ana.
9.970	Ley provincial	Reconoce como Municipio a la Comuna de Las Tapias.
9.971	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de El Brete.
9.962	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Las Arrias.

9.964	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de la localidad Sinsacate.
9.963	Ley provincial	Modifican Radio Municipal de la localidad de Colonia Marina.
9.982	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de La Población.
9.979	Ley provincial	Modifica el Radio Comunal de Villa San Esteban.
9.980	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Salsacate.
9.984	Ley provincial	Modifica el Radio Municipal de Mattaldi.
10.027	Ley provincial	Modifican Radio Comunal de la localidad de Eufasio Loza.
10.114	Ley provincial	Competencia territorial de municipios y comunas.

Patrimonio Cultural

N°	Tipo	Nombre de la Norma
5.543	Ley provincial	Protección de los bienes culturales de la Provincia.
484	Decreto reglamentario	Reglamenta la Ley 5.543 de Protección de los bienes culturales de la Provincia.
9.883	Ley provincial	Declaran Lugar Histórico a la traza del Antiguo Camino Real.
9.925	Ley provincial	Lugar Histórico Provincial y Espacio de la Memoria.
20	Resolución (Agencia Córdoba Cultura S.E.)	Creación Registro de Sitios Arqueológicos y Paleontológicos de la Provincia de Córdoba.

Energía

N°	Tipo	Nombre de la Norma
8.810	Ley provincial	Energía renovables – uso racional de la energía.
9.362	Ley provincial	Permisos de exploración, explotación, almacenaje y transporte de hidrocarburos.
9.397	Ley provincial	Producción, procesamiento y uso sustentable de biocombustibles.

ÍNDICE ANEXO II. NORMAS NACIONALES

Ambientales Generales

Nº	Tipo	Nombre de la norma
22.344	Ley Nacional	Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
23.879	Ley nacional	Impacto ambiental obras hidráulicas con aprovechamiento energético.
24.295	Ley Nacional	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
24.375	Ley Nacional	Aprobación del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
24.774	Ley Nacional	Tratado sobre Medio Ambiente.
522	Decreto Reglamentario	Reglamenta el comercio exterior y la protección de la flora y fauna silvestre.
1.347	Decreto Nacional	Autoridad de aplicación de la ley sobre el Convenio de Diversidad Biológica.
481	Decreto	Reducción de Gases con Efecto Invernadero.
25.389	Ley Nacional	Enmiendas al Protocolo de Montreal relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono.
25.438	Ley Nacional	Aprobación del protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.
2.213	Decreto Nacional	Autoridad de Aplicación de Ley 24.295 (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).
25.675	Ley Nacional de Prepuestos Mínimos	Ley General del Ambiente.
91	Resolución	Estrategia Nacional de Biodiversidad.
1.172	Decreto Reglamentario	Acceso a la Información Pública.
25.831	Ley Nacional de Prepuestos Mínimos	Régimen de Libre Acceso a la Información Pública Ambiental.
25.841	Ley Nacional	Acuerdo marco sobre medio ambiente del MERCOSUR.
92	Resolución (COFEMA)	Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental.
685	Resolución (SAyDS)	Programa de Ordenamiento Ambiental del Territorio.
177	Resolución (SAyDS)	Normas operativas para la contratación de seguros por daño ambiental.
303	Resolución (SAyDS)	Modificación de la Resolución N° 177/2007.
1.639	Resolución (SAyDS)	Rubros comprendidos y categorización de industrias y actividades de servicios según su nivel de complejidad ambiental.
52	Resolución (SAyDS)	Modifica el Anexo I de la Resolución N° 2059/2007.
1.398	Resolución (SAyDS)	Política Ambiental.
2	Disposición Nacional (Subsecr. Promoción Desarrollo Sustentable)	Registro Único de Certificados de calificación de Proyecto de Inversión.
226	Resolución (SAyDS)	Régimen de Acceso a los Recursos Genéticos.
1.289	Decreto Nacional	Incorporación al ordenamiento jurídico de la República Argentina la decisión 26/07 del Consejo del Mercado Común. MERCOSUR
481	Resolución (SAyDS)	Determinación criterios de inclusión, la obtención de un puntaje de Nivel de Complejidad Ambiental para los establecimientos de actividades riesgosas.
1.638	Decreto presidencial	Reglamentación de los seguros ambientales obligatorios.

26.815	Ley Nacional Presupuestos Mínimos	Ley de presupuestos mínimos sobre manejo del fuego.
177	Resolución (SAyDS)	Monto Mínimo Asegurable de Entidad Suficiente para la actividad de transporte de materiales, sustancias, mercancías y residuos peligrosos.
502	Resolución (SAyDS)	Procedimiento para la verificación del cumplimiento de la obligación establecida en el artículo 22 de la Ley General del Ambiente.

Flora

Nº	Tipo	Nombre de la norma
710	Decreto	Aprueba el texto ordenado de la Ley de Defensa de la Riqueza Forestal 13.273/48.
25.080	Ley Nacional	Ley de inversiones para bosques cultivados.
26.331	Ley Nacional Presupuestos Mínimos	Protección ambiental de los bosques nativos.
26.432	Ley Nacional	Inversiones para bosques cultivos.
91	Decreto Reglamentario	Reglamenta la Ley 26.331 de Presupuestos Mínimos de Bosques Nativos.
84	Resolución (SAyDS)	Lista roja preliminar de las plantas endémicas de la Argentina.

Fauna

Nº	Tipo de norma	Nombre de la norma
14.346	Ley nacional	Protección a los Animales.
22.421	Ley nacional	Conservación de la Fauna.
144	Resolución (SAyDS)	Ordenamiento de las especies de la fauna silvestre autóctona.
23.582	Ley nacional	Convenio para la conservación de la Vicuña.
23.918	Ley Nacional	Convención sobre conservación de las especies migratorias de animales silvestres.
666	Decreto Reglamentario	Reglamenta la Ley 22.421 de Conservación de la Fauna Silvestre.
1.828	Resolución (SAyDS)	Tránsito interprovincial y la salida del país de trofeos de caza.
26.447	Ley Nacional	Modificación de la ley nacional de fauna 22.421, sobre protección y conservación de la fauna silvestre.
551	Resolución (SAyDS)	Regula aspectos relacionados con especies de la fauna silvestre.

Áreas Protegidas

Nº	Tipo	Nombre de la norma
22.351	Ley Nacional	Parques nacionales - reservas nacionales - monumentos naturales.
23.919	Ley Nacional	Convenio relativo a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas.
453	Decreto Nacional	Creación de las categorías de reservas naturales silvestres y educativas.
24.749	Ley Nacional	Creación del Parque Nacional Quebrada del Condorito.
25.335	Ley Nacional	Aprobación de enmiendas a la convención relativa a los humedales de importancia internacional, Ramsar 1971 y su texto ordenado.

Agricultura y Ganadería

Nº	Tipo	Nombre de la norma
25.127	Ley Nacional	Producción ecológica, biológica u orgánica. Comisión asesora para la producción.
25.278	Ley Nacional	Convenio de Rotterdam. Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional.
97	Decreto Nacional	Decreto reglamentario sobre producción ecológica, biológica u orgánica.
26.141	Ley Nacional	Régimen de Recuperación, Fomento y Desarrollo de la Actividad Caprina.
1502	Decreto reglamentario	Aprueba la Reglamentación de la Ley N° 26.141 de Recuperación, Fomento y Desarrollo de la Actividad Caprina.
763	Resolución (SAGyP)	Actividad Agropecuaria - Organismos genéticamente modificados.

Suelos

Nº	Tipo	Nombre de la norma
22.428	Ley Nacional	Conservación y Recuperación de la Capacidad Productiva de los Suelos.
681	Decreto Nacional	Decreto nacional de la ley 22.428 sobre conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos.
24.701	Ley Nacional	Aprobación de una convención sobre la lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación.
250	Resolución	Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y Mitigación de los efectos de la Sequía.

Fraccionamientos-Usos del Suelo

Nº	Tipo	Nombre de la norma
26.737	Ley nacional	Régimen de Protección al Dominio Nacional sobre la Propiedad, Posesión o Tenencia de las Tierras Rurales.
274	Decreto reglamentario	Tierras Rurales

Minería

Nº	Tipo	Nombre de la norma
1.919	Ley Nacional	Código de Minería

Agua y Cuencas

Nº	Tipo	Nombre de la norma
21.172	Ley nacional	Fluoración de las Aguas Potables de Abastecimiento Público.
24.583	Ley nacional	Creación del Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento.
2.066	Ley nacional	Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.
26.438	Ley nacional	Consejo Hídrico Federal (COHIFE).
25.688	Ley nacional de Prepuestos Mínimos	Régimen de Gestión Ambiental de Aguas.

Contaminación y Residuos

Nº	Tipo	Nombre de la norma
23.340	Ley Nacional	Tratado ensayos con armas nucleares en la atmósfera, en el espacio exterior y en aguas submarinas.
23.922	Ley Nacional	Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.
24.051	Ley Nacional	Residuos Peligrosos.
25.279	Ley Nacional	Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos.
25.612	Ley Nacional de Presupuestos Mínimos	Gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios.
25.670	Ley Nacional de Presupuestos Mínimos	Gestión y eliminación de los PCBs.
25.916	Ley Nacional de Presupuestos Mínimos	Gestión integral de residuos domiciliarios.
24.776	Ley Nacional	Aprobación de la convención sobre seguridad nuclear adoptada en Viena el 20 de septiembre de 1994
24.292	Ley Nacional	Aprobación del convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos.
26.011	Ley Nacional	Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes
853	Decreto Nacional	Decreto reglamentario de la ley 25.670 sobre presupuestos mínimos para la gestión y eliminación de los PCBs.
26.562	Ley Nacional de Presupuestos Mínimos	Protección Ambiental para Control de Actividades de Quema.

Problemas Sanitarios

Nº	Tipo	Nombre de la norma
3.959	Ley Nacional	Control y policía sanitaria de enfermedades contagiosas exóticas de los animales.
12.566	Ley Nacional	Lucha contra la garrapata.
12.732	Ley Nacional	Lucha contra la hidatidosis.
5.153	Decreto-Ley	Lucha contra la aftosa.
7.623	Decreto reglamentario	Obligatoriedad e instrumentación de la campaña de Lucha contra la Garrapata del Ganado Bovino. Reglamenta la Ley 12.566.
10.834	Decreto-Ley	Obligatoriedad de erradicación de la Sarna Bovina.
15.465	Ley Nacional	Régimen legal de las enfermedades de notificación obligatoria.
17.308	Ley Nacional	Programa nacional de control de la brucelosis.
160	Decreto	Denuncia espontánea e inmediata de sarna ovina, bovina y caprina.
19.750	Ley Nacional	Lucha contra la fiebre aftosa.
22.581	Ley Nacional	Convenios de transferencia programa nacional de lucha contra la enfermedad de Chagas Mazza.
22.953	Ley Nacional	Lucha contra la rabia.
22.964	Ley Nacional	Control y tratamiento de la lepra.
24.305	Ley Nacional	Programa nacional de lucha contra la fiebre aftosa
643	Decreto Nacional	Decreto reglamentario del programa nacional de lucha contra la fiebre aftosa.
24.696	Ley Nacional	Lucha contra la brucelosis.

26.281	Ley Nacional	Declaración de interés nacional prevención y control de todas las formas de transmisión de la enfermedad de Chagas
1.812	Resolución (Min. Salud)	Programa nacional de control de enfermedades zoonóticas.
2.090	Resolución (Min. Salud)	Norma técnica y manual de procedimientos para el control de la hidatidosis.
580	Resolución (Serv. Nac. Sanidad y Calidad Agroalimentaria)	Excepción del baño precaucional contra la Garrapata común del ganado.

Turismo

Nº	Tipo	Nombre de la norma
25.997	Ley Nacional	Ley nacional de turismo 25997
1.297	Decreto reglamentario	Reglamenta ley nacional de turismo.

Patrimonio Cultural

Nº	Tipo	Nombre de la Norma
9.732	Decreto	Declaración de Monumentos Históricos Nacionales en Córdoba.
90.732	Decreto	Declaración de Monumentos Históricos Nacionales en Córdoba.
104.179	Decreto	Declaración de Monumentos Históricos Nacionales en Córdoba.
106.845	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
30.836	Decreto	Declaración de Lugar Histórico Nacional en Córdoba.
6.183	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
881	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
8.508	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
5.243	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
6.284	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
1.445	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
21.238	Ley Nacional	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
1.256	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
1.389	Decreto	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
21.836	Ley Nacional	Aprobación de convención sobre protección del patrimonio mundial y natural.
3.110	Ley Nacional	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
25.203	Ley Nacional	Declaración de lugar histórico Postas del "Camino Real al Alto Perú" o "Camino de Postas y correos".
25.533	Ley Nacional	Declaración de Monumento Histórico Nacional en Córdoba.
25.579	Ley Nacional	Declaración de bien de interés Histórico.
1.166	Decreto Nacional	Creación del Comité Argentino de Lucha Contra el Tráfico Ilícito de Bienes Culturales.
264	Decreto	Declara bien de interés histórico artístico en la Provincia de Córdoba.
1.773	Decreto	Declaración de Lugar Histórico Nacional

7. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Liliana Cristina Issaly, Víctor Hugo Becerra, Alcides Ricotto

RESUMEN

El ordenamiento territorial (OT) constituye una actividad prospectiva, política y académica, cuyos rasgos derivan del modelo de desarrollo del país al momento de su formulación e implementación, de la inercia de las instituciones encargadas de este tipo de políticas y de las propias dinámicas académicas de la planificación territorial. El enfoque teórico de este capítulo asume al OT desde la perspectiva de optimizar las aptitudes del territorio para el desarrollo de la actividad humana, minimizando los impactos ambientales y sociales. Esta perspectiva considera a las contradicciones y conflictos como parte constitutiva de las realidades sociales, cuyas tensiones y acuerdos imprimirán el contenido y sentido político específico al OT.

Se abordan aspectos socio-económicos del sector agropecuario de la provincia de Córdoba, en particular sobre la denominada Agricultura Familiar, la dinámica del sistema agrario provincial –especialmente la agriculturización- y sus interacciones con algunas problemáticas ambientales.

El contexto de transformaciones ocurridas en el agro de la región pampeana, ha tenido su correlato en la provincia de Córdoba, en particular el fenómeno de agriculturización e intensificación en el uso de los recursos naturales, con el incremento en los volúmenes producidos, pero también con consecuencias no deseadas como la degradación y contaminación de ambientes, el (mal o des) manejo de residuos, la desaparición de productores y la consecuente ruptura en el tejido social del agro, el agotamiento del modelo tradicional de la agricultura y una creciente brecha de precios entre el producto agropecuario y el producto agroalimentario.

Estas transformaciones han impactado de modo diferente en una estructura agraria provincial muy heterogénea y diversa, por sobre la cual ha cobrado visibilidad en las últimas décadas la denominada “agricultura familiar”. Los datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, permitieron identificar 18.260 agricultores familiares (AF), un 70% del total provincial, proporción que se hace mayor en el arco noroeste (88%). Esta significativa presencia, su heterogénea conformación - ocho (8) grupos diferentes- y su condición de actor social estratégico, en tanto referente del territorio, proveedor principal de alimentos y responsable de la utilización de una proporción importante de los recursos naturales, justifican su inclusión en el diseño de políticas activas de desarrollo rural.

La cuestión ambiental, es abordada analizando la relación entre el uso agrícola actual y la capacidad de uso agrícola potencial de los suelos provinciales. Esta dimensión se completa con la comparación entre la asignación de uso agrícola del año 2002, y la correspondiente al quinquenio 2009-2014, la cual grafica la dinámica de la “agriculturización” en la provincia.

Se analizó también la evolución de cada uno de los cultivos en la región, comprobándose el predominio de la soja a expensas de otros cultivos y de la superficie destinada a la producción ganadera u otros usos. En otras palabras, la magnitud expansiva de la soja sólo pudo realizarse utilizando recursos naturales más frágiles, con mayores limitantes y riesgos de deterioro.

En relación con la cuestión social se analiza la población rural provincial con Necesidades Básicas Insatisfechas y el Índice de Desarrollo Humano. Se constató una brecha de desigualdad significativa en los Departamentos del arco noroeste provincial, históricamente relegados, que los incrementos de producción -medidos en términos económicos- no han podido modificar. La complejidad de estas situaciones y de sus dinámicas sociales, económicas, ambientales, productivas y tecnológicas, interpelan fuertemente al Estado cuando se analizan alternativas de soluciones integrales. En este escenario, el ordenamiento territorial cobra relevancia en la medida que ofrece un marco teórico y metodológico para la construcción participativa y democrática de programas de desarrollo territorial.

INTRODUCCIÓN

El ordenamiento territorial constituye una actividad prospectiva, política y académica, cuyas características se explican y referencian en el modelo de desarrollo vigente en el país al momento de su formulación e implementación (Clichevsky y Rofman, 1989), en la inercia de las instituciones encargadas de este tipo de políticas, y en las propias dinámicas académicas de la planificación territorial (Cirio, 2014).

En consecuencia, el ordenamiento territorial es un concepto complejo que adquiere diversos significados de acuerdo con los enfoques teóricos que lo sustentan. Así, puede ser considerado una herramienta al servicio del capital, responsable de la afirmación de las disparidades sociales presentes en los países subdesarrollados (Santos, 1979); o puede ser utilizado como un marco referencial para la valorización del territorio desde una perspectiva de optimización de sus aptitudes para el desarrollo de la actividad humana, con la minimización de los impactos ambientales y sociales (Farinós Dasí, 2000 *apud* Cirio, 2014).

Ambas perspectivas se inscriben individualmente en corrientes de pensamiento diferentes con relación a la planificación territorial. La primera perspectiva se condice con la corriente neoclásica, de base economicista y fiscalista la cual asume que la sociedad debe ser un todo armónico donde las problemáticas son consideradas patológicas y deben ser eliminadas instaurando la competencia de mercado como forma de alcanzar el óptimo social (Cirio, 2014). En contraposición, la segunda perspectiva se vincula con corrientes más críticas, que considera a las contradicciones y conflictos sociales como parte constitutiva de las realidades sociales e imprescindibles de considerar en la planificación territorial.

En relación con esta última perspectiva, la planificación territorial involucra un amplio abanico de políticas en distintas escalas y especificidades, conformando una arena para la disputa política donde los actores, o

sus combinaciones, que resulten dominantes le imprimirán un contenido y sentido político-ideológico específico a la misma. En definitiva, el ordenamiento territorial no es ni un ente material (norma, ordenanza, etc.) ni una estrategia de organización, sino un proceso social (Coraggio, 1994).

Enmarcados en este enfoque, el presente capítulo aporta información sobre los aspectos socio-económicos del sector agropecuario de la provincia de Córdoba y su interacción con algunas problemáticas ambientales, asumiendo que el ordenamiento territorial debe ser abordado en su complejidad multi-dimensional. Su finalidad es proporcionar elementos para una mirada abarcativa del ordenamiento territorial, que resulte un insumo para otros investigadores y contribuya a mejorar la toma de decisiones de los ejecutores de políticas provinciales.

A modo de caracterización descriptiva se presenta información actualizada del sector agropecuario provincial. La provincia de Córdoba ocupa una superficie de 165.321 km² (4,4% del total nacional). Cerca de la mitad de sus suelos (8,3 millones de hectáreas) son aptos para la agricultura y el 39% para la ganadería, quedando un 11% ocupado por pueblos, ciudades, tierras forestales, humedales, lagunas y zonas de recreación (Guida Daza y Sánchez, 2009).

Según el Censo Nacional de Población, Viviendas y Hogares (Ministerio de Economía de la Nación, MECON, 2014), en 2010 la población provincial era de 3.308.876 habitantes (8,25% del total nacional), de los cuales un 88,7% correspondía a población urbana y un 11,3% a población rural (5,2% habitando en pueblos de menos de 2.000 habitantes y 6,1% correspondiente a población rural dispersa). Siguiendo esta fuente, en 2010 el 6% de los hogares tenían Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), siendo el valor nacional de 9,1%. Sin embargo, los indicadores de distribución del ingreso mostraron para 2013 valores que denotan más desigualdad que en la mayoría de las provincias. En efecto, la bre-

cha del ingreso medio entre el primero y el último decil (23 veces) fue la más alta del país, mientras que el coeficiente de Gini (0,422) estuvo entre los cinco más elevados del país.

En 2013 el Producto Bruto Geográfico (PBG) de Córdoba alcanzó los 35.323 millones de pesos (moneda constante año 1993), del cual el Sector Primario representó un 10,2%. La tasa de crecimiento anual promedio (1993-2013) para el PBG fue de 3,4% y la del Sector Primario de un 4,6%. La participación del PBG provincial en el PBI nacional fue de 7,9%, y la del sector primario provincial en el sector primario nacional, de un 18,4%.

En términos generales, la provincia de Córdoba ha sido y es generadora de bienes y servicios agropecuarios. La producción de los mismos define el uso de los recursos naturales, la existencia de un determinado régimen de propiedad, el empleo de tecnología, un modo e intensidad de ocupación del territorio y un tipo de relaciones sociales de producción y de generación de trabajo. Estos elementos configuran la estructura agraria de un territorio: la estructura de tenencia de la tierra, la estructura económico-productiva y la estructura social.

En 2008 existían en la provincia alrededor de 27.080 establecimientos agropecuarios que ocupaban una superficie total de 11.888.701 hectáreas. El 38% de los establecimientos realizó la producción bajo algún tipo de contrato agrario anual (Dirección General de Estadísticas y Censos de Córdoba, 2008). En la campaña 2013/2014, los seis principales cultivos cubrieron 7.720.600 hectáreas (26% del total nacional), siendo la provincia la principal productora de maní (más del 90% del total nacional), maíz (35,8% del total nacional) y sorgo (28,7% del total nacional), la segunda productora de soja (27,9% del total nacional), la tercera productora de trigo (11,2% del total nacional) y la sexta de girasol (2,2% del total nacional) (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2015). Se destaca que la producción agrícola

es la actividad productiva más importante del Sector Primario provincial.

La producción ganadera también es relevante en la economía cordobesa. En el año 2014, el stock bovino fue de 4.453.904 cabezas (8,8% del total nacional) y el de porcinos 1.098.177 cabezas (23,4% del total nacional), siendo el cuarto y segundo aporte a las existencias nacionales de estas especies, respectivamente. Respecto a la producción lechera, Córdoba se ha transformado en la primera en importancia, contribuyendo con un 37% de la producción nacional de leche fluida (Dirección General de Estadísticas y Censos de Córdoba, 2015).

Obviamente, esta situación provincial se enmarca en un contexto histórico de interacciones y cambios que involucran desde los planos locales hasta la situación global internacional con una elevada dinámica transformadora y de creciente complejidad.

A las transformaciones ocurridas en la región pampeana, derivadas de la revolución verde iniciada en la década de 1960, se agregan las correspondientes a la nueva revolución verde (Segrelles Serrano, 2005; 2008) que profundiza, a partir de la segunda mitad de la década 1990, la magnitud de los cambios en marcha, en particular el fenómeno de agriculturización e intensificación en el uso de los recursos naturales, con sus consecuentes impactos no deseados en procesos de degradación-destrucción ambiental.

Esta preocupación, está presente desde 1991 en la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cuando vinculaba la intensificación productiva con procesos de contaminación, problemas de eliminación de residuos, entre otros. Sin embargo, aquel documento soslayó los efectos sociales, como la desocupación o subocupación de los trabajadores rurales (familiares o no), y la drástica disminución de la población ocupada en la producción agropecuaria.

Siguiendo a Cloquell *et al.* (2003), las transformaciones que se produjeron en el espacio

de producción familiar pampeano permiten establecer cambios estructurales a partir de la integración del capital a la tierra y al trabajo. Esto se visualiza con un aumento del factor capital y una disminución del trabajo (familiar y asalariado) en la producción de los bienes y servicios agropecuarios.

Posada (2010) contribuye al debate cuando plantea para la región pampeana, cinco ejes de ruptura que afectan al sector agropecuario en particular y al rural en general. Estos son: los cambios en el tejido social del agro; el agotamiento del modelo tradicional de la agricultura; una agricultura deslocalizada; la brecha (creciente) entre el producto agropecuario y el producto agroalimentario; y la naturaleza, producción y deterioro ambiental.

Estos aspectos forman parte de los debates que se han sostenido en la última década alrededor de ejes como: desarrollo local o territorial (Schejtman y Berdegué, 2003; Boissier, 2005; 2001); nueva ruralidad y nuevos actores en el agro (Teubal, 2001); la desaparición de los chacareros del campo (Murphy, 2012; Balsa, 2008; Giarracca y Teubal, 2006); la conflictividad rural-urbana (Cáceres *et al.*, 2010; Ringuelet, 2008); el agregado de valor en origen (Bragachini, 2013; Bisang, 2011); la pluriactividad (Grass, 2011; Murmis y Feldman, 2006; Neiman y Craviotti, 2005); la intensificación (Caviglia, 2011; Pengue, 2004), entre otros. Todos ellos han puesto de relieve la necesidad de reconocer la diversidad de actores que se vinculan al sector agropecuario. En consecuencia, no es posible hablar del "campo" como un todo homogéneo (Gras, 2009; Svampa, 2005).

A los actores ya existentes, como los productores rurales con distintos niveles de capitalización y de organización, los trabajadores rurales y sus problemáticas, se han incorporado otros "nuevos" o reciclados: los "pooles" de siembra; los contratistas con mayor escala y nivel tecnológico que en décadas anteriores; industrias transformadoras de productos agropecuarios que incorporan la producción primaria a sus actividades, etc.

Esta diversidad, que se manifiesta en trabajos académicos desde la mitad del siglo pasado, resurge en los últimos tiempos en Argentina de la mano de la necesidad de entender, conceptualizar, definir, y cuantificar la agricultura familiar. Esta nueva denominación de productores incluye a un universo de actores con distintos niveles de capitalización, organización social del trabajo y vinculación con los mercados formales, que antes eran subsumidos bajo la categoría genérica de "pequeños productores agropecuarios". Autores como Neiman, (2010); Obschatko, (2009); Soverna, Tsakoumagkos y Paz (2008); Cloquell, *et al.*, (2005) dan contenido a esta etapa.

En paralelo, la historia de luchas de las organizaciones de estos "pequeños productores" y campesinos detrás de reclamos de participación y de políticas específicas, logran materializarse en la creación del Foro Nacional de la Agricultura Familiar (2006) y de la Secretaría de Agricultura Familiar en la estructura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación (2008).

Luego de este breve diagnóstico, se presenta una caracterización socio-económica de la agricultura familiar en Córdoba, en razón de su necesaria inclusión entre los actores territoriales significativos de la provincia. Seguidamente, se desarrolla una caracterización ambiental (vinculada a la producción agropecuaria) y social (vinculada a poblaciones vulnerables) de la provincia. Finalmente, y en base a los aportes de los apartados anteriores, se proponen los criterios que debería contemplar cualquier propuesta de ordenamiento territorial.

LA AGRICULTURA FAMILIAR EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

En este apartado, se presenta una caracterización cuali-cuantitativa de sistemas productivos familiares que conforman el sistema agrario provincial, identificando los territorios

rurales y los sistemas productivos que deberían ser objeto de políticas y programas de desarrollo rural.

En la bibliografía especializada en estudios rurales de Argentina se pueden encontrar diversas tipologías para categorizar las unidades de producción agropecuarias en general, y los sistemas familiares en particular. Esta diferenciación responde, generalmente, al fin específico perseguido en cada estudio. A modo de ejemplos, Peretti *et al.* (1994) realizan una tipificación basándose en criterios productivos y económicos en la provincia de Córdoba; a nivel nacional Obschatko, *et al* (2007) se enfocan en la caracterización de pequeños productores aplicando datos del Censo Nacional Agropecuario (CNA, 2002).

En Argentina, durante mucho tiempo se eligió la denominación de “pequeño productor”, como una noción con menor carga política e ideológica que “campesino”, para referirse a una población heterogénea que era atendida por los programas gubernamentales de desarrollo rural (Lattuada, 2012). Esto significó la invisibilización de un amplio sector productivo agropecuario que se subsumió bajo una única figura de chacarero, contrapuesto al modelo de la agricultura industrial, intensiva en el uso de insumos y capital, y enfocada a la producción de productos básicos (*commodities*). Esto respondió a una imagen objetivo basada en un sólo sistema de producción posible, a la cual todos los otros deberían converger, usando los principios de la modernización del sector agropecuario propio de la región pampeana.

García y Roffman (2009) fundamentan la importancia y necesidad de estudiar la heterogeneidad de la estructura productiva con la finalidad de confrontar con la visión de un “campo” unívoco generador de abundancia, o su contraparte, la visión nostálgica del terruño perdido, de población rural expulsada. Así, estos autores se proponen aportar “un elemento más al debate nacional de la cuestión agraria que desnude las inexactitudes de visiones estereotipadas sobre nuestra es-

tructura agropecuaria o confirme situaciones de fuerte deterioro social y concluyen que, sin avanzar en esta dirección será muy difícil construir proyectos transformadores” (p. 4).

Según plantea Abramovay (1998), el desarrollo del capitalismo en los países centrales, contrariamente a las previsiones de los teóricos marxistas y clásicos, no consolidó en el campo de la agricultura a la gran empresa basada en trabajo asalariado como sí ocurrió en otras ramas de la economía; sino que, por el contrario, conformó una estructura social basada en unidades productivas donde la propiedad de los medios de producción, la mano de obra y la gestión del negocio se concentran en individuos que comparten entre sí lazos de sangre o casamiento.

La Agricultura Familiar es vista como un conjunto heterogéneo de productores y sus familias (entre ellos los campesinos en su concepción clásica) que intervienen en forma directa en la producción, aportando el trabajo físico y la gestión productiva (Soverna, Tsakoumagkos y Paz, 2008; Obschatko, Foti y Román, 2007).

Para identificar y caracterizar los distintos tipos de productores familiares, y considerando la diversidad de actores sociales de la producción agropecuaria de la provincia de Córdoba, se realizó una adaptación de la noción de agricultura familiar propuesta por Abramovay (1998). La finalidad fue abarcar la diversidad de establecimientos agropecuarios que exhiben una superposición de intereses entre la unidad de producción y la familia rural; incluyendo desde unidades productivas muy pequeñas que producen principalmente para autoconsumo y con mano de obra predominantemente familiar, hasta unidades de gran tamaño que producen exclusivamente para el mercado y con participación de mano de obra asalariada permanente.

Se asume que los agricultores familiares son actores sociales claves de la estructura agraria con una producción más diversificada, una ocupación del territorio más densa, lo

que presupone mayor sustentabilidad frente a estructuras agrarias donde predominan otras formas sociales de producción (Cloquell *et al.*, 2003; Lattuada, 2000).

Los resultados que aquí se presentan constituyen un aporte al conocimiento sobre la diversidad de los tipos productivos familiares existentes en la Provincia y una contribución al debate sobre la necesidad de políticas públicas de desarrollo rural en Córdoba.

En la propuesta metodológica, la subdivisión del territorio provincial se basó en el trabajo de Peretti (1987) que diferencia cinco Áreas Ecológicas Homogéneas (AEH), según criterios agroecológicos y socio-productivos (Figura 1).

La tipificación de agricultores familiares de Córdoba se realizó con datos del Censo Nacional Agropecuario 2002, e implicó tres etapas: identificación, tipificación (propriadamente dicha) y caracterización de los agricultores familiares, que se describen brevemente a continuación:

Identificación: las variables seleccionadas para separar los agricultores familiares de los no familiares fueron: gestión de la propiedad (directa vs. indirecta); tipo de trabajo (familiar vs. no familiar); lugar de residencia en el establecimiento o cerca del mismo (sí vs. no); y tipo jurídico (persona física / sociedad de hecho / sociedad accidental vs. todas las otras formas).

Tipificación: una vez separados los agricultores familiares del universo de productores, se identificaron los diferentes tipos productivos. Las variables que se usaron fueron: tenencia de la tierra (% de tierra en propiedad); nivel de capitalización (valor del capital explotación fijo como tractor, arado, ganado), y realización (o no) de trabajo extrapredial¹.

Para la tipificación se utilizó el análisis multivariado, a través de la técnica de *cluster*, con el objetivo de identificar “grupos signifi-

cativos de individuos u objetos, heterogéneos entre sí y lo más homogéneos posible dentro de cada grupo” (Hair *et al.* 1999). Para el procesamiento estadístico se empleó el programa SPSS Versión 11.5.

Caracterización: ya diferenciados los agricultores familiares en grupos homogéneos, se los caracterizó utilizando una evaluación y proyección económica de ingresos y su relación con los requerimientos de reproducción social y de capitalización. Para ello, se aplicó la metodología propuesta por Dufumier (1996), desarrollada para caracterizar sistemas agrarios. En relación con dicha propuesta, Apollin y Eberhart (1999) ajusta-

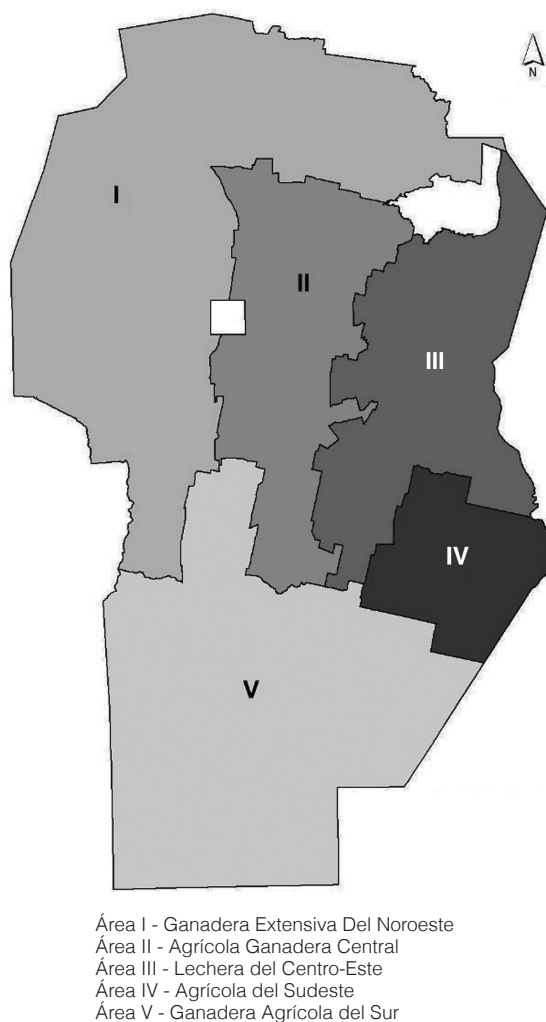


Figura 1: Áreas Ecológicas Homogéneas (AEH) de la provincia de Córdoba. Fuente: Peretti (1987).

¹ Para mayores detalles, ver Becerra *et al.* (2011)

ron los criterios para cuantificar dos umbrales, el Umbral de Reproducción y el Umbral de Supervivencia, componentes críticos de dicho método. El Umbral de Reproducción (UR) se refiere al nivel de productividad del trabajo familiar², a partir del cual es posible la satisfacción de las necesidades de la familia y la reposición de las fuerzas productivas. El criterio para su determinación fue equiparlo con el valor anualizado de la canasta básica total. El Umbral de Supervivencia (US), se vincula sólo con la satisfacción de las necesidades mínimas de supervivencia del grupo familiar. Por ende, mide únicamente el ingreso necesario que garantice dicha supervivencia. El valor utilizado fue el equivalente al monto anualizado de la canasta básica de alimentos³.

Siguiendo la metodología propuesta, al discriminar del conjunto de agricultores de Córdoba (A) a aquéllos identificados como agricultores familiares (AF), se obtuvo la información consignada en la Tabla 1.

Se identificaron 18.260 agricultores familiares, que representan el 70% del total de agricultores de la provincia. Al realizar el análisis dentro del grupo de los AF, el área con mayor representación es el AEH II (28%) seguida de las AEH I y V (22%). Del análisis dentro de cada AEH, el AEH I es la que mayor proporción de AF tiene (72%) respecto del total de Agricultores de la misma, seguida por el AEH II con un 71% de AF, 69% para el AEH IV; 68 % para la AEH III y 66% para la AEH V.

Los resultados del análisis multivariado arrojaron un total de ocho (8) grupos diferentes de agricultores familiares en la provincia,

de los cuales los primeros 4 grupos sólo están presentes en el AEH I:

1) Agricultor familiar pluriactivo de alta capitalización. Tiene una superficie media de 554 hectáreas, un 95% en propiedad y 5% alquilada. El 32% de los establecimientos tienen problemas de tenencia de la tierra. Son sistemas ganaderos bovinos con escasa actividad agrícola; la ganadería se desarrolla sobre campo natural y monte; el 71% de la mano de obra es familiar, el resto es asalariada y permanente. Un 66% de estos agricultores realizan trabajo extra-predial.

2) Agricultor familiar arrendatario capitalizado. Trabaja en promedio 287 hectáreas, el 72% en arriendo y el resto ocupadas. Un 65% de los establecimientos tiene problemas de tenencia de la tierra. Corresponde a un planteo productivo ganadero bovino. La ganadería se realiza sobre campo natural/monte en toda la superficie. La actividad agrícola es mínima (maíz). El 90% de la mano de obra es familiar y el 99% de los agricultores no realizan trabajo extra-predial.

3) Agricultor familiar de baja capitalización. Tiene una superficie promedio de 164 hectáreas, el 100% en propiedad. Un 33% de los establecimientos tienen problemas de tenencia de la tierra. Corresponde a un planteo ganadero caprino. La producción se realiza sobre campo natural/monte en toda la superficie. No existe actividad agrícola significativa, el 100% de la mano de obra es familiar y el 90% de los agricultores no realizan trabajo extra-predial.

4) Agricultor familiar pluriactivo no propietario. Trabaja una superficie promedio de 80 hectáreas y un 75% de la tierra utilizada pertenece a la categoría de ocupación. Un 84% de los establecimientos tienen problemas de tenencia de tierra. Corresponde a un planteo ganadero caprino. El proceso productivo se realiza sobre campo natural/monte en toda la superficie. Son agricultores que viven en situación de insuficiencia de recursos naturales (tierra y agua) y desarrollan

² La productividad del trabajo se refiere al ingreso agropecuario neto generado por un trabajador en un año.

³ Tanto la Canasta Básica de Alimentos como la Canasta Básica Total, corresponden al período junio 2004-junio 2005, según información publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2006).

Tabla 1: Distribución de agricultores (A) y agricultores familiares (AF) por Áreas Ecológicas Homogéneas (AEH) de la provincia de Córdoba.

Áreas Ecológicas Homogéneas	Agricultores (A)	% A por AEH/ Total de A	Agricultores Familiares (AF)	% AF por AEH/ Total de AF	% AF por AEH/ A por AEH
I	5.520	21	3.996	22	72
II	7.152	27	5.111	28	71
III	3.579	14	2.444	13	68
IV	3.880	15	2.685	15	69
V	6.095	23	4.024	22	66
Total provincial	26.226	100	18.260	100	70

Fuente: elaboración propia con datos del Censo Nacional Agropecuario 2002.

una estrategia de diversificación productiva y aprovechamiento de recursos como leña o animales silvestres para mantener el sistema. El 100% de la mano de obra es familiar, con una participación importante de mujeres y jóvenes. El 48% de los agricultores realizan trabajo extra-predial y el 31% lo efectúan dentro del sector agropecuario.

5) Agricultor familiar de alta capitalización. Se presenta en las áreas ecológicas homogéneas II, III, IV y V. Trabaja una superficie promedio de entre 400 y 500 hectáreas, con más del 80% en propiedad y alrededor del 20% alquilada. Entre el 5 y 14% de los establecimientos tiene problemas de tenencia de la tierra. En el AEH II son sistemas productivos agrícola-ganadero-bovino. La ganadería se realiza sobre pasturas perennes y anuales (verdeos) de invierno, en un 75% de la tierra ganadera y en campo natural. La actividad agrícola (soja, trigo, maní, sorgo y maíz) ocupa alrededor del 60% de la superficie. En el AEH III estos establecimientos corresponden, en general, a sistemas productivos tambo-ganadero bovino. La producción lechera y la ganadería se desarrollan sobre verdeos de invierno y verano y pasturas perennes, con un pequeño porcentaje de campo natural. En el AEH IV el sistema de producción es agrícola-ganadero-bovino. La producción de soja, trigo y maíz ocupa el 60% de la superficie. La producción ganadera se realiza sobre pasturas perennes y verdeos en un 65% de la tie-

rra; el resto es aportado por campo natural. En el AEH V predomina el sistema ganadero-bovino; produce girasol, maíz, soja y trigo en pequeña proporción (10%). La ganadería se realiza mayoritariamente sobre verdeos de invierno y verano, pasturas perennes y algo de campo natural y monte. La mano de obra familiar es predominante en todos los casos, desde el 50% en el área III hasta el 67% en el área II. La mano de obra asalariada es permanente en todos los casos. El trabajo extra-predial no supera el 20% en este tipo de agricultores familiares en las cuatro regiones.

6) Agricultor familiar capitalizado. Este tipo está presente en las AEH II, III, IV y V. Trabaja entre 350 y 550 hectáreas según el área. La proporción de superficie propia es del 25%; la mayor parte es alquilada. En el AEH II son sistemas agrícolas puros. La totalidad de la superficie se encuentra dedicada a la producción de soja, maíz, sorgo, maní y trigo. En el AEH III, este tipo de agricultor familiar posee sistemas tambo-mixto. La producción lechera y ganadera se desarrolla sobre verdeos de invierno y verano y pasturas perennes en el 50% de la superficie total; el resto se destina a cultivos de cosecha como maíz, soja, trigo y maní. En el AEH IV, corresponden a sistemas agrícolas (trigo, soja y maíz); representan un estrato "chico-mediano". En el AEH V, el sistema de producción es tambo y ganadero bovino. Se realizan sobre verdeos de invierno y verano y pasturas perennes, con

un pequeño porcentaje de campo natural. En los últimos tiempos se ha incorporado el cultivo de girasol y de soja.

La mano de obra familiar es predominante en este tipo de agricultores en todas las áreas ecológicas homogéneas, con valores extremos del 52% para los del área III y del 72% en el área II. La mano de obra asalariada es permanente, a excepción del tipo localizado en el área IV donde se combina con un 6% de temporaria. El porcentaje de establecimientos con trabajo extra-predial es variable según el área en que se encuentra; con valores del 11% para el área IV y hasta del 24% para el área V.

7) Agricultor familiar de capitalización intermedia. Se presenta en las áreas ecológicas homogéneas II, III, IV y V. Trabaja en promedio desde 75 hectáreas en el AEH III, hasta 130 en el AEH II, con un alto porcentaje en propiedad (entre 90 y 100%). En el AEH II el sistema productivo es ganadero bovino; no tiene actividad agrícola; la ganadería se desarrolla sobre verdeos de invierno y verano, pasturas perennes, en un 40% de la superficie ganadera. La superficie restante es campo natural y monte. En el AEH III los sistemas de producción son agrícola-ganadero bovino y destinan una superficie creciente a la producción de soja. La producción ganadera se realiza sobre pasturas perennes y verdeos en un 60% de la superficie ganadera y el resto es aportado por campo natural. En el AEH IV este tipo de agricultor familiar representa un sistema agrícola-ganadero porcino. Cerca del 90% de la superficie se destina a trigo, soja y maíz; mientras que el 10% es área de uso ganadero. Por último, en el AEH V el sistema es agrícola-ganadero-bovino-porcino. Alrededor del 50% de la superficie se destina a soja y maíz; el resto se utiliza para la producción ganadera. En todas las áreas, este tipo de agricultor familiar presenta entre 90 y 100% de trabajo familiar. El trabajo extra-predial está presente en las áreas II, III y V (entre el 18 y el 30% de los establecimientos), mientras que en el área IV es de sólo un 6%.

8) Agricultor familiar arrendatario.

Esta tipología se encuentra únicamente en el AEH V. Trabaja hasta 135 hectáreas en promedio, 86% alquiladas. El sistema productivo es mixto-agrícola. La actividad agrícola incluye maní, soja y maíz. El 100% del trabajo es familiar y el 40,2% de los agricultores realizan trabajo extra-predial.

En la Tabla 2 se sistematiza la información de la evaluación económica de los agricultores familiares en cada AEH. Se presentan las situaciones en las cuales los ingresos anuales no alcanzan para cubrir los umbrales de reproducción (UR) y de sobrevivencia (US).

Se observa que del total de los agricultores familiares de la provincia, el 47% obtiene ingresos por debajo de los requerimientos económicos para la reproducción del sistema y el 41% no alcanza a cubrir los requerimientos económicos de sobrevivencia.

El análisis comparativo del conjunto de las áreas ecológicas homogéneas permite ratificar que el AEH I es la región más vulnerable. En ella, el 89% de los agricultores familiares no alcanzan el umbral de reproducción y el 80% tiene ingresos por debajo del umbral de sobrevivencia. Les siguen el AEH II con 51 y 47% y el AEH V con 35 y 27% por debajo de los indicadores UR y US, respectivamente. Las áreas III y IV son las que tienen mejores posibilidades de permanencia de sus agricultores familiares en la estructura económica provincial.

La caracterización de los productores familiares a nivel provincial y en cada AEH, a partir de variables económicas y estructurales, ratifican que el área con mayor cantidad y diversidad de productores familiares es el AEH I. También es en este territorio donde se concentra el mayor número de situaciones conflictivas de tenencia de la tierra, los menores niveles de capitalización en el sistema agrario, un amplio predominio del trabajo familiar y las condiciones más comprometidas de reproducción social de esos sistemas productivos.

Así, el análisis realizado, permite verificar la presencia de una gran diversidad de situaciones en el sistema agrario provincial, con una muy alta diferenciación de tipos productivos presentes. Estas diferencias encuentran causales en la elevada diversidad ambiental del territorio y la disparidad histórica de dotación y accesibilidad a los recursos productivos.

Otra consideración se relaciona con el significativo predominio de las formas familiares de producción, 70% de los establecimientos agropecuarios de la provincia. Dicha preponderancia justifica esta categoría socioeconómica para el diseño de las políticas de desarrollo rural y de ordenamiento territorial; como así también por su condición de actores sociales estratégicos, en tanto referentes del

territorio, proveedores principales de alimentos y responsables de la utilización de una significativa proporción de recursos naturales del espacio rural, generalmente los de mayor fragilidad ambiental.

El panorama presentado sobre la agricultura familiar en la provincia de Córdoba, confirma que la misma constituye un conjunto muy heterogéneo de sistemas de producción y un actor insoslayable de la territorialidad rural. La diversidad de formas productivas existentes conlleva una complejidad que exige ser abordada en mayor profundidad y rigor, para diseñar políticas públicas que efectivamente aporten a fortalecer estos segmentos productivos y a desarrollar los espacios rurales de Argentina.

Tabla 2: Agricultores familiares (AF) en riesgo según los umbrales de reproducción (UR) y de sobrevivencia (US) por Área Ecológica Homogénea (AEH) de la provincia de Córdoba.

AEH	Tipos de AF	Nº	Porcentaje de agricultores por debajo de:	
			UR	US
I	Pluriactivo alta capitalización	768	82	75
	Arrendatario Capitalizado	429	77	71
	Baja Capitalización	2.409	93	83
	Pluriactivo No propietario	390	88	83
Subtotal		3996	89	80
II	Alta capitalización	1.496	8	6
	Capitalizado	1.743	47	44
	Capitalización intermedia	1.872	89	82
Subtotal		5.111	51	47
III	Alta Capitalización	1.106	5	4
	Capitalizado	1.060	19	17
	Capitalización Intermedia	278	76	69
Subtotal		2.444	19	17
IV	Alta Capitalización	1.069	19	15
	Capitalizado	1.131	12	10
	Capitalización Intermedia	485	38	31
Subtotal		2.685	19	16
V	Alta Capitalización	1.950	32	22
	Capitalizado	954	7	6
	Capitalización Intermedia	734	70	58
	Arrendatario	386	53	47
Subtotal		4.024	35	27
Total AF		18.260	47	41

Fuente: elaboración propia con datos del Censo Nacional Agropecuario 2002.

Dimensión socioambiental del desarrollo territorial en Córdoba

En general, las definiciones del espacio rural se asocian estrechamente con el lugar físico donde se realiza la producción agropecuaria. El enfoque territorial permite superar esta visión restringida y facilita una redefinición del concepto convencional de desarrollo rural.

Ha sido frecuente, en el abordaje tradicional de la problemática rural, que se intente establecer relaciones causa-efecto a través de un análisis dicotómico y lineal, desvinculando la configuración socioeconómica con los usos predatorios (o no) de los recursos naturales. Este enfoque cartesiano limita la comprensión en plenitud de un proceso complejo y multidimensional (Kirsch, 2009).

En relación con lo rural, los aspectos económicos, sociales, productivos y ambientales se consideran con frecuencia de manera independiente, o se privilegia alguna de estas dimensiones en detrimento de las otras. Enfoques territoriales con eje en lo ambiental, reconocen que los ecosistemas suministran cuatro flujos de bienes y servicios a la economía (Freeman III, 1993): producción de bienes socialmente útiles; hábitat para la vida y biodiversidad; amenidades para recreación humana; y disposición, transformación y almacenamiento de residuos-efluentes generados por el hombre. Estas funciones reclaman condiciones y espacios territoriales concretos. Sus desajustes, son fuentes de conflictos por el uso de los ecosistemas rurales (y urbanos).

El enfoque territorial de las políticas de desarrollo implica, en definitiva, una ruptura con el enfoque sectorial y el enfoque dualista convencional rural-urbano. No pueden minimizarse los vínculos que el sector agrario establece con otros sectores, los cuales intervienen también en el sustento de muchas familias rurales (Costantino, 2009).

Uno de los aspectos relevantes del abordaje territorial, es que promueve cambios en la visión de la producción rural, integran-

do las dimensiones ambiental, económica y social (Veiga, 2004), abriendo una perspectiva de multifuncionalidad y multisectorialidad de la agricultura (Kirsh, 2009; Schneider, 2004).

Ya en las reglamentaciones de la Comunidad Económica Europea de 1990, se visualizan estos cambios de paradigma. Se deja de percibir a la agricultura como una actividad enfocada, únicamente, a la producción de alimentos, para valorar que la mejora en la eficacia de las estructuras agrarias, debe basarse en el carácter multifuncional de la misma. Así, se considera la agricultura como protectora del medio ambiente, generadora de un servicio social para la población, teniendo para ello que estimular a los agricultores para introducir o mantener métodos de producción ecológicamente aptos (Fornés Comas y Bustos Cara, 2009). Esta propuesta difícilmente pueda incorporarse a una dinámica de mercado sin intervención estatal que reconozca estas funciones hasta ahora no valoradas.

En Argentina, al igual que en el resto de América Latina, "las políticas nacionales se encuentran ante varias encrucijadas: entre el agronegocio y la agricultura familiar (con toda su diversidad interna), entre los conflictos por el acceso a la tierra y los procesos de exclusión y marginación, ante procesos expansivos que reestructuran los sistemas productivos e impactan en la organización social. En este contexto, el concepto de multifuncionalidad se asocia a diversidad como permanencia de enclaves productivos, más ligados a la seguridad alimentaria que a la defensa del medio ambiente" (Fornés Comas y Bustos Cara, 2009, p.2).

Sin embargo, al reducir el papel de la agricultura al doble rol de generar divisas con los *commodities* exportables y producir alimentos para el consumo interno, se plantea una fuerte contradicción, que las políticas no han podido resolver y que se traducen en pugnas sectoriales y sociales, con consecuencias en

la dinámica de desarrollo de los territorios involucrados.

Grinberg, (2009), cuando se refiere al riesgo (ambiental y económico) vinculado con la agricultura industrial, propone que: "...para poder percibirlo, es necesario abandonar la visión micro del productor individual y utilizar una óptica de tipo *territorial*, ya que es en el espacio exterior al predio donde las consecuencias se expresan. Esto también implica abandonar una visión sectorialista del medio rural, donde la única actividad parecería ser la agricultura y los únicos actores los agricultores. En realidad, el medio rural está compuesto por un sinnúmero de actores heterogéneos, tanto en lo social, económico y productivo" (p. 17). Además propone que "...en términos de tiempo, se requiere llevar la mirada hacia el mediano y largo plazo, sin descuidar el presente ni el futuro inmediato, pero entendiendo que las acciones de hoy tendrán consecuencias por largos períodos" (p. 16).

Los aspectos mencionados destacan la importancia de la dimensión política en relación con la existencia de un Estado en el cual se definan: "cuáles son las prioridades sociales, hasta dónde se imponen las valoraciones de tipo economicistas sobre el ambiente, y cuáles y cuánto de los impactos son tolerables" (Grinberg, 2009, p.17).

En base a lo expuesto surge que el concepto de territorio debería entenderse como: "...el espacio donde se manifiestan y dirimen los conflictos económicos, sociales, políticos y culturales, donde se lucha por la conquista de los respectivos intereses, y donde se disputa el poder político y económico" (Manzanal, 2006, p. 25).

Este apartado aborda algunos aspectos de dicha conflictividad en el ámbito de la provincia de Córdoba, considerando dos de las dimensiones constituyentes de la cuestión territorial: la ambiental y la social.

La cuestión ambiental⁴

En relación con esta dimensión, inicialmente se analiza información oficial de la Provincia de Córdoba, desagregada a nivel Departamental⁵, y vinculada con las capacidades de uso de los suelos, el uso agrícola actual y su evolución desde el año 2002. La finalidad es mostrar el desajuste entre el uso agrícola actual y la capacidad de uso agrícola potencial de los suelos provinciales, como un indicador de sobreexplotación e incremento de fragilidad de los ecosistemas.

En segunda instancia, se realiza la comparación entre el uso agrícola del año 2002 y del quinquenio 2009-2014 para mostrar la dinámica del proceso de agriculturización presente en la provincia. Por último, se revisa información sobre los cambios de uso del suelo y los modos de producción.

Para el análisis de la sobreexplotación de los ecosistemas, se utiliza el concepto de aptitud de uso de los suelos. Argentina ha adoptado los criterios de la clasificación de aptitud de uso de los suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos que reconoce 7 clases de aptitud de uso. Las tres primeras (I, II y III) son predominantemente agrícolas; la clase IV, es "ocasionalmente agrícola", y las restantes son ganaderas, forestales y para recreación.

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de Córdoba (MAGyA, 2003), sobre el trabajo de Jarsun *et al.* (2003), en esta provincia la superficie de tierras agrícolas (clases I, II y III)⁶ alcanza 5.540.000 hectáreas. A fin de ajustar la superficie agrícola

⁴ Los autores reconocen la existencia de distintos indicadores para evaluar la dimensión ambiental de la sustentabilidad. En esta presentación se eligió utilizar aquellos vinculados con la capacidad de uso del suelo.

⁵ Córdoba se divide políticamente en 24 (veinticuatro) departamentos.

⁶ A los efectos del cálculo de la superficie con aptitud agrícola, se consideraron a las clases II y III como agrícolas sin restricciones.

potencial se asume que los suelos clase IV, definidos como “ocasionalmente agrícolas” son utilizados con cultivos agrícolas sólo en uno de cada cuatro años. Por esto, la superficie utilizable para agricultura de esta categoría se reduce al 25%, ajustándose en consecuencia la superficie provincial anual de suelos aptos para la agricultura a 6.228.250 hectáreas. Siguiendo estos criterios, se estimó la superficie agrícola potencial de cada uno de los 24 departamentos (no se incluye el Departamento Capital). Estos datos se compararon con el uso agrícola actual calculado a partir de información publicada por el MAGyA (2015) donde se presentan las superficies sembradas anualmente con los principales cultivos extensivos (soja, girasol, maní, maíz, trigo y sorgo), correspondientes al promedio de las campañas 2009/2010 a 2013/2014.

Al contrastar los datos de superficie agrícola potencial con la superficie promedio ocupada por los cultivos más importantes en el último quinquenio, se percibe que la superficie utilizada para la agricultura es de 7.329.830 ha; es decir un 17,7% más que la superficie apta para tal uso en la provincia de Córdoba. Ahora bien, esta discrepancia no es homogénea en los Departamentos. En la Tabla 3 se muestra una clasificación de los Departamentos según el grado de exceso de uso agrícola actual con relación al uso potencial de sus suelos.

Se observa que en 16 de los 24 departamentos provinciales, la superficie de uso agrícola supera a la superficie de suelos con capacidad para este uso (potencial). Una primera reflexión es que se estarían utilizando suelos de aptitudes no agrícolas (muy posiblemente ganaderos y/o forestales, como también otros que cumplen funciones vinculadas con hábitats para la vida, la biodiversidad y la recreación) para la producción de cultivos.

Una segunda reflexión se vincula con que entre los departamentos sobreexplotados se encuentran algunos del arco noroeste provincial (Tulumba, Río Seco, Ischilín, Cruz del Eje,

San Alberto) que son los de menor aptitud agrícola y se corresponden con los ambientes provinciales de mayor fragilidad ecológica. Por otra parte, algunos Departamentos con altos valores de sobreuso, como Calamuchita y General Roca, fueron históricamente ganaderos, a los que se suman otros con sistemas productivos mixtos como Río Cuarto, Santa María y Presidente Roque Sáenz Peña, que abandonaron las tradicionales rotaciones entre pasturas y cultivos de cosecha, para volcarse a la agricultura de forma casi excluyente. Entre los que figuran en el último rango, Río Segundo, Tercero Arriba, General San Martín, Juárez Celman y Unión, siempre fueron más agrícolas y si bien cuentan con una proporción importante de tierras con esa aptitud, actualmente los cultivos de grano están avanzando sobre tierras no aptas para ello.

La situación actual del uso agrícola de los suelos es consecuencia de una dinámica productiva que no se detiene. Este proceso de avance del área agrícola es conocido como agriculturización. Para poder tener una estimación cuantitativa de la misma, se relevó la información de superficie sembrada (con los cultivos ya mencionados) registrada por el Censo Nacional Agropecuario (INDEC, 2002), correspondiente a las campañas 2001-2002, y se la comparó con la información de superficie sembrada promedio del quinquenio 2009-2014 (datos del MAGyA, 2015).

El resultado muestra que el proceso de agriculturización fue generalizado en casi toda la provincia, con un aumento del uso agrícola de los suelos del 56,5%, entre 2001-2002 y el promedio del quinquenio 2009-2014 (Tabla 4).

Según esta información, la mitad de los departamentos (12 de 24) duplicaron el uso agrícola de sus suelos. Además, aquellos que tuvieron una mayor tasa de crecimiento entre 2001/02 y 2009/14, son los mismos Departamentos del arco noroeste que se indicaron en la Tabla 3 (Ischilín, Tulumba y Río Seco) sumándose, en este caso, Sobremonte, Totoral, Minas y Pocho.

Tabla 3: Relación porcentual entre el área de uso potencial y la de uso actual de los suelos de los Departamentos y del total provincial de Córdoba.

Uso Actual de suelos/ Uso Potencial (%)	Departamentos / Total provincial
> 100	Calamuchita
Entre 50-100	Tulumba; General Roca; Río Cuarto y Río Primero
25-50	Roque Sáenz Peña; Santa María y Río Seco
< 25	Río Segundo; Ischilín; General San Martín; Cruz del Eje; Juárez Celman; Tercero Arriba; San Alberto; Unión; Total provincial

Obsérvese que, si bien en estos cuatro últimos Departamentos el uso actual no supera la superficie potencialmente agrícola, el incremento de superficie puesta en producción se explica por la expansión de los cultivos extensivos tradicionales, con lo cual se elevan los riesgos de degradación de los ecosistemas de alta fragilidad como los que conforman dichos territorios.

También los departamentos donde predominan sistemas mixtos de producción como Presidente Roque Sáenz Peña, Río Cuarto, Santa María; los departamentos tamberos como General San Martín y San Justo; y los ganaderos como Calamuchita, participaron del proceso de agriculturización del territorio provincial. El Departamento General Roca merece un comentario aparte. Históricamente fue zona de invernada, y ahora ha cambiado su estructura productiva volcándose fuertemente hacia la agricultura.

En consecuencia, la agricultura en la Provincia de Córdoba continúa avanzando en esta disputa por el uso del suelo, sobre espacios territoriales cuyos servicios deberían

orientarse a otros usos. La dinámica creciente de este proceso y su permanencia profundizan los efectos de la sobreexplotación, constituyendo, una de las causas directas de la degradación-destrucción de tierras, de los cambios en los sistemas hidrológicos y sus cuencas, de la desaparición de humedales con su correlato de pérdida de biodiversidad, de la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, pero también de daños por destrucción o elevación de los costos de mantenimiento de la infraestructura regional. Se genera de esta forma un pasivo o deuda ambiental de magnitudes crecientes.

Así, las consecuencias originadas en los cambios de usos de los suelos y en los modos de producción ocurridos en las últimas décadas, han tenido fuerte influencia sobre el comportamiento de algunos indicadores centrales de sustentabilidad.

En relación con los cambios de uso, el indicador más elemental a considerar para evaluar sustentabilidad es la variación en la superficie asignada a la producción agropecuaria. Como muestra Tabla 3, la agricultura

Tabla 4: Cambios porcentuales en la superficie agrícola de los departamentos y del total provincial de Córdoba entre 2009-2014 y 2001-2002.

Aumento de la superficie agrícola en %	Departamentos / Total provincial
> 200	Sobremonte; Río Primero
100-200	Roque Sáenz Peña; Ischilín; Tulumba; Río Seco; General San Martín; Calamuchita; San Alberto y General Roca
50-100	Totoral; Santa María; Total provincial
25-50	San Justo; Unión; Río Cuarto; Colón; Minas
< 25	Río Segundo; Marcos Juárez; Tercero Arriba, Juárez Celman; Pocho

Fuente: elaboración propia.

provincial (considerando los seis principales cultivos), ocupa cerca de 7.330.000 ha, casi 2.900.000 ha más que a comienzos del 2000 y 5.241.000 ha más, si la comparación se hace con el uso del suelo de la década de 1970. Dentro de esta expansión de la agricultura, para estudiar el efecto sobre la sustentabilidad del sistema, es muy importante analizar la evolución en cada uno de los cultivos en la región (Tabla 5).

Se destaca, a los fines del análisis, que dicho aumento se explica fundamentalmente por el incremento de la superficie destinada al cultivo de soja, a expensas de otros cultivos (y de superficie destinada a la producción ganadera u otras funciones, como se mostró en la Tabla 3).

Considerando que en la actualidad, la mayoría de los suelos de mejor aptitud agrícola están dedicados a esos sistemas, una expansión del cultivo de soja de tal magnitud sólo pudo realizarse utilizando recursos naturales más frágiles, con mayores limitantes (drenaje, salinidad, susceptibilidad a erosión, etc.) y riesgo de deterioro.

Respecto al modo de producción, y atendiendo a la sustentabilidad de los sistemas, tan importante como la disminución de la reserva de nutrientes es la degradación de las propiedades físicas y biológicas de los suelos, con consecuencias directas sobre la (menor) disponibilidad de agua para los cultivos.

Vinculado con estos aspectos, Cisneros *et al.*, (2005; 2004), analizan los cambios en el uso de la tierra y en las tecnologías de producción, particularmente la *siembra directa*, en un área de 1.300.000 hectáreas ubicadas en el centro-sur de la Provincia de Córdoba (cuencas del río Cuarto y de los Arroyos menores). Entre las conclusiones más importantes se destaca, como consecuencia de la aplicación de la siembra directa en cultivos de ciclo estival, una reducción de las tasas de erosión (pérdida de suelos) considerando los cultivos aisladamente. Sin embargo, al agregar los valores para el conjunto de usos de la

Tabla 5: Evolución de la superficie sembrada (miles de hectáreas) con los principales cultivos en Córdoba (Períodos 1970/1973, 1997/2000, 2009/2014).

Cultivo	1970/ 73 (1)	1997/ 2000 (2)	2009/ 2014 (3)	Diferencia entre (3) y (2)	Diferencia entre (3) y (1)
Trigo	272	523	491	-32	219
Soja	1	2.042	4.935	2.893	4.934
Maíz	627	797	1.300	503	673
Girasol	183	449	62	-387	-121
Sorgo	685	316	312	-4	-373
Maní	321	309	230	-79	-91
Total	2.089	4.435	7.330	2.895	5.241

Fuente: elaboración propia en base a datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de la provincia de Córdoba.

tierra en la cuenca, los cambios operados por el aumento de la superficie dedicada a agricultura a expensas de otros rubros y sistemas productivos resultan en un incremento de las tasas de erosión del 47 y 57% promedio para las pérdidas por hectárea y globales de la región, respectivamente.

Estos resultados, muestran que el modelo productivo basado en la especialización agrícola de gran escala, uso intensivo de insumos y de capital, produce impactos ambientales negativos. El más significativo es el incremento de la erosión global del suelo la que ha sobrepasado con creces la reducción de pérdida de suelo debida a la siembra directa y a los mayores rendimientos unitarios.

Los mismos autores, dimensionaron los niveles de escurrimiento de agua de lluvia en la misma zona y para un período de 15 años hasta finales de los años noventa. Los resultados muestran que el cambio de uso y manejo de las tierras incrementó los niveles de escurrimientos anuales promedios, en toda el área de estudio, con variaciones significativas según el grupo hidrológico de suelos y su posición en la cuenca. El volumen de escurrimiento de agua superficial promedio anual para

las lluvias medias anuales (calculadas para el periodo 1947-1998) aumentó entre el 7 y 26% según condiciones de los suelos y zonas de la cuenca, siendo las zonas más afectadas aquellas con suelos bien permeables.

Forján (2007) aporta al entendimiento de este proceso cuando plantea que “la adopción de la siembra directa debe efectuarse sobre un sistema de producción en general y no como una técnica en particular para un determinado cultivo” (p.2). “La siembra directa como herramienta técnica de un sistema de producción sustentable, tiene en la rotación de cultivos un papel por demás importante para aprovechar las capacidades productivas de los agroecosistemas y potenciar su funcionamiento. En cada establecimiento debiera plantearse una rotación ajustada a las características productivas de la región, como régimen hídrico, período libre de heladas, temperaturas, capacidad de acumulación de agua de los suelos y textura entre otras, para lograr todos los beneficios del sistema” (p.3)

De lo contrario, se profundizará la creciente sensibilidad que ha adquirido el agrosistema, frente a las situaciones desfavorables (climáticas o económicas), que incrementan el riesgo global de la unidad productiva. Esto es así, en gran medida, porque los avances tecnológicos (genética, agroquímicos, mecanización, etc.) han enmascarado la degradación edáfica (pérdida de fertilidad y deterioro físico de los suelos), al ser incorporados en muchos casos sin el acompañamiento de prácticas adecuadas de conservación y manejo de suelos (Forján y Manso, 2012).

Otro eje de análisis de importancia hace referencia al interrogante: ¿cómo se afectan los hábitats urbanos con los cambios de uso de la tierra, la expansión agropecuaria y la intensificación productiva? Sin dudas, se asiste a una creciente conflictividad ambiental-territorial vinculada con la localización de la producción agropecuaria en las interfaces de los ejidos urbanos.

La cuestión social

Las situaciones de armonía/conflicto entre la sociedad y el ambiente son el resultado de las características de los ecosistemas como proveedores de flujos de bienes y servicios, y los modos de intervención de la sociedad. Siguiendo lo planteado por Cáceres *et al.* (2009), los conflictos que surgen podrían enmarcarse en lo que Martínez Alier (2004) conceptualiza como “conflictos ecológicos distributivos”. Es decir, conflictos sobre derechos o títulos ambientales, sobre la pérdida del acceso a los recursos y servicios ecosistémicos, sobre las cargas que genera la contaminación y sobre el reparto de los peligros ambientales.

Ahora bien, si se suma al análisis de la dimensión ambiental la social, ¿se podría pensar que el aumento productivo trajo un efecto redistributivo en el espacio provincial? Para aproximar una caracterización social se analizan para cada departamento datos de las Necesidades Básicas Insatisfechas, NBI, en porcentaje de los hogares (Figura 2) para el año 2010 (CNPHyV, INDEC, 2010).

Los datos de la Figura 2 muestran que la región del arco noroeste registra los valores más altos de NBI coincidiendo con la zona donde existe un predominio de la población rural sobre la urbana, con valores por encima del 50% para los departamentos de Minas, Pocho; Tulumba, Totoral, Sobremonte y Río Seco (Dirección General de Estadísticas y Censos de Córdoba, 2008)

Becerra *et al.* (2007), usando las Áreas Ecológicas Homogéneas (AEH) de INTA, se plantean que en el AEH I (coincidente con el arco noroeste) las condiciones de vida son las más desfavorables de la provincia, superando en un 50% a la media provincial que es de 11% de hogares con NBI y de un 13% de personas en igual condición. Desglosando las NBI en relación con esta AEH I, se plantea que: el 19,4% del total de analfabetos de la provincia vive en ella; el 56% de los residentes carece de cobertura social; el 22,3% de

los hogares carecían de viviendas en condiciones de habitabilidad y confort. Es también el AEH I la que muestra los valores de mayor vulnerabilidad económica según lo analizado en el apartado anterior.

Un documento del Instituto de Investigaciones Económicas de la Bolsa de Comercio de Córdoba (IIE, 2009) coincide con lo planteado y agrega: "...las diferencias del indicador de las NBI en los distintos departamentos de la provincia son notables...". "Los datos relevados en los últimos Censos permiten observar que en los departamentos del norte cordobés, como Pocho y Minas, por ejemplo, casi la mitad de sus habitantes viven en una situación de privación. En contraste, la región centro y este de Córdoba tiene el menor número de individuos con NBI". Los mismos autores hipotetizan sobre la causa: "Esto puede deberse a que esas poblaciones se encuen-

tran asentadas en la región agropecuaria más rica de Córdoba y en el medio de dos polos industriales (ciudades de Córdoba y Rosario)" (p. 33). "Dentro de las NBI, la situación más preocupante es la sanitaria, en especial para los departamentos del norte y noroeste de la provincia, dado que, por ejemplo, en Minas y Pocho, más de la mitad de las viviendas no disponen de retretes con descarga de agua. Por el contrario, la región centro de Córdoba presenta los mejores indicadores. Asimismo, la magnitud de personas que residen en viviendas con déficit habitacional es considerable: en varios departamentos, como ser Pocho, Minas, Sobremonte, Río Seco y Tulumba, el valor supera el 50%" (p. 34).

A modo de síntesis de la dimensión social se observa una gran brecha de valores de NBI entre los departamentos, lo que denota una importante desigualdad interna en

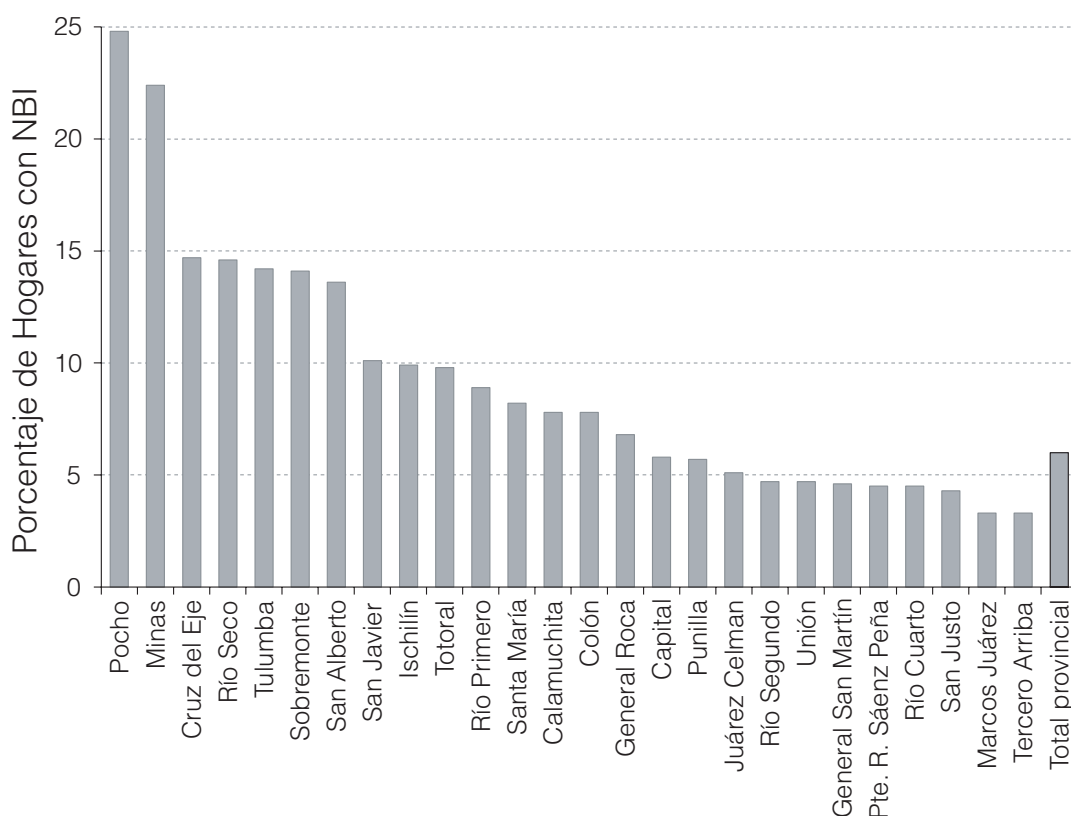


Figura 2: Porcentaje de hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) por Departamento y para el total provincial de Córdoba. Fuente: INDEC- CNPhyV (2010).

la provincia. A su vez al interior de cada departamento, aquellos más pobres son los que tienen mayor porcentaje de población rural.

La consecuencia social de la expansión agrícola y el corrimiento de la ganadería hacia zonas marginales, origina un conflicto con los habitantes de los territorios rurales de los departamentos más pobres, que son los territorios con mayores problemas por tenencia de tierras y desalojos de productores lugareños.

Como ya se planteó, este tipo de conflicto, se encuentra en línea con los que Martínez Alier (2004, *apud* Cáceres, *et al.* 2009) describe como “conflictos ecológicos distributivos”. “Si bien tienen una base ecológica clara, ya que está en juego la capacidad de estos ecosistemas de mantener su potencial productivo y de seguir ofreciendo un espectro amplio de servicios ecosistémicos, en última instancia la disputa tiene que ver con un problema de apropiación de la riqueza generada a partir de la transformación de capital natural en capital económico. Así, desde el punto de vista empresarial, el problema se reduce finalmente a una cuestión económica. En cambio, desde la perspectiva campesina (y de los agricultores familiares, en nuestra opinión), el problema no es sólo económico sino también social ya que de la forma en que se dirima este conflicto dependerá su propia reproducción como sujeto económico, social y político” (Cáceres *et al.*, 2009, p. 23).

REFLEXIONES FINALES

Existen complicaciones adicionales a las planteadas cuando la explicación de dichas problemáticas se hace aparecer como un proceso irrevocable que se naturaliza como “efecto colateral” frente a las ventajas de las nuevas tecnologías (muchas por venir aún) y los designios de los mercados, sin que aparezcan con claridad los actores responsables de estos procesos. Sin dudas, entre los más directa y fuertemente involucrados están el Estado, los sectores empresarios en directa

relación con la producción agropecuaria y las cadenas agroalimentarias implicadas, especialmente cuando sus consecuencias negativas recaen sobre la sociedad en su conjunto.

¿Existe alguna posibilidad de resolución de estos desajustes? En los últimos años, políticas de ciencia y técnica a nivel provincial han promovido, financiamiento mediante, estudios sobre ordenamiento territorial en relación con los cuatro grandes flujos de bienes y servicios que los ecosistemas aportan a la sociedad. Los avances se encuentran aún en el plano académico y sus resultados están siendo puestos a disposición de los responsables del Estado Provincial con la pretensión de que sean incorporadas a la agenda política provincial. Sin dudas estos conocimientos e información, constituirán aportes a los necesarios debates que deben respaldar decisiones y estrategias de intervención del Estado y a la construcción de políticas públicas de envergadura. Pero estos debates, deben asegurar la participación de todos los sectores y comunidades involucrados, para posibilitar la expresión de las contradicciones, la explicitación de conflictos, intereses y tensiones, como camino idóneo para encontrar las mejores decisiones sobre la utilización de los espacios territoriales de la provincia.

Ahora bien, para ello es imprescindible revisar las experiencias de procesos participativos en la toma de decisiones territoriales llevadas a cabo en la provincia y el país, crear las instancias y espacios de encuentro necesarios a la luz de aquellas experiencias, pero con foco en los propósitos actuales, y asegurar la participación de todos los sectores, en especial de los habitantes de territorios en discusión. Estos actores debieran ser los primeros convocados y los primeros invitados. Como expresara J. Farinós Dasí (2000 *apud* Cirio, 2014) sólo “una activa participación social e institucional para el proceso de construcción de un proyecto de desarrollo territorial jerarquizando la valoración integrada del territorio, desde una perspectiva de optimización de sus aptitudes para el desarrollo de

las actividades humanas con minimización de impactos ambientales y sociales”, permitirá abordar la creciente deuda ambiental que los espacios territoriales de Córdoba tienen con su sociedad y las generaciones por venir.

En cualquiera de los escenarios planteados, existe también un fuerte desafío para las fuerzas sociales de los territorios rurales, en particular aquellas en condiciones de vulnerabilidad y riesgos de sobrevivencia: profundizar su organización, y desarrollar las estrategias de visibilización que les permita constituirse en “actores” con decisión protagónica y capacidad para requerir su inclusión en el proceso permanente que supone la aplicación de un plan estratégico (donde se incluya el ordenamiento territorial) como herramienta de la política pública.

En consecuencia, reconocida la diversidad de actores sociales, sus desigualdades en términos de vulnerabilidad económica y los efectos ambientales y sociales de los modelos productivos que se han implementado desde hace 40 años, cualquier propuesta de ordenamiento territorial debe asumirse como un proceso social que se construye de forma participativa y democrática, que integre y abarque todas las dimensiones presentes en el territorio (rural-urbano; social; ambiental y productivo) y que asume la complejidad de las tramas de relaciones en el territorio y la diversidad socio-productiva y cultural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abramovay, R. (1998). Paradigmas do capitalismo agrário em questão. (2ª ed.). Campinas: Hucitec / Ed. Unicamp.
- Apollin, F. y Eberhart, C. (1999). Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural. Guía metodológica - CAMAREN (pp. 237). Quito, Ecuador.
- Balsa, J. (2008). *Transformaciones en la agricultura pampeana en las últimas décadas y su relación con el conflicto agrario*. En Actas de las X Jornadas de Investigación del Centro de Investi-
- gaciones Geográficas y del Departamento de Geografía. UNLP La Plata, Argentina.
- Becerra, V., Issaly, L., Bergamin, G., Ryan, S. y Ricotto, A. (2007). Asistencia técnica para la formulación de la estrategia de Desarrollo Rural de la provincia de Córdoba. Recuperado de: <http://www.proinder.gov.ar/Productos/Documentos-Provinciales/Default.aspx>
- Becerra, V.; Issaly, L.; Ricotto, A.; Bergamin, G., y Ryan, S. (2011). Agricultura Familiar: Vulnerabilidad económica en la provincia de Córdoba (Argentina). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8 (67), 121-150.
- Bisang, R. (2011). Agro y recursos naturales en la Argentina: ¿enfermedad maldita o desafío a la inteligencia colectiva? *Boletín Informativo Techint* 336, 63-83. Recuperado de <http://iosapp.boletintechint.com/Utils/DocumentPDF.ashx?Codigo=d2c787af-8c4e-4f24-ac79-ccba5df3f523yldType=2>.
- Boisier, S. (2005). ¿Hay espacio para el desarrollo local en la globalización? *Revista de la CEPAL*, 86, 47-62.
- Boisier, S. (2001). Desarrollo local: ¿De qué estamos hablando? En Madoery, O. y Vázquez A. (eds.). *Transformaciones globales, instituciones y políticas de desarrollo local*. Rosario, Argentina. Homo Sapiens, 1-22.
- Bragachini, M. (2013). Rol de la Agricultura y Ganadería de Precisión en el desarrollo del sector agroalimentario y agroindustrial argentino. *Curso Internacional de Agricultura de Precisión. Manfredi, Argentina*. Recuperado de <http://inta.gob.ar/documentos/rol-de-la-agricultura-y-ganaderia-de-precision-en-el-desarrollo-del-sector-agroalimentario-y-agroindustrial-argentino>.
- Cáceres D., Silvetti F., Ferrer G., Soto G. y Bisio, C. (2009). *Agriculturización y Estrategias Campesinas en el Norte de la Provincia de Córdoba*. En Actas de las VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales. UBA, Buenos Aires.
- Cáceres, D., Soto, G., Ferrer, G., Silvetti, F. y Bisio, C. (2010). La expansión de la agricultura industrial en Argentina Central. Su impacto en las estrategias campesinas. *Cuadernos de Desarrollo rural*, 7 (64), 91-119.
- Caviglia, O. (2011). *Intensificación agrícola: un enfoque a nivel de sistema para mejorar la efi-*

- ciencia en el uso de recursos y nutrientes y la sustentabilidad ambiental*. En Simposio de fertilidad 2011. Paraná, Argentina, 35-42.
- Cirio, W. (2014). Planificación territorial y acumulación capitalista. Vínculos entre modelos de acumulación y políticas de planificación del territorio argentino (1955-2014). *Realidad Económica* 286, 93-121.
- Cisneros, J., Degioanni, A., González, J., Cholaky, C., Cantero, J., Cantero G., A. y Tassile, J. (2015). *Degradación de suelos en la provincia de Córdoba*. En: Casas, R. R. y Albarracín, G. L. (Ed.) El deterioro del suelo y el ambiente en Argentina. PROSA-FECIC. Tomo II.
- Cisneros, J. de Prada, J., Degioanni, A., Cantero, A., Gil, H., Reynero, M., et al. (2005). Potencial de escurrimiento de cuencas agrícolas en relación a los cambios de uso entre 1986 y 1999. En *Actas del XX Congreso Nacional del agua. Tercer simposio de recursos hídricos del Cono Sur*. Mendoza.
- Cisneros, J. de Prada, J., Degioanni, A., Cantero, A., Gil, H., Reynero, M., et al. (2004). Erosión hídrica y cambio de uso de los suelos en Córdoba. Evaluación mediante el modelo Rusle 2. *Actas del XIX Congreso Argentino de la Ciencia del suelo*. Paraná, Argentina 22-25.
- Cloquell, S., Albanesi, R., De Nicola, M., Preda, G., y Propersi, P. (2005). Agricultura y agricultores: la consolidación de un nuevo modelo productivo. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. UNR, 5 (8), 29-40.
- Cloquell, S., Albanesi, R., De Nicola, M., González, C., Preda, G. y Propersi, P. (2003). Las unidades familiares del área agrícola del sur de Santa Fe en la década del noventa. *Revista Interdisciplinaria de Estudios Agrarios*, 19, 5-40.
- Costantino, A. (2009). Desarrollo territorial rural y desarrollo local rural. Alternativas teóricas para el estudio del desarrollo rural. En *Actas de las VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. UBA, Buenos Aires.
- Dirección General de Estadísticas y Censos de Córdoba (2008). Recuperado de: <http://estadistica.cba.gov.ar/Inicio/Censos/CensoNacionalAgropecuario2008/tabid/393/language/es-AR/Default.aspx>.
- Dirección General de Estadísticas y Censos, Censo Provincial de Población (2008), en: <http://estadistica.cba.gov.ar/Poblaci%C3%B3n/Censo2008/tabid/462/language/es-AR/Default.aspx>.
- Dirección General de Estadísticas y Censos. (2015). Documentos Estadísticos 2014. Gobierno de la provincia de Córdoba.
- Dufumier, M. (1996). *Les projets de développement agricole: Manuel d'expertise*. París: CTA-Karthala.
- FAO (1991), Sustainable development and management of land and water resources, en *Conference on Agriculture and the Environment* (S-Hertogenbosch, The Netherlands) Rome.
- Forján, H. (2007). La Siembra Directa como sistema de producción. *Infoandina*. Recuperado de <http://infoandina.mtnforum.org/fr/content/la-siembra-directa-como-sistema-de-producci%C3%B3n>
- Forján, H. y Manso, L. (2012). Cambios en el sistema de producción regional. Recuperado de http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_cambios_en_el_sistemade_produccion_regio.pdf.
- Fornés Comas, J. y Bustos Cara, R. (2009). Contratos territoriales experiencias europeas y posibles aplicaciones en áreas marginales degradadas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. En *Actas de las VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. UBA, Buenos Aires.
- Freeman III A., Herriges, J. & Kling, C. (1993). *The measurement of environmental and resource value: theory and method* - Resources for the future, Washington DC.
- García, A. y Roffman, A. (2009). Agrobusiness y fragmentación en el agro argentino: desde la marginación hacia una propuesta alternativa. *Mundo Agrario*, 10 (19). Pp 24 Recuperado de <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/v10n19a11/626>
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R. y Black, W. (1999). *Análisis multivariante* (5ª ed.). Madrid: Prentice Hall.
- Lattuada, M. y Nogueira, M. E. (2012). Capacidades estatales y políticas públicas. Una propuesta para el abordaje de las políticas agro-

- pecuarias en la Argentina contemporánea (1991-2011). *Estudios Rurales*; 1 (1), 30-54.
- Lattuada, M. (2000). El crecimiento económico y el desarrollo sustentable en los pequeños y medianos productores agropecuarios argentinos a fines del siglo XX. Conicet, Flacso, UNR. Manuscrito no publicado.
- Giarracca, N., y Teubal, M. (2006). *Democracia y neoliberalismo en el campo Argentino. Una convivencia difícil*. En Grammont, H. (Ed.). La Construcción de la Democracia en el Campo Latinoamericano. (1ª ed.). Buenos Aires: CLACSO.
- Gras, C. (2011). Pluriactividad en el campo argentino: el caso de los productores del sur santafecino. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (51), 91-114.
- Gras, C., y Hernández, V. (2009). *La Argentina rural: de la agricultura familiar a los agronegocios*. Buenos Aires: Biblos.
- Grinberg, E. (2009). El monocultivo de soja transgénica en Argentina y sus impactos ambientales. Una aproximación desde la Teoría Social del Riesgo. En *Actas de las VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. UBA, Buenos Aires.
- Instituto de Investigaciones Económicas (IIE). (2009). El balance de la economía argentina. Herramientas para la Elaboración de un Plan Bicentenario. Recuperado de <http://www.bolsacba.com.ar/investigaciones/balance-de-la-economia/2009>
- Jarsun, B., Gorgas, J., Zamora, E., Bosnero, E., Lovero, E., Ravelo, A. et al. (2003). *Recursos Naturales de La Provincia de Córdoba: Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1: 500.000*. Córdoba, Argentina. Agencia Córdoba DACyT. SEM-INTA.
- Kirsch, H. M. (2009). Os agricultores e o uso dos recursos naturais no oeste do estado de Mato Grosso – Brasil. En *Actas de las VI Jornadas Interdisciplinarias de Estudios Agrarios y Agroindustriales*. UBA, Buenos Aires.
- Manzanal, M. (2006). *Regiones, Territorios e Institucionalidad del Desarrollo Rural*. En Manzanal, M., Neiman, G., y Lattuada, M. (eds.) (2006). *Desarrollo Rural. Organizaciones, Instituciones y Territorio*. (pp. 21-50). Buenos Aires: CICCUS.
- Martínez Alier J. (2004). *El Ecologismo de los Pobres. Conflictos Ambientales y Lenguajes de Valoración*. Madrid: Icaria Editorial.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentos de Córdoba (2003). Recuperado de <http://magya.cba.gov.ar/Umsiia.aspx#anterior>.
- Ministerio de Economía de la Nación, MECON. (2014). Necesidades Básicas Insatisfechas (MBI). Recuperado el 29 de marzo de 2016 de: <http://www2.mecon.gov.ar/hacienda/dinrep/Informes/archivos/NBIAmpliado.pdf>.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, (2015) Recuperado 31 de marzo de 2016 de <http://www.minagri.gob.ar/site/ganaderia>.
- Murmis, M. y Feldman, S. (2006). *Pluriactividad y pueblos rurales: examen de un pueblo pampeano*. En Neiman, G. y Craviotti, C. (eds.). *Entre el campo y la ciudad. Desafíos y estrategias de la pluriactividad en el agro*. (pp. 15-49). Buenos Aires: CICCUS.
- Murphy, A. (2012). *Reseñas bibliográficas. El mundo chacarero en tiempos de cambio. Herencia, territorio e identidad en los pueblos sojeros*. Carla Gras y Karina Bidaseca (eds.) PAMPA, 1(8), 255-256. Recuperado el 29 de febrero de 2016 de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/ojs/index.php/PAMPA/article/view/3224/4788>
- Neiman, M. (2010). La agricultura familiar en la región pampeana argentina: La utilización de los factores de producción y su relación con nuevas dinámicas familiares. *Mundo agrario*, 11 (21), 1-23.
- Neiman, G. y Craviotti, C. (2005). *Entre el campo y la ciudad: Desafíos y estrategias de la pluriactividad en el agro*. Buenos Aires: CICCUS.
- Obschatko, E. (2009). Las explotaciones agropecuarias familiares en la República Argentina: un análisis a partir de los datos del Censo Nacional Agropecuario 2002. (1ª ed.). Buenos Aires: MAGyP-IICA.
- Obschatko, E., Foti, M. y Román M. (2007). Los pequeños productores agropecuarios en la República Argentina. Importancia en la producción agropecuaria y en el empleo en base al Censo Nacional Agropecuario 2002, Buenos Aires: PROINDER.
- Pengue, W. (2004). *La ingeniería genética y la intensificación de la agricultura argentina: al-*

- gunos comentarios críticos*. En Bárcena A., Katz J., Morales, C. y Schaper, M. (eds.). Los Transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto. (pp. 167-190). Santiago, Chile: CEPAL.
- Peretti, M., Issaly, L., Ghida Daza, C., Pizarro, L., Freire, V., Salminis, J. *et al.* (1994). Monitoreo económico de los sistemas productivos predominantes del sector agropecuario de Córdoba. Río Cuarto, Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto, *Serie Economía Agraria*.
- Peretti, M. (1987). Análisis de la evolución, situación actual y problemática del sector agropecuario del Centro Regional Córdoba. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Posada, M. (2010). Escenarios y desafíos futuros de los Mercados Agroalimentarios. Presentación. Recuperado el 15 de marzo de 2016 de: http://www.minagri.gob.ar/site/areas/escuelas_agrotecnicas/02_Jornadas/02_Jornadas%20PEA%20y%20Escuelas%20Agrot%C3%A9nicas%202010/index.php
- Ringuelet, R. (2008). La complejidad de un campo social periurbano centrado en la zonas rurales de La Plata. *Mundo agrario*, 9 (17). Recuperado el 17 de marzo de 2016 de <http://www.mundoa-grario.unlp.edu.ar/article/view/v09n17a07/911>
- Schneider, S. (2004). A abordagem territorial do desenvolvimento rural e suas articulações externas. *Sociologías*, 6 (11), 88-125.
- Schejtman, A. y Berdegue, J. (2003). Desarrollo territorial rural. *Santiago, Chile: RIMISP*.
- Segrelles Serrano, J. (2005). El problema de los cultivos transgénicos en América latina: una "nueva" revolución verde. *Entorno Geográfico*, 3, 93-120.
- Segrelles Serrano, J. (2008). El libre comercio agroalimentario y el modelo agroexportador: una alianza contra el campesinado. *Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, XII, (270). Recuperado el 15 de marzo de 2016 de <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-270/sn-270-72.htm>
- Soverna, S., Tsakoumagkos, P. y Paz, R. (2008). *Revisando la definición de agricultura familiar*. Buenos Aires: PROINDER.
- Svampa, M. (2005). *La sociedad excluyente: la Argentina bajo el signo del neoliberalismo*. Buenos Aires: Taurus.
- Teubal, M. (2001). *Globalización y nueva ruralidad en América Latina*. En Giarracca, N. (ed.) ¿Una nueva ruralidad en América Latina? (pp. 45-65). Buenos Aires, CLACSO.
- Veiga, J. (2004). Destinos da ruralidade no processo de globalização. *Estudos Avançados*, 18 (51), 51-67.

8. AGRO-HIDROLOGÍA DE LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS MENORES DEL SUR PROVINCIAL

José Manuel Cisneros, Jorge Gustavo González, Américo José Degioanni,
Alejandro Díez, José Alberto Corigliano, Alberto Cantero Gutiérrez

RESUMEN

La degradación de los recursos naturales como consecuencia del cambio en el modelo productivo agropecuario es un tema central en la agenda provincial, en especial en regiones con alta fragilidad ecológica. Una de las herramientas para el logro del Desarrollo Sustentable de una región es el Ordenamiento Territorial, enmarcado bajo el criterio de cuencas hídricas. La cuenca de los Arroyos Menores (Santa Catalina, del Gato y Ají) bajo estudio, abarca una superficie de 760.000 ha, donde predominan agroecosistemas que muestran procesos de erosión hídrica y eólica, desestabilización hidrológica, daños en la infraestructura de caminos y anegamiento y salinización de sus tierras.

Este capítulo realiza contribuciones para la elaboración y selección de planes de ordenamiento territorial, con sesgo en su dimensión ambiental, tales como: soporte y equilibrio de la producción primaria, mantenimiento de la calidad de suelos y aguas y diversidad biológica.

La metodología general abarca un diagnóstico de la situación actual (ACT), una prognosis considerando una intensificación del uso del suelo (INT), y una propuesta de ordenamiento que involucra la adopción de prácticas de manejo a escala de predio y de cuenca (ORD). Cada una de estas tres condiciones es evaluada utilizando modelos de simulación hidrológica y de erosión de suelos en base a tres criterios ambientales: caudal pico, erosión de los campos y producción de sedimentos. El caudal pico es una medida de la pérdida de agua global de la cuenca y del potencial erosivo de la escorrentía. La erosión se discriminó en erosión de campos, en cárcavas y en cursos permanentes y permite evaluar la pérdida de capacidad productiva y el grado de conectividad de cuencas altas y bajas, y la producción de sedimentos es un indicador del posible daño a la infraestructura de regulación y al transporte de contaminantes.

Para el indicador erosión, los resultados del estado actual muestran que, para el Arroyo Santa Catalina, el 65% de la superficie de la cuenca presenta una erosión superior a 2 t/ha, valor considerado por algunos investigadores como una condición no sustentable. Por su parte, la situación del arroyo del Gato y el arroyo Ají, exhibe un 55 y 35 %, respectivamente.

En cuanto al estado de los ríos, el 59 % de su longitud muestra un estado geomórfico pobre, es decir con problemas de estabilidad de sus márgenes y fondo, constituyendo una de las principales fuentes de aporte de sedimentos a los cursos de agua.

Se concluye que el grado de degradación de las tierras de la cuenca de los Arroyos Menores está entre 65 y 95 % del máximo grado posible de alcanzar, si se continúa intensificando el uso del suelo, hacia el monocultivo de soja. Por otra parte, la implementación de acciones de conservación de suelos y ordenamiento hidrológico, junto con una diversificación en el uso del suelo, permitirían revertir el estado actual en una proporción de entre el 40 y el 95 %, según el indicador que se considere.

Finalmente, se destaca la necesidad de profundizar en el desarrollo de las alternativas de ordenamiento propuestas, y de otras que pudieran generarse, dentro de un procedimiento participativo y utilizando otros criterios ambientales, sociales y económicos, además de los aquí expuestos.

INTRODUCCIÓN

Problemas ambientales y desafíos del ordenamiento

Las formas en que la sociedad utiliza el territorio para obtener de él bienes y servicios es la resultante de un proceso histórico, que resulta de complejas relaciones económicas, político-institucionales, tecnológicas y culturales, en un determinado contexto ambiental para la producción, entre otras.

La región en estudio se encuentra ubicada en el sudoeste de la provincia de Córdoba y presenta una elevada variabilidad ambiental, especialmente en cuanto a su geomorfología, suelos, clima y procesos de degradación de las tierras. Incluye desde ecosistemas seminaturales en sierras y depresiones, hasta agroecosistemas en diferentes tipos de planicies (fuerte a suavemente onduladas), todos bajo una fuerte presión de uso de los suelos.

En este sentido, los principales cambios en el uso del suelo en la región fueron:

- a. La expansión de la superficie agrícola, tanto sea por la incorporación de superficies no agrícolas, o por el reemplazo de sistemas mixtos por otros agrícolas. Para la provincia de Córdoba este cambio significó alrededor de 5 millones de hectáreas incorporadas a la agricultura.
- b. Predominio de la soja en la secuencia de cultivos, con relación al resto de los rubros agrícolas. Las relaciones soja-maíz en la actualidad son del orden de 4:1, pudiendo llegar hasta 15:1 en algunos departamentos del territorio provincial.
- c. Cambio en los sistemas de labranza, hacia el sistema de siembra directa, en prácticamente toda la superficie agrícola.
- d. Migración del cultivo de maní hacia los departamentos del sur provincial (Río Cuarto y General Roca, principalmente), sobre tierras de alta fragilidad ecológica.

- e. Incremento de las precipitaciones, con ciclos muy húmedos como el que desencadenó uno de los fenómenos de inundaciones más severos de los últimos años (1997-2001), que promovió el corrimiento de la frontera agrícola hacia el Oeste de Córdoba, San Luis y La Pampa, y produjo un incremento de la productividad natural de los suelos por elevación de la capa freática.

Para la región bajo estudio, los principales factores económicos que guían las decisiones de uso del territorio son las relaciones de precios y costos, la escala de producción, la presencia de productores-contratistas, el posicionamiento frente al riesgo, la presencia de centros de acopio y procesamiento, entre otros. De los principales factores político-institucionales cabe mencionar a las políticas de retenciones a las exportaciones, el desarrollo de infraestructuras de transporte, la aplicación o no de leyes vinculadas al uso del suelo y la mayor o menor consolidación de instituciones de gestión y apoyo para el uso adecuado del territorio, entre otros. El desarrollo tecnológico contribuyó decisivamente al cambio de uso operado en los últimos 20 años, en particular a partir de la adopción del paquete tecnológico "soja RG (resistente al herbicida Glifosato) y siembra directa", que produjo una simplificación del sistema de producción agrícola, basado en el cultivo de soja.

Estos cambios en el uso de los suelos significaron un corrimiento de las fronteras agrícolas, entendido como la ocupación de territorios sensibles o vulnerables a la degradación, tanto física como química y biológica de los suelos, y a ambos tipos de erosión (hídrica y eólica). Los dos procesos: degradación y erosión, se realimentan mutuamente de no implementarse acciones que permitan revertir dicha tendencia. Estas medidas de uso y manejo, necesarias de aplicar en toda política de ordenamiento del territorio, requieren la consideración de criterios ambientales en el manejo de la empresa, tanto en el corto, como en el largo plazo.

En una evaluación reciente (Cisneros *et al.*, 2015), se han estimado las áreas con algún grado de erosión en la provincia y su posible evolución en los últimos 20 años, teniendo en cuenta que las áreas consideradas susceptibles en 1996, han pasado a alguna de las categorías con erosión actual (Tabla 1).

Las estimaciones muestran un aumento importante en las áreas más susceptibles, del orden de 900.000 y 700.000 hectáreas para erosión hídrica y eólica grave, respectivamente.

Las técnicas de ordenamiento agro-hidrológico para control de la erosión hídrica y de manejo de la “voladura” de suelos son conocidas y están ampliamente documentadas en la literatura. El término agro-hidrológico hace referencia a un abordaje integrado del ordenamiento que articula acciones de índole agronómica a escala predial y parcelario que tienden a conservar y aprovechar el agua de lluvia (por ejemplo: rotaciones, manejos agronómicos de la infiltración, forestación, etc.), con otras apoyadas en principios ingenieriles que permiten una conducción controlada del agua y control de erosión en áreas críticas (por ejemplo canalizaciones, embalses, bioingeniería de suelos, etc.). Varias de estas técnicas se aplican desde las décadas de 1970 y 1980 en diferentes regiones de Córdoba y han mostrado su efectividad. Uno de los casos es el de los cultivos en contorno, terrazas y cultivos en franjas, control de cárcavas, reguladores de escorrentía, entre otras; aunque

en la provincia se aplican en una superficie mucho menor a la que ocupan los suelos susceptibles a la erosión y en un número limitado de cuencas hídricas. Otras provincias y estados vecinos han tenido políticas más agresivas de adopción, como el caso de la provincia de Entre Ríos, las zonas agrícolas de Uruguay o del sur de Brasil.

Estos desajustes que se producen entre la necesidad de producción de bienes y servicios para la sociedad y el mantenimiento de las capacidades de la naturaleza para proveerlos, es lo que determina la necesidad del Ordenamiento u Ordenación Territorial (OT), Planificación de tierras (*Land Planning* en lengua inglesa). El término soporta diversas definiciones, desde la que postula al Ordenamiento Territorial como “la búsqueda de la disposición correcta de los asentamientos humanos, las infraestructuras de las actividades económicas, sociales y culturales; y de las funciones básicas de los ecosistemas, en el espacio geográfico “territorio”, considerando los criterios que mejor orientan el interés colectivo de la sociedad” (Pereyra *et al.*, 2013). Gómez Orea (2007) define al Ordenamiento Territorial como la “Función de la Administración Pública, de carácter integral, orientada a conseguir el Desarrollo Sustentable de la Sociedad mediante la previsión de sistemas territoriales armónicos, funcionales y equilibrados capaces de proporcionar a la Población una calidad de vida satisfactoria”. Este capítulo aporta elementos para la elaboración

Tabla 1: Estimación de la erosión hídrica y eólica actual en la provincia de Córdoba (Cisneros *et al.*, 2015).

Tipo y grado de erosión actual		Superficie estimada (ha)		Cambio (%) ¹
		2014	1996	
Erosión hídrica	Leve	206.971	885.000	-76
	Moderada	1.729.417	731.000	137
	Alta	1.243.612	357.400	248
	<i>Total</i>	3.170.000	1.973.400	61
Erosión eólica	Leve	1.554.000	2.094.600	-25
	Moderada	1.500.000	1.560.700	-4
	Alta	1.710.000	974.300	75
	<i>Total</i>	4.764.000	4.629.600	3

¹ Los porcentajes toman como base el dato de Marelli (1996).

y selección de planes de ordenamiento territorial, con sesgo en su dimensión ambiental: soporte y equilibrio de la producción primaria, mantenimiento de la calidad de suelos y aguas, y diversidad biológica.

La finalidad de este capítulo es aportar conocimientos actualizados a la Administración Pública para lograr tal previsión en el sistema territorial denominado Cuenca de los Arroyos Menores, que cumpla al menos el rol de funcional y equilibrado desde el punto de vista de la utilización de sus recursos suelo y agua.

Visiones del ordenamiento territorial aplicado a cuencas hídricas

Las diferentes disciplinas científicas y los actores sociales definen el ordenamiento desde su propia perspectiva, intereses y campos de conocimiento, siendo tarea del Estado armonizar las diferentes visiones para lograr ideas y proyectos consensuados con viabilidad política. Así, los economistas consideran el ordenamiento desde la localización de inversiones, los urbanistas desde la clasificación urbanística del suelo, los agrónomos desde la mejora de la producción primaria y la conservación del suelo, los productores rurales desde la obtención de los máximos beneficios económicos, los conservacionistas desde la gestión racional de recursos naturales, los sociólogos desde la mejora en las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca, los ingenieros hidráulicos desde el aprovechamiento y control de los recursos hídricos (Dourojeanni, 1991; Gómez Orea, 2002; Maguna y Montico, 2013).

Alcances del estudio, métodos y aportes esperados

Aquí se recopila, sintetiza y aporta nueva información sobre la estructura territorial y el funcionamiento de algunas variables ambientales indicadoras del estado actual de la cuenca. Mediante esa información, y con el uso de modelos de simulación de procesos de erosión

y de hidrología superficial, se pretende dar una visión prospectiva del comportamiento de la región para diferentes escenarios de ordenamiento: i) escenario tendencial, siguiendo la directriz actual, y ii) escenario ordenado, aplicando algunas alternativas de ordenamiento agro-hidrológico y de uso del suelo.

Los escenarios actual, tendencial y ordenado fueron evaluados mediante metodologías multicriterio discretas (MMCD). Estos métodos permiten establecer un orden preliminar de tales alternativas en función de diferentes criterios de valoración (p. ej. cuánta erosión le causa al sistema cada una de esas alternativas, cuál es el costo de cada estrategia de ordenamiento, cuánto pierde o gana un productor en cada una de ellas, entre otros). A su vez, cada criterio es ponderado en su importancia relativa, según diferentes puntos de vista (p. ej. qué importancia le otorga a la erosión un productor rural, una organización ambientalista, un funcionario gubernamental, etc.).

En síntesis, las MMCD permiten visualizar los conflictos de intereses entre decisores, ayudar a encontrar soluciones de compromiso y viabilizar planes y estrategias de ordenamiento del territorio. Las mismas se desarrollan en un entorno participativo y permiten expresar las diferentes visiones del desarrollo futuro por parte de los participantes.

Se espera que los resultados sirvan como una base de discusión para la toma de decisiones sobre las mejores estrategias de intervención, pensadas con un horizonte de largo plazo, sobre una visión idealizada del comportamiento del territorio, y siguiendo los principios de armonía, funcionalidad y equilibrio.

LA CUENCA DE LOS ARROYOS MENORES

Características generales

Los denominados Arroyos Menores del Sur de Córdoba conforman una serie de cuencas hídricas ubicadas entre los ríos Cho-

cancarava (o Cuarto) y Popopis (o Quinto). Las cuencas que lo conforman son, de Norte a Sur, Arroyo Santa Catalina, del Gato y el Ají, ocupando una superficie total de 675.000 hectáreas (Figura 1). La descripción y análisis realizado en este capítulo corresponden a las cuencas altas y medias de los arroyos, exceptuando las áreas de derrame antiguas y actuales, considerando que el comportamiento en ellas depende en buena medida del ordenamiento de las áreas de nacientes, tanto en lo referido a la producción de caudales líquidos (escorrentías), sólidos (sedimentos) y de los elementos solubles de las aguas (sales y contaminantes).

La cuenca de los Arroyos Menores puede dividirse en las siguientes unidades de ambientes (Figuras 2 y 3):

a. **Sierras:** ocupan 23.269 ha (3,4% de la superficie de la región) y se ubican en el sector oeste de la región, se extienden desde

los 2100 hasta los 700 m.s.n.m. Presentan un relieve fuertemente ondulado a escarpado, predominando dentro de ellas, y en una escala más detallada, subunidades de pampas de altura, laderas escarpadas, valles y gargantas.

b. **Piedemonte:** Su superficie es de 14.920 ha (2,2% de la superficie de la región) y abarca una estrecha franja paralela a las sierras. El relieve es fuertemente ondulado y representa la frontera del avance agrícola de la región. Está compuesta de subunidades de laderas, valles y abanicos aluviales de las cuencas antes mencionadas.

c. **Llanuras onduladas:** Con 226.947 ha (33,2% de la superficie de la región) son los ambientes más frágiles desde el punto de vista erosivo, por su relieve de fuertes pendientes y la presencia de un uso intensivo creciente de las tierras. Está compuesta por subunidades de lomas planas, laderas y ba-

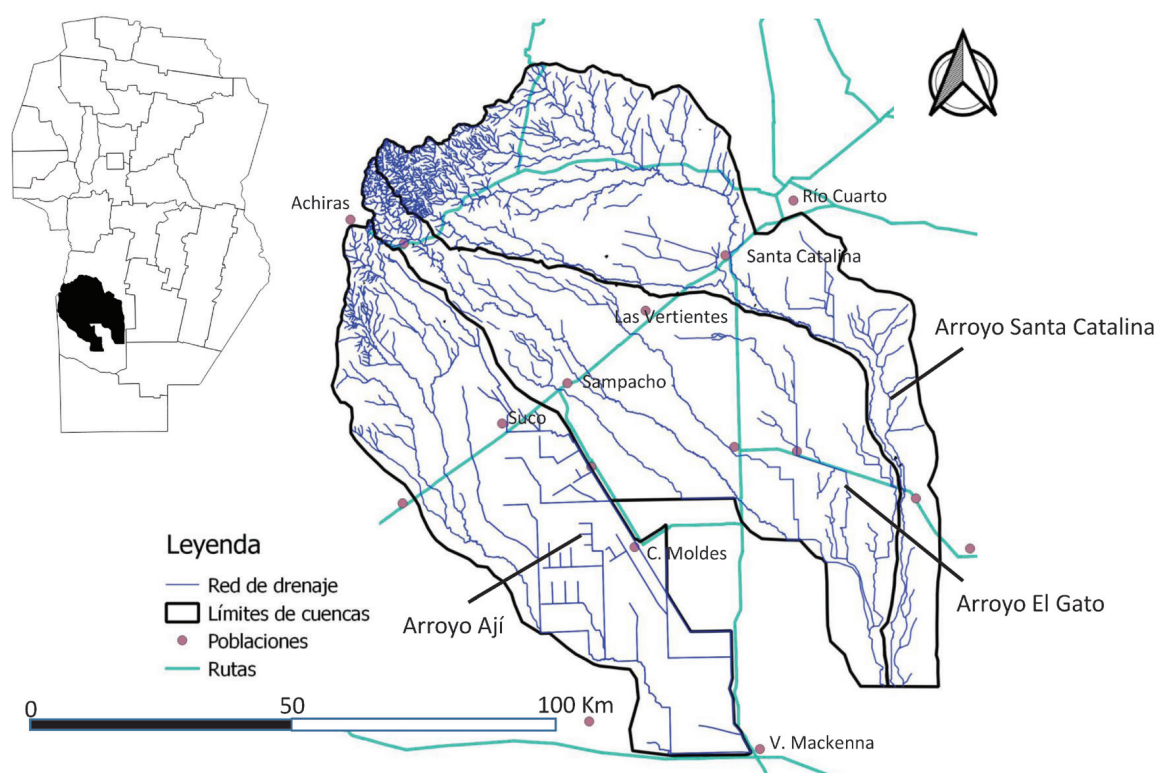


Figura 1: Ubicación relativa de los Arroyos Menores en la provincia de Córdoba.

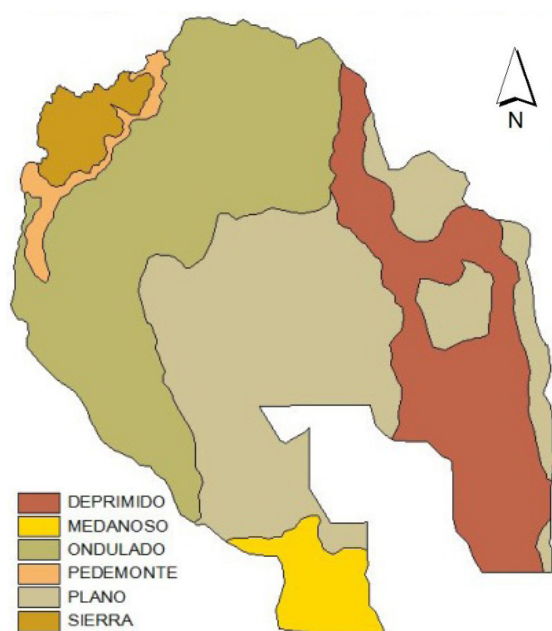


Figura 2: Ambientes naturales de la cuenca de los Arroyos Menores del Sur de Córdoba (Cisneros, 2010).

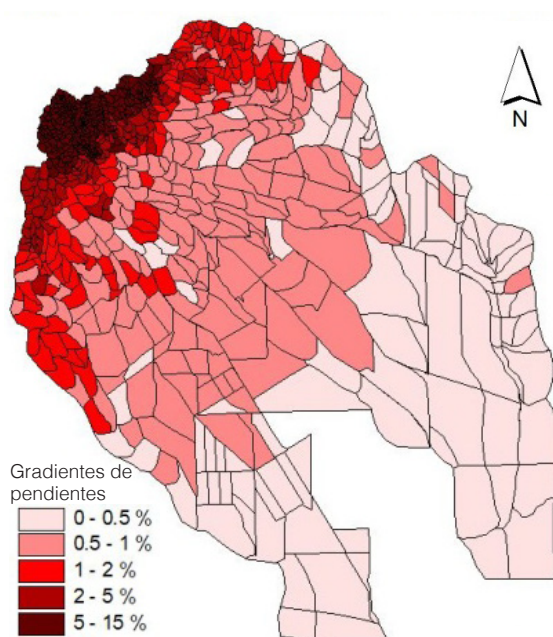


Figura 3: Mapa de pendientes de la cuenca de los Arroyos Menores del Sur de Córdoba (valores promedio por subcuenca), Cisneros (2010).

jos, predominando las dos primeras en la distribución de tierras.

d. **Llanuras planas bien drenadas:** Ocupan la mayor parte de la región de estudio (239.198 ha, 35,0% en la región central). Hay poca diferenciación entre lomas y bajos por la baja pendiente, y aunque presentan una tasa de erosión menor, las cuencas son de grandes dimensiones, frecuentemente conectadas o alteradas por la red caminera, y de pendientes muy largas.

e. **Planicies mal drenadas:** Se concentran en las áreas deprimidas (148.264 ha, 21,7% de la superficie de la región), próximas a la desembocadura de los cursos principales. Se caracterizan por su baja pendiente, bajas tasas de erosión, aunque pueden tener altas tasas de escorrentía debido a la presencia de napas freáticas elevadas.

f. **Planicies medanosas:** Ocupan una porción menor en el extremo de la cuenca del arroyo Ají (30.513 ha, 4,5% de la superficie de la región), caracterizada por su baja pendiente, suelos muy permeables con bajo potencial

de escurrimiento. No obstante, sufren recurrentes períodos de inundación y elevación de napas freáticas en Vicuña Mackenna.

La vegetación natural de la cuenca, en el sector de llanuras en áreas marginales sin aptitud agrícola como médanos, bordes de arroyos, bordes de caminos y rutas, está bien representada en el ambiente de las sierras, y pertenece a la formación del bosque serrano, romerillo y pastizal serrano, con variado grado de degradación por fuego, sobrepastoreo y explotación para leña (Cantero *et al.*, 2003).

Actualmente, el uso de la tierra es agrícola-ganadero en las planicies y ganadero extensivo en las sierras, los procesos de degradación predominantes son la erosión hídrica laminar, en surcos y en grandes cárcavas, la erosión de cursos permanentes, la descarga de sedimentos hacia las cuencas bajas, y la destrucción sistemática de la infraestructura de caminos, en especial los de tierra. La tendencia del uso del suelo en los últimos años ha sido hacia la agriculturización, al igual que

en el resto de la región (Cisneros *et al.*, 2007; de Prada y Penna, 2007).

Las cuencas de los arroyos Santa Catalina y del Gato se unen temporalmente en la represa del Tigre Muerto, obra de retención y regulación inaugurada en 2004, la cual es tomada como punto de cierre de estos dos sistemas hídricos. La cuenca del Arroyo Ají fue delimitada en la localidad de Vicuña Mackenna, la segunda población en importancia de la zona de derrame de los arroyos, la cual se ve sometida a constantes períodos de inundación y anegamiento (Cisneros *et al.*, 2008). Se delimitaron las cuencas hasta 5° o 6° orden, según corresponda, y de acuerdo a la capacidad de discriminación disponible en las imágenes obtenidas de Google Earth®.

Estado general de los cursos de agua o ríos

La red de drenaje, ríos o afluentes, constituye el sistema circulatorio de una cuenca y su estado (o estado geomórfico) hace referencia a la condición de estabilización de las márgenes, la presencia y diversidad de la vegetación de la ribera y el grado de preservación ecológica del ecosistema. Investigadores australianos (Brierkley y Fryirs, 2007), han establecido una clasificación del estado de los ríos según su condición en: estado bueno o natural, estado moderado y estado pobre (degradado, Figura 4).

Esa clasificación se aplicó a la cuenca de los Arroyos Menores y los resultados se muestran en la Figura 5 y la Tabla 2.

Los resultados muestran que la mayor parte (59%) de los cursos están en una condición pobre. Ella implica, principalmente, falta de cobertura vegetal protectora de las márgenes, en especial arbustiva y arbórea, presencia de meandros con erosión activa y saltos o cascadas sobre material inestable, con avance retrocedente, con pastoreo frecuente e intenso. Este último aspecto es destacado, además, como una de las principales

causas de contaminación de las aguas (McDowell, 2006).

En una segunda categoría, se ubican los cursos en condición moderada (22%), con mayor proporción de vegetación en sus márgenes, menor número de meandros activos y sin cascadas en el lecho. Los cauces en condición buena, ocupan la menor proporción (19%) y son los que tienen un alto grado de estabilidad por estar sobre lecho rocoso, con abundante vegetación riparia y sin saltos activos en el lecho. En la Figura 5 se ubican las diferentes categorías de cursos para la zona de estudio.

La dinámica erosiva de los ríos de la cuenca fue muy intensa durante el siglo XX, en especial en la segunda mitad del mismo. Estimaciones efectuadas sobre la evolución de la red de drenaje entre 1905 y 1988 (Cisneros *et al.*, 2007), y basadas en el contraste de cartografía de las dos épocas, indican que la longitud de la red de drenaje a principio del siglo XX era alrededor del 5% de aquella cuantificada a finales del mismo. Con esta información se puede establecer que la mayor parte de la erosión en los cauces se produjo en los últimos 100 años, y que fundamenta la estimación efectuada. No obstante, la tasa actual de erosión podría ser más lenta, ya que los cauces han tenido un período de ajuste y es probable que estén más cerca de su equilibrio. Una mención especial merece el cauce bajo del arroyo Ají que tiene sólo 30 años, y el nuevo cauce del Arroyo Chaján, formado entre 2015 y 2016.

En la Tabla 3 se indica la erosión media de los cauces, estimada mediante la longitud actual y la sección erosionada, considerando que la mayor parte de ella se produjo en el último siglo.

Estos resultados robustecen la necesidad de concentrar esfuerzos en la reparación, remediación y conservación de los ecosistemas de riveras, dentro de un programa de Ordenamiento Territorial, con técnicas que se discuten en los apartados siguientes.



Arroyo Las Lajas, erosión de fondo y márgenes, condición pobre.



Arroyo Santa Catalina, salida cuenca La Colacha, condición moderada.



Arroyo La Barranquita, condición buena.



Arroyo el Ají, rotura de ruta Nacional N° 7, condición pobre.

Figura 4: Imágenes del estado de los cursos de agua en la cuenca de los Arroyos Menores.

Tabla 2: Condición de los ríos en las cuencas de los Arroyos Menores.

Subcuenca	Condición del río (km)		
	Pobre	Moderada	Buena
Santa Catalina	190,3	105,3	192,0
Del Gato	218,5	54,2	9,8
Ají	209,3	70,8	-
Total	618,1	230,3	201,8

Arroyo Santa Catalina

Cuencas y subcuencas

Ocupa una superficie de 230.000 ha, con cierre en la represa del Tigre Muerto, limitando al Norte con la cuenca del río Cuarto, y

al sur con la Cuenca Arroyo del Gato. Sus principales afluentes son los Arroyos La Colacha y Cipión, situados en la cuenca alta. La principal localidad de la cuenca es Holmberg (4000 habitantes), y también se localizan en ella otras menores (Rodeo Viejo, La Aguada y Cuatro Vientos). Atraviesa las rutas provinciales 30 y 23 y las Nacionales 8 y 35.

Está conformada por 9 subcuencas principales (Cisneros, 2010), cuyas características se indican en la Tabla 4, y su delimitación hidrológica en la Figura 6. Sólo las cuencas San Ambrosio, Punta del Agua y Tigre Muerto tienen régimen temporario de escorrentía (es decir, se genera sólo cuando hay lluvias), el resto presentan tanto regímenes temporarios como permanentes.

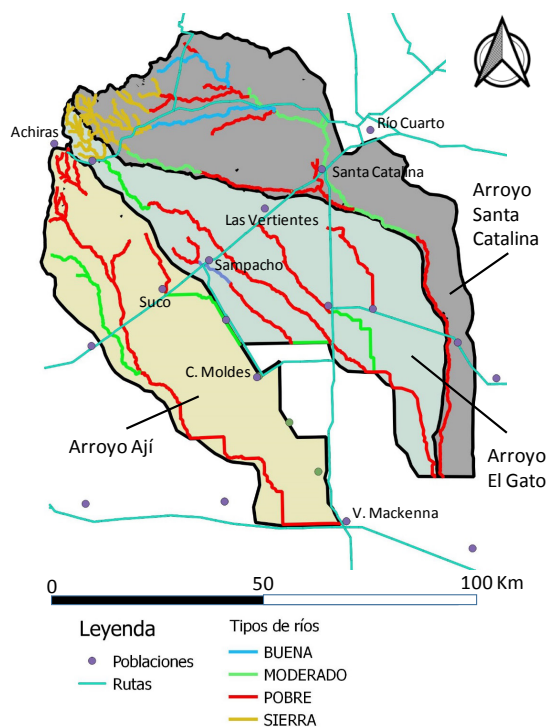


Figura 5: Estado de los ríos de la Cuenca de los Arroyos Menores (Córdoba).

Evaluación de la erosión hídrica actual

La erosión hídrica es el principal proceso de degradación ambiental de la cuenca, luego de la pérdida de biodiversidad que siguió al desmonte, prácticamente total, de la vegetación natural originaria, de la cual sólo quedan sectores del piedemonte y riveras del arroyo.

Existen 3 tipos principales de erosión hídrica en la cuenca:

a) erosión de los campos en pendiente (erosión de laderas), un tipo de erosión de forma laminar y en pequeños surcos que afecta a una amplia superficie de la cuenca, en especial aquellos sectores con pendientes fuertes (ver Figura 3);

Tabla 4: Subcuencas del Arroyo Santa Catalina.

Subcuencas Arroyo Santa Catalina	Superficie (ha)
Cuenca Arroyo La Colacha-Cipión	42.379
Cuenca Arroyo La Barranquita	18.949
Cuenca Arroyo Knutzen	13.229
Cuenca Arroyo Las Lajas	6.116
Cuenca Arroyo Chico	23.814
Cuenca Holmberg	18.807
Cuenca San Ambrosio	32.949
Cuenca Punta del Agua	19.525
Cuenca Tigre Muerto	31.383
Total	230.412

b) erosión en cárcavas, un tipo de erosión generada por acción del escurrimiento en movimiento, produce daños severos en campos y especialmente en caminos rurales, que quedan inutilizados o requieren gastos de mantenimiento permanentes para conservar su funcionalidad; y

c) erosión en cauces, proceso erosivo que afecta a los cauces permanentes y se refleja en erosión del fondo (aumenta la profundidad del cauce) y en los márgenes (aumento del ancho del río), con el consecuente aporte de sedimentos perdidos directamente a la corriente del arroyo, generando luego severos problemas por la sedimentación, en especial de los canales en cuenca baja y en la represa Tigre Muerto, receptora final de las aguas de este arroyo.

Se hicieron evaluaciones de los tres tipos de erosión en la cuenca, utilizando metodologías indirectas como el modelo de simulación RUSLE-2 (USDA, 2009) para erosión en laderas, y por estimación mediante análisis de imágenes para los otros dos tipos de erosión (en cárcavas y cauces). Información adicional

Tabla 3: Erosión media de cauces del área de estudio.

Subcuenca	Longitud de cauces (km)	Erosión media anual (t/año)	Erosión unitaria (t/km ² /año)
Santa Catalina	487,4	635.181	285
Del Gato	349,9	256.080	110
Aji	276,2	250.911	122

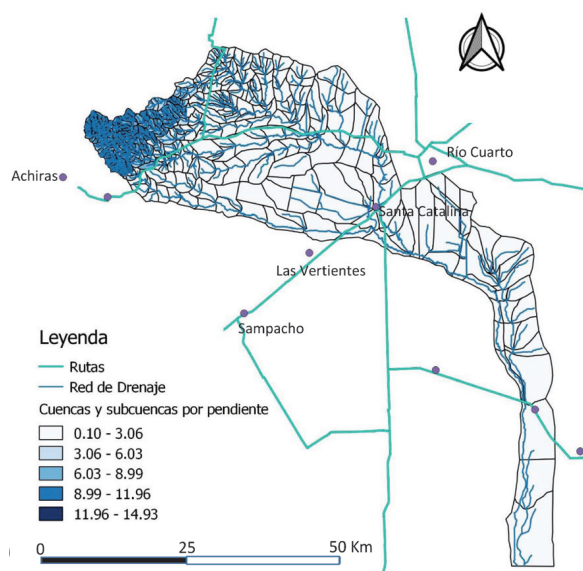


Figura 6: Cuencas y subcuencas del Arroyo Santa Catalina.

sobre la subcuenca La Colacha puede consultarse en Cisneros *et al.* (2011, 2013).

De acuerdo con sus características, en especial de topografía y densidad de la red de cauces colectores, las tasas de erosión en laderas son muy variables: desde más de 7 a menos de 1 t/ha/año de suelo perdido para las cuencas La Colacha y Tigre Muerto, respectivamente (Tabla 5). En cuanto a la erosión en cárcavas, los valores siguen una tendencia similar desde 3 t/ha/año, a tasas despreciables para las dos subcuencas mencionadas.

Del análisis de los datos surge que el 65% de la superficie de la cuenca presenta una erosión superior a 2 t/ha, considerada por algunos investigadores como una condición no sustentable. Este valor corresponde sólo a erosión en laderas, por lo que si se adiciona la erosión en cárcavas la proporción es aún mayor. Las implicancias sobre la sustentabilidad productiva y de infraestructura vial de la cuenca son muy importantes, ya que determinan la necesidad de implementar programas de ordenamiento del territorio que, entre otros objetivos, tiendan a reducir las tasas de erosión a nivel predial.

Hidrología superficial

La hidrología superficial estudia las principales relaciones entre la precipitación ocurrida y los fenómenos de infiltración (absorción por el suelo) y la escorrentía, o agua que se pierde por la superficie del suelo. En agronomía se utiliza el término precipitación efectiva como aquella proporción de la lluvia que es capturada por el suelo a través de la infiltración, y que luego es utilizada por los cultivos. Una estrategia importante del ordenamiento territorial en una cuenca radica en maximizar el agua infiltrada o captada por el suelo.

Entre las principales características que definen a una cuenca hidrográfica está su capacidad de generar escorrentías en los diferentes puntos de interés, tanto sea con fines de evaluación de pérdidas de agua para los cultivos, como para el dimensionamiento de obras viales e hidráulicas. Las escorrentías son, a su vez, responsables de los daños ocasionados, tanto a los suelos de la cuenca, como a caminos, rutas e infraestructuras.

La escorrentía (o escurrimiento) puede caracterizarse de dos maneras:

1) como volumen de agua perdida, comúnmente conocido como coeficiente de escorrentía (C, ver Tabla 6), que indica el porcentaje de una lluvia que se transforma en escurrimiento. Para lluvias muy intensas y suelos degradados, este coeficiente puede superar el 50% de una precipitación, ocasionando graves pérdidas agronómicas y severos daños en la cuenca; y

2) como caudal máximo en un punto determinado, o caudal pico, que representa la máxima cantidad de agua que pasa en forma instantánea por un punto de interés, y que representa cómo el volumen total escurrido se distribuye en el tiempo. El caudal pico es de mucha utilidad para el correcto dimensionamiento de obras (por ejemplo alcantarillas, defensas, reservorios o embalses) y para explicar los daños. Este caudal representa el punto máximo de lo que se conoce como hidrograma (variación del caudal con el tiempo).

Tanto el volumen de agua perdida como el caudal pico están íntimamente relacionados, aunque dos cuencas diferentes en tamaño y forma pueden tener igual volumen, pero muy diferente caudal.

A través de la modelación hidrológica es posible estimar tanto el volumen como el caudal de una cuenca, asumiendo condiciones de suelo y su manejo, forma, tamaño y pendiente de la cuenca y características de la lluvia ocurrida. Por otra parte, dicha modelación permite analizar diferentes escenarios de uso y manejo de los suelos de la cuenca y evaluar el impacto de las obras hidráulicas sobre la producción de caudales y el riesgo de daños a la infraestructura.

Para la cuenca Santa Catalina se realizó la modelación hidrológica de cada subcuenca, y en la Tabla 6 se expresan los valores de caudal pico en el punto de salida final y otras variables hidrológicas de la cuenca, para la condición de uso y manejo actual de los suelos, sin planes de ordenamiento.

Ordenamiento agro-hidrológico y su impacto

El ordenamiento agro-hidrológico de una cuenca es una parte importante del ordenamiento territorial, y busca alcanzar objetivos relacionados con la estabilización y conserva-

ción de los suelos y la red de drenaje, con el control de todos los focos de erosión activos (cárcavas, bordes de ríos, etc.), y con la regulación de los caudales pico. Esto implica la consideración de acciones técnicas a escala de *lote o potrero*: como sistematización de lotes, estabilización de cárcavas, canales de desagüe empastados, entre otras; a *escala de predio*: como rotaciones de cultivos, forestación, sistemas agro-silvo-pastoriles, etc.; y a *escala de cuenca*: tales como microembalses reguladores de escorrentía, fajas buffer de riveras, bioingeniería para control de costas, etc.

En términos cuantitativos para el conjunto de las 230.000 hectáreas de la cuenca Santa Catalina, en la Tabla 7 se detallan las obras y técnicas propuestas, en un programa de ordenamiento agro-hidrológico de mediano-largo plazo. Este esquema de técnicas y obras representa una síntesis preliminar que pretende representar la magnitud de la inversión pública y privada, y que supone la visión de futuro de una cuenca ordenada, estabilizada y de funcionamiento sustentable.

Sintéticamente el conjunto de obras incluye las siguientes:

- a. **Mantenimiento de caminos:** Representa la longitud de caminos de tierra de las

Tabla 5: Diferentes tipos de erosión en la cuenca Santa Catalina para la condición de uso actual.

Subcuencas	Superficie agrícola (ha)	Erosión en laderas		Erosión en cárcavas		
		Promedio (t/ha/año)	Erosión total (t/año)	Longitud de cárcavas (m)	Erosión (t/año)	Promedio ponderado (t/ha/año)
Colacha	34.178	7,30	249.499	71.451	111.464	3,00
Barranquita	12.199	5,04	61.483	14.594	22.767	1,90
Knutzen	13.229	2,24	29.633	4.715	7.355	0,60
Las Lajas	23.814	3,88	92.398	23.157	36.125	1,50
A. Chico	18.807	2,51	47.206	5.675	8.853	0,50
Holmberg	32.949	2,33	76.771	16.699	26.050	0,80
San Ambrosio	19.525	1,23	24.016	491	766	0,00
Punta del Agua	31.383	1,14	35.777	2.841	4.432	0,14
Tigre Muerto	23.261	0,93	21.633	0	0	0,00
Total Sta. Catalina	209.345	3,04 ¹	638.416	139.623	217.812	1,0 ¹

¹Promedio ponderado.

redes 2^{ra} y 3^{ra} que deben permanecer en buen estado de circulación en la cuenca, para garantizar transitabilidad fluida. Estudios de mayor detalle se requieren para determinar: nuevas trazas, obras de arte, zonas de alteo, y otras.

- b. **Forestación en predios:** Este tipo de uso del suelo se considera necesario para la diversificación y protección de zonas en los bordes de predios, a los fines de controlar la erosión hídrica y eólica, los sistemas silvo-pastoriles, el control de nivel de napas, entre otros. Se propone la forestación de entre 15 y 20% de la superficie de la cuenca.
- c. **Forestación de riveras:** Es necesario reforestar una proporción importante de los cursos permanentes y temporarios de la cuenca, a los fines de controlar la erosión en meandros, y mejorar la condición geomórfica de los ríos. Se aplica el concepto de restauración o rehabilitación de ríos (Rohde, 2006), en base al modelo de "faja de 3 zonas": bosque sin manejo, bosque manejado y pastura, tomando desde el borde del río hasta la zona cultivada. Tienen un ancho entre 10 y 15 m.
- d. **Fajas buffer:** Son zonas de pasturas aledañas a las zonas de cultivos en la margen de los ríos, que tienen como función la captura de sedimentos y otros conta-

minantes originados en la erosión de los campos, evitando que éstos alcancen los cursos de agua. Su ancho es variable entre 6 y 10 m.

- e. **Canales de desagüe empastados:** Son los sectores donde circula el escurrimiento en forma concentrada y temporaria dentro de los campos, que deben ser protegidos mediante pasturas para evitar la formación de cárcavas. En la actualidad el escurrimiento circula por zonas de cultivos, con muy baja estabilización del suelo, lo cual explica la velocidad de avance de las cárcavas en toda la cuenca.
- f. **Embalses reguladores de escurrimiento (microembalses):** Obra consistente en una pequeña presa de tierra, con una altura inferior a 3 m, y con descarga controlada en la base. Su efecto hidrológico es provocar una reducción de los caudales pico (laminación), con poca alteración del escurrimiento global de la cuenca, ya que tienen limitada capacidad de retención y descarga por la base. Su misión en la cuenca es recuperar la capacidad de retención de antiguos humedales que fueron drenados por erosión en cárcavas retrocedentes. Cumplen una importante función de filtro de sedimentos y contaminantes, junto con las fajas buffer.

Tabla 6: Caudal pico, volumen total escurrido y coeficiente de escorrentía para una lluvia máxima del Arroyo Santa Catalina en las condiciones de uso actual.

Subcuencas	Caudal pico (m ³ /seg)	Escorrentía (miles de m ³)	Coeficiente de escorrentía (%)
Colacha	421	10.877	31
Barranquita	135	4.559	29
Knutzen	77	2.906	26
Las Lajas sierra*	51	937	18
Las Lajas baja**	173	7.548	38
Arroyo Chico	156	4.977	32
Holmberg	207	8.929	33
San Ambrosio	108	5.204	32
Punta del Agua	124	8.627	33
Tigre Muerto	92	6.202	32

*Cuenca alta aguas arriba de la Presa Las Lajas, **caudal regulado.

- g. **Control de cárcavas:** Técnicas que permiten frenar el avance retrocedente de la parte activa de la cárcava y reducir uno de los principales focos de sedimentos en la cuenca. Se recurre a técnicas de bioingeniería y movimiento de suelos, junto con la forestación del interior de la cárcava.
- h. **Superficie sistematizada:** Son técnicas que se aplican a escala de lote, como cultivos en contorno, en fajas o terrazas, que permiten reducir el escurrimiento y la pérdida de suelos. Tienen además un importante efecto en la productividad de los cultivos por una mejora en la economía del agua, que puede superar el 30%, en relación con los cultivos sembrados a favor de la pendiente (Giacardi *et al.*, 2016).

En base a este conjunto de técnicas se analizaron tres escenarios, y se evaluó su impacto sobre tres indicadores clave del funcionamiento de la cuenca: erosión en laderas, caudal pico y producción de sedimentos (Cisneros *et al.*, 2014).

- a. **Condición actual sin ordenamiento (ACT):** Representa las condiciones de uso y manejo actual de la cuenca, sin ningún tipo de obra de retención/regulación, y sin técnicas de manejo de escurrimientos a nivel de predios.
- b. **Condición ordenada (ORD):** Simula las condiciones de uso ordenado del suelo, diversificación de cultivos, forestación, construcción de reguladores de escorrentía y sistematización de predios, reparación de caminos, entre otras acciones (esquema de Tabla 7).
- c. **Condición de uso intensificado (INT):** Este escenario es tendencial en cuanto simula condiciones en las cuales se consolida y profundiza el modelo de agricultura, aumenta la superficie cultivada de soja con relación a la de maíz y no se realiza ningún ordenamiento hidrológico de la cuenca.

El impacto del ordenamiento sobre la erosión en laderas y cárcavas puede apreciarse en la Tabla 8. Las técnicas que permiten lograr este objetivo son el control de las cárcavas y la sistematización de lotes, junto con la forestación y la rotación de cultivos.

Como puede apreciarse la evaluación indica, por un lado, que el ordenamiento de las tierras de la cuenca permitiría reducir los valores de erosión a límites tolerables, estabilizar los suelos y la red de drenaje y sostener la capacidad productiva del suelo en el largo plazo. Por otro lado, la comparación de la condición ACTUAL con la INTENSIFICADA, indicaría que se está cerca de alcanzar las máximas tasas de erosión posibles, situación que denota la necesidad de dotar a la cuenca de soluciones a escala de lote y predial, para sostener las estrategias de control a escala de cuenca. En promedio la situación actual está a una distancia relativa del 24% de la erosión máxima, lo que representa un 76% de deterioro relativo, tomando como referencia ambos escenarios extremos. En el otro escenario, un plan de ordenamiento integral de la cuenca permitiría reducir entre un 85 y 90 % de la erosión en la cuenca.

En cuanto al impacto del ordenamiento sobre el caudal pico, las tendencias son similares y se indican en la Tabla 9. El caudal pico es un indicador directo de la magnitud de los daños ocasionados en períodos húmedos y de los costos de reparación y construcción de obras en sitios claves de la cuenca, cuando no se dispone de una cuenca ordenada. Las principales técnicas asociadas a este efecto son la sistematización de lotes, el cambio de uso del suelo y los microembalses reguladores del escurrimiento.

Si bien en este caso conviene analizar las diferencias relativas, más que los valores absolutos, es interesante señalar que la condición ACT se encuentra también muy próxima a la de un escenario cercano al máximo deterioro (INT) y muy alejada de lo que sería un funcionamiento ordenado y sustentable (ORD).

Tabla 7: Cómputo preliminar de técnicas y obras para el ordenamiento agro-hidrológico de la cuenca del Arroyo Santa Catalina.

Subcuencas	Mantenimiento caminos (km) ¹	Forestación cortinas (ha) ²	Forestación riveras (ha)	Fajas buffer (ha)	Canales desagüe (ha)	Embalses (N°)	Control Cárcavas (N°)	Sup. a sistema- tizar (ha) ³
La Colacha	53	6.152	99	254	203	47	87	18.183
Barranquita	25	2.195	9	32	74	11	24	6.490
Knutzen	10	2.381	23	136	43	5	13	7.038
Las Lajas	30	4.287	20	103	45	9	57	12.669
A. Chico	19	3.385	12	252	115	4	7	10.005
Holmberg	36	5.849	71	299	29	8	33	17.287
S. Ambrosio	46	3.515	21	158	54	2	3	10.387
P. del Agua	35	5.649	42	85	51	7	6	16.696
Tigre Muerto	11	4.187	42	96	100	1	0	12.375
TOTAL	265	37.600	339	1.415	714	94	230	111.130

¹Cómputo de km de caminos de tierra necesarios de reparar.

²Entre 15 y 20% de la superficie de la cuenca.

³Superficie a sistematizar con fajas de cultivos o terrazas de absorción.

El tercer indicador utilizado es la producción de sedimentos en la cuenca. La carga de sedimentos que llevan los cursos es causada por la tasa de erosión de las cuencas agrícolas, por el estado de los ríos y su propia erosión y por la conectividad de todo el sistema de drenaje. Es la responsable de múltiples efectos fuera de la cuenca, en áreas sujetas a sedimentación, colmatación de humedales y obturación de obras hidráulicas. Es también responsable de la vida útil de las presas habilitadas en la región y vehículo de contaminantes de los cursos, en especial con fósforo (P).

Las estimaciones de la tasa de transporte de sedimentos (SDR) fluctuaron entre 4,3% (Cuenca Suco Moldes) y 11,5% (Cuenca Knutzen) para la erosión de laderas, con valores de alrededor de 8% para el resto de las cuencas. A falta de métodos de estimación, se consideró que la erosión en cárcavas tiene la misma SDR que la erosión en laderas; mientras que la erosión de cursos se computó en su totalidad como sedimento al cauce. Para el Arroyo Santa Catalina se estimó la producción anual de sedimentos y los resultados se muestran en la Tabla 10.

Los Arroyos Santa Catalina y del Gato son tributarios de la presa Tigre Muerto, una im-

portante obra hidráulica diseñada para controlar las inundaciones en una amplia región de los Departamentos Río Cuarto y Roque Sáenz Peña. No obstante, el proceso de colmatación con sedimentos está siendo acelerado por la falta de ordenamiento de las cuencas altas. En las condiciones actuales, dicha represa podría recibir en el orden de 84.000 t anuales de sedimentos, especialmente desde la cuenca del Arroyo Santa Catalina (Tabla 10) y, en menor medida, del arroyo del Gato; una cifra que explicaría su rápido proceso de colmatación desde su inauguración en el año 2005. De consolidarse el cambio de uso del suelo, se estima una tasa de colmatación más acelerada, con 124.000 t anuales de sedimentos, para ambos arroyos.

Del análisis comparativo entre escenarios de uso del suelo, surge que la situación actual tendría un grado de deterioro relativo del 64%, respecto a una situación ordenada; y que el esquema de manejo propuesto reduce drásticamente la producción de sedimentos, hasta valores poco significativos. Estos resultados reforzarían la importancia del ordenamiento integrado de cuencas, que involucre estrategias de manejo para las diferentes escalas de

Tabla 8: Erosión estimada para los tres escenarios de uso de la cuenca del Arroyo Santa Catalina.

Subcuencas	Erosión en laderas y cárcavas (t/ha/año)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Colacha	7,3	1,3	9,2
Barranquita	5,0	0,8	6,2
Knutzen	2,2	0,3	2,9
Las Lajas	3,9	0,5	5,0
Arroyo Chico	2,5	0,3	3,3
Holmberg	2,3	0,3	3,0
San Ambrosio	1,2	0,2	1,6
Punta del Agua	1,1	0,2	1,5
Tigre Muerto	0,9	0,2	1,3

manifestación del fenómeno de erosión-sedimentación (Cisneros *et al.*, 2014).

Arroyo del Gato

Cuencas y subcuencas

La cuenca del arroyo del Gato ocupa una superficie de 240.667 has, y con el arroyo Santa Catalina conforman los dos principales sistemas hídricos que derraman en la Depresión del Tigre Muerto. Está formada por tres subcuencas principales (Tabla 11):

- a.** Arroyo Achiras-El Gato, compuesta por una cuenca Serrana, con cierre en la presa Achiras y, aguas abajo de la presa, una cuenca de llanura a las que, en adelante, denominaremos del Gato Alta y del Gato Baja, respectivamente.

- b.** Arroyo Corralito, en el extremo norte, una cuenca formada en la llanura, por drenaje de freáticas.

- c.** Arroyo Jagüeles, en la zona central, cuenca relativamente reciente (año 1985), generada por avance de cárcavas y drenaje de freáticas.

Tabla 11: Subcuencas del Arroyo del Gato.

Subcuencas del Arroyo del Gato	Superficie (ha)
A. del Gato cuenca serrana (hasta la presa Achiras)	6.957
A. del Gato cuenca baja (aguas abajo de la presa)	88.196
A. Corralito	100.708
A. Jagüeles	44.806
Total	240.667

Tabla 9: Caudal pico estimado para tres escenarios de uso de la cuenca del Arroyo Santa Catalina.

Subcuencas	Caudal pico de la cuenca(m³/s)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Colacha	421	213	477
Barranquita	135	103	141
Knutzen	77	11	94
Las Lajas	173	54	201
Arroyo Chico	156	11	194
Holmberg	207	65	252
San Ambrosio	108	15	133
Punta del Agua	124	32	149
Tigre Muerto	92	19	115

La cuenca del arroyo del Gato es un importante curso de agua del sistema de los Arroyos Menores, debido a la multiplicidad de usos y funciones que debe cumplir dentro de la región. Tiene asentado un polo de atracción turística importante en su zona pedemontana, la localidad de Achiras (2400 habitantes), poblaciones importantes en su cuenca media, como la localidad de Sampacho (7300 habitantes), Malena (250 habitantes) y San Basilio (3.200 habitantes), y en la cuenca baja La Cautiva (685 habitantes). En su cuenca media-baja está ubicada la zona lechera más grande de la región que tiene como centro la ciudad de San Basilio y en ella se asientan dos de las obras de infraestructura hídricas más importantes de los últimos años: la presa Achiras en proximidades de la localidad homónima, y la presa Tigre Muerto en su desembocadura. Atraviesa las rutas Nacionales 8 y 35 y la provincial 24 (Figura 7).

Evaluación de la erosión hídrica actual

Las estimaciones, tanto para la erosión en laderas como en cárcavas, arrojaron valores menores en la cuenca del Gato que en la del Arroyo Santa Catalina debido, principalmente, a una menor pendiente media y a una menor densidad de cárcavas. No obstante, la erosión promedio de la cuenca sigue siendo algo superior a los valores tolerables (Tabla 12) y, de manera similar a lo descrito para

la cuenca anterior, alrededor del 56% de la superficie supera ese valor umbral.

La subcuenca Corralito, con una pendiente que no supera el 1%, no presenta erosión en cárcavas, salvo la del propio curso de agua que prácticamente no muestra erosión activa. La otra subcuenca importante del sistema arroyo del Gato, es la del Arroyo Sampacho, que cruza la ruta nacional 8 a la altura de esa localidad, uniéndose con el cauce principal, a la altura de la ruta 35, mediante un canal artificial.

Hidrología superficial

La hidrología superficial de la subcuenca serrana del Arroyo del Gato, se encuentra regulada por la presa Achiras, la cual, según estudios recientes produce una regulación importante de los caudales pico, y permite el drenaje de los caudales base (drenaje freático) aguas abajo (Blarasin *et al.*, 2013). Los caudales pico, volumen escurrido y coeficientes de escorrentía estimados para una lluvia máxima, se presentan en la Tabla 13.

Ordenamiento agro-hidrológico y su impacto

La cuenca arroyo del Gato posee una superficie similar a la de la cuenca del Santa Catalina, sin embargo presenta un grado de estabilización mayor que ésta. Entre las razones que lo justifican se pueden citar: tiene su

Tabla 10: Producción anual de sedimentos estimada para el arroyo Santa Catalina.

Subcuencas	Sedimentos (miles de t)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Colacha	24	1,20	34
Barranquita	5	0,30	8
Knutzen	2	0,05	3
Las Lajas	8	0,30	12
Arroyo Chico	4	0,10	7
Holmberg	3	0,10	5
San Ambrosio	1	0,03	2
Punta del Agua	3	0,10	4
Tigre Muerto	2	0,03	3
TOTAL	52	2,21	78

cuenca serrana regulada, las pendientes generales son menores, las subcuencas tienen formas alargadas y con mayores tiempos de concentración. Otra evidencia adicional surge de comparar el grado de sedimentación operado en la presa del Tigre Muerto por los arroyos del Gato y Santa Catalina. En el vertedero del primero de ellos, prácticamente no se observan signos importantes de sedimentación; mientras que, en el vertedero del segundo, la colmatación es muy significativa (Figura 8).

En la Tabla 14 se indica el cómputo preliminar de obras y técnicas de manejo necesarias de implementar para evaluar el ordenamiento agro-hidrológico de la cuenca, discriminada por subcuencas.

La aplicación de este esquema de ordenamiento en la cuenca provocaría una mejora significativa en todos los indicadores utilizados. La erosión en laderas y cárcavas se reduciría a valores muy por debajo de los tolerables estando, en todos los casos, por debajo de media tonelada por hectárea (Tabla 15), y reduciendo alrededor del 90% las tasas de erosión comparadas con los escenarios sin ordenamiento.

La información respecto a la erosión también indicaría que la situación actual no se aleja demasiado de una situación tendencial de mayor intensificación, con diferencias entre ambos escenarios de 5 a 25%. En otras palabras, la situación actual está muy cerca de representar un estado de máxima erosión potencial en la cuenca, de continuar intensificándose su uso.

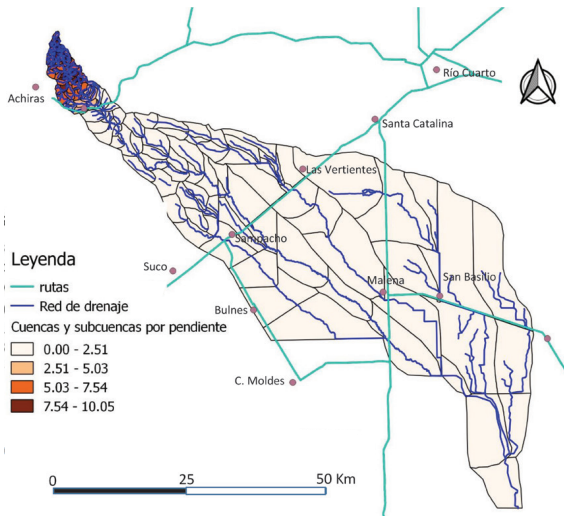


Figura 7: Cuencas y subcuencas del Arroyo del Gato.

Los efectos del ordenamiento sobre el caudal pico de las subcuencas es variable, entre otras razones porque la baja pendiente de la cuenca Gato Baja, no permite la construcción de microembalses reguladores de escurrimiento, característica que la distingue de las otras subcuencas. En estas condiciones la baja del caudal está relacionada principalmente con el manejo predial mediante sistematización. Por otra parte, al ser caudales estimados para una tormenta muy fuerte, la posibilidad de minimizarlos es menor.

En la Tabla 16 se indican los posibles efectos sobre el caudal pico, y se puede observar que la capacidad de regulación del ordenamiento es máxima en la subcuenca Corralito (reduce un 83%), intermedia en Jagüeles (reduce un 63%) y mínima en Gato Baja (reduce un 47%).

Tabla 12: Diferentes tipos de erosión en la cuenca del arroyo del Gato para la condición de uso actual.

Subcuenca	Superficie agrícola (ha)	Erosión en laderas		Erosión en cárcavas		
		Promedio ¹ (t/ha/año)	Erosión total (t/año)	Longitud de cárcavas (m)	Erosión (t/año)	Promedio ponderado (t/ha/año)
Gato Baja	81.239	3,15	255.903	38.613	60.236	0,78
Corralito	100.708	1,08	108.765	-	-	-
Jagüeles	44.806	2,20	98.573	8.367	13.053	0,29
Total del Gato	226.753	2,04	463.241	46.980	73.289	0,33 ¹

Por otra parte, la modelación efectuada indicaría que en la situación intensificada el incremento del caudal pico es sólo del orden del 15% respecto a la situación actual; es decir, la cuenca se encuentra en un grado muy alto de vulnerabilidad, para la generación de fuertes crecientes.

Una de las consecuencias del cambio en la erosión y los caudales es la producción de sedimentos. En este caso, la cuenca del Gato tiene una menor capacidad de generar sedimentos que la cuenca Santa Catalina, debido principalmente a una menor pendiente, y a una forma alargada y ancha en su porción final. En la Tabla 17 se indica la producción de sedimentos estimada para la tormenta máxima, que está en el orden de 32.000 t; siendo este valor sólo una porción de la producción total de sedimentos en el año, pero que representa un punto de referencia comparativo con

los otros escenarios de funcionamiento de la cuenca.

La brecha entre la situación actual y la intensificada está alrededor del 37%, mientras que las posibilidades de reducción de la sedimentación en la cuenca son muy amplias: el ordenamiento reduce la sedimentación a un valor poco significativo. Cabe recordar que esta cuenca, junto con la cuenca Santa Catalina, son tributarias de la represa del Tigre Muerto y la reducción de los sedimentos es un objetivo estratégico del ordenamiento.

Arroyo Ají

Cuencas y subcuencas

Ocupa una superficie de 204.000 has, limitando al Norte con la cuenca del Arroyo del Gato, y al sur con la cuenca del arroyo Chaján. En conjunto con el arroyo Del Gato,

Tabla 13: Caudal pico, volumen total escurrido y coeficiente de escorrentía para una lluvia máxima del Arroyo del Gato en las condiciones de uso actual.

Subcuenca	Caudal pico (m³/seg)	Escorrentía (miles de m³)	Coeficiente de escorrentía (%)
Gato Sierras ¹	93	1.241	21
Gato Baja ²	281	21.363	29
Corralito	213	27.653	33
Jagüeles	198	12.201	33

¹Cuenca alta, aguas arriba de la Presa Achiras, ²caudal regulado.



Figura 8: Estado de los arroyos del Gato (izquierda) y Santa Catalina (derecha) en su ingreso a la presa del Tigre Muerto (año 2009). En el primero se observa el curso de agua circulando sobre el área de la presa; en el otro la acumulación de sedimentos.

Tabla 14: Cómputo preliminar de técnicas y obras para el ordenamiento agro-hidrológico de la cuenca Arroyo del Gato.

Subcuenca	Mantenimiento caminos (km) ¹	Forestación cortinas (ha) ²	Forestación riveras (ha)	Fajas buffer (ha)	Canales desagüe (ha)	Embalses (Nº)	Control Cárcavas (Nº)	Sup. Sistematizada (ha) ³
Gato Baja	115	14.623	107	686	119	15	84	43.219
Corralito	124	18.127	41	422	223	5	-	59.418
Jagüeles	62	8.065	46	410	47	6	21	26.436
TOTAL	301	40.815	194	1.518	389	26	105	129.073

¹Cómputo de km de caminos de tierra necesarios de reparar. ²Entre 15 y 20% de la superficie de la cuenca. ³Superficie a sistematizar con fajas de cultivos o terrazas de absorción.

Tabla 15: Erosión estimada para tres escenarios de uso de la cuenca Arroyo del Gato.

Subcuencas	Erosión en laderas y cárcavas (t/ha/año)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Gato Baja	3,9	0,4	4,1
Corralito	1,1	0,2	1,5
Jagüeles	2,5	0,3	2,9

Tabla 16: Caudales pico estimados para una tormenta máxima en los tres escenarios de uso de la cuenca del Arroyo del Gato.

Subcuencas	Caudal pico (m³/s)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Gato Baja	281	150	331
Corralito	213	37	256
Jagüeles	198	73	233

Tabla 17: Producción anual de sedimentos estimada para el Arroyo del Gato.

Subcuencas	Producción de sedimentos (miles de t)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Gato Baja	18	0,6	29
Corralito	7	0,1	11
Jagüeles	7	0,2	11
TOTAL	32	0,9	51

definen una serie de riesgos ambientales de alto impacto en poblaciones que se ven, por lo general, perjudicadas por su alta dinámica (inundaciones, cortes de ruta y caminos, elevación de napas freáticas, entre otros). La cuenca ha sido definida para este estudio

con punto de cierre en la localidad de Vicuña Mackenna (10.400 habitantes), pero también afecta a otras poblaciones importantes del sur de Córdoba como Coronel Moldes (8.200 habitantes), Suco (310 habitantes), Bulnes (1.050 habitantes) y Tosquita (400 habitan-

tes). Afecta, también, rutas nacionales y provinciales importantes, como las rutas 7, 8 y 35; y la ruta 24, respectivamente.

Esta cuenca se caracteriza por su complejidad hidrológica, su fuerte interacción con el sistema de caminos rurales y rutas, y su alta dinámica geomórfica: el curso bajo del arroyo se formó hace menos de 30 años, a partir de una serie de canales artificiales y drenaje por caminos y borde de la ruta nacional 7. Ese avance del cauce produjo la unión de dos cuencas, hasta entonces separadas: Ají y del Gato.

El arroyo Ají está formado por dos subcuencas principales:

a. Suco-Moldes (cuenca del Arroyo Suco): ocupa una superficie de 130.500 ha, formada por el arroyo Suco y sus canalizaciones, una gran cantidad de cursos temporarios, y el curso bajo del arroyo Ají (Figura 9), y

b. Ají Alta (más conocida como Arroyo Ají): con 73.800 ha, está formada por los arroyos Zelegua, Cortaderas y Laguna Seca. En la

cuenca alta y media con cursos de drenaje naturales, y en la cuenca baja circula por canalizaciones realizadas desde principios de la década del 80 (Figura 10)

Evaluación de la erosión hídrica actual

Las tasas de erosión actual en laderas de la cuenca Ají alta superan a la máxima tolerable; mientras que en la cuenca Suco-Moldes los valores están próximos a lo tolerable (Tabla 18). Los fenómenos erosivos en la cuenca Ají alta están asociados a un relieve de mayor complejidad y pendiente y a una mayor densidad de drenaje.

Similar tendencia se observa en la erosión por cárcavas, donde la cuenca Ají alta, con 121 cárcavas activas contabilizadas, duplica las tasas de erosión de la cuenca de Suco-Moldes. La erosión en cárcavas se ha reactivado en forma significativa durante el actual ciclo húmedo 2014-2016, tanto en la cuenca Ají como en la cuenca Chaján, como consecuencia de la interacción entre el uso

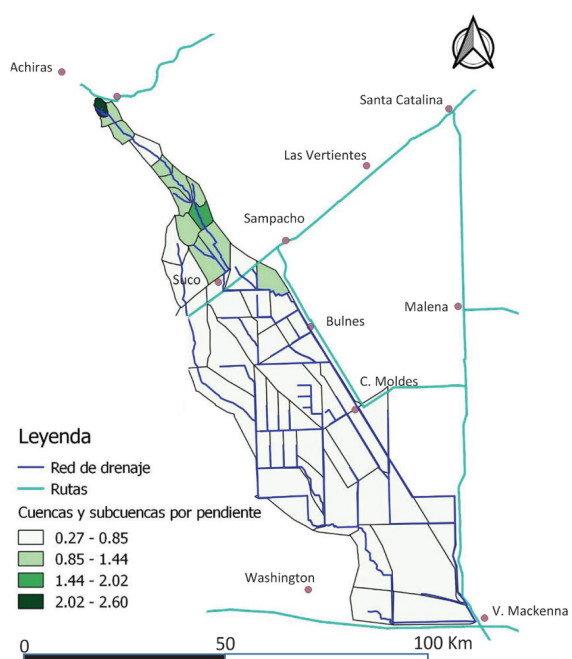


Figura 9: Cuencas y subcuencas Suco-Moldes.

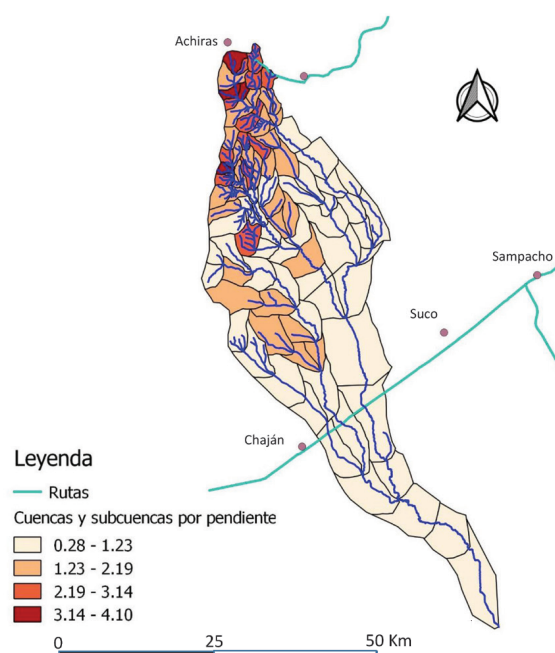


Figura 10: Cuencas y subcuencas altas Arroyo Ají.

del suelo, la frecuencia de lluvias intensas y la condición de fragilidad de los suelos.

Comparada con las cuencas del Gato y Santa Catalina, la cuenca del Ají presenta valores intermedios de erosión, con una tasa global promedio superior a la máxima tolerable

Hidrología superficial

La modelación hidrológica de ambas cuencas muestra comportamientos diferentes, expresados en el caudal pico estimado para una lluvia máxima. La cuenca Ají alta, a pesar de su menor superficie, casi cuadruplica el caudal de la cuenca Suco-Moldes (Tabla 19). Diversas causas podrían explicar este comportamiento diferente:

- La cuenca Ají alta posee sus nacientes en zona de sierras, con una mayor pendiente y un menor tiempo de concentración. Su forma es más redondeada y ancha en las nacientes, lo cual concentra los escurrimientos en la salida.
- La cuenca Suco-Moldes tiene una regulación natural en sus nacientes, la Laguna Suco, que provee una salida controlada hacia el cauce principal del arroyo, con una menor pendiente general. Tiene un régimen semipermanente a partir de la localidad de Moldes, a diferencia del Arroyo Ají que es permanente en todo su recorrido, y su forma es inversa a la de la cuenca anterior: alargada, estrecha en sus nacientes y con baja pendiente en las subcuencas próximas a la salida.

Los escurrimientos provenientes de la cuenca Ají alta han provocado recurrentes

cortes de la ruta nacional 7 (al menos 3 en los últimos 15 años), a la altura de Pretot Freire, e inundaciones de la carpeta asfáltica en la ruta nacional 8. La erosión en cárcavas en esta cuenca es intensa, provocando una interconexión de depresiones que aceleran los tiempos de concentración de las crecientes, e incrementan los caudales pico. Junto con la subcuenca La Colacha, del Arroyo Santa Catalina, son los sistemas hídricos de mayor grado de prioridad en cuanto a su regulación hidrológica.

Ordenamiento agro-hidrológico y su impacto

Al igual que el Arroyo Santa Catalina, esta cuenca carece por completo de obras de regulación, retención y captura de sedimentos. Su dinámica erosiva, tanto en la cuenca alta como en la baja, es elevada. En la cuenca alta se encuentran activos todos los sistemas de cárcavas, se han integrado cuencas en los últimos años y la mayor parte de las subcuencas están conectadas por caminos, y canalizaciones, lo cual genera concentraciones rápidas de las crecientes, y además deterioro marcado de toda la red vial.

Si bien tanto la cuenca Suco-Moldes como la del Ají alta no presentan conexión natural, durante los últimos 10 años se han conectado por medio de canalizaciones y flujo por las banquetas de la ruta 35, incrementando la presión hidráulica sobre las napas freáticas de la región aledaña a Vicuña Mackenna, en un contexto de elevación de napas producto del cambio en el régimen de precipitaciones.

La propuesta de ordenamiento agro-hidrológico desarrollada para ambas subcuencas

Tabla 18: Diferentes tipos de erosión en la cuenca arroyo Ají para la condición de uso actual.

Subcuencas	Superficie agrícola (ha)	Erosión en laderas		Erosión en cárcavas		
		Promedio ¹ (t/ha/año)	Erosión total (t/año)	Longitud de cárcavas (m)	Erosión (t/año)	Promedio ponderado (t/ha/año)
Suco-Moldes	130.458	1,89	246.566	19.103	29.801	0,23
Ají Alta	73.842	4,31	318.259	46.670	72.805	1,07
Total A. Ají	204.300	2,80	564.825	65.773	102.606	0,50

Tabla 19: Caudal pico, volumen total escurrido y coeficiente de escorrentía para una lluvia máxima en el Arroyo Ají, para las condiciones de uso actual.

Subcuencas	Caudal pico (m ³ /seg)	Escorrentía (miles de m ³)	Coeficiente de escorrentía (%)
Suco-Moldes	134	16.590	15
Ají alta	523	16.896	28

se presenta en forma desagregada en la Tabla 20.

El esfuerzo público y privado que supone este esquema de ordenamiento es similar al del Arroyo Santa Catalina, salvo en el rubro control de cárcavas, donde la cuenca Ají posee la mitad de sitios activos.

La Tabla 20 expresa, además, la mayor complejidad que posee la cuenca Ají alta, con relación a la cuenca Suco-Moldes. No obstante, desde el punto de vista del impacto público sobre las poblaciones, ésta última pone en riesgo a un mayor número de habitantes (localidades de Bulnes, Moldes, Tosquita, Viña Mackenna).

El impacto del ordenamiento sobre los indicadores ambientales utilizados, sigue mostrando una tendencia respecto a que la situación actual está muy cercana a una situación donde se intensifica aún más el modelo agrícola.

En el caso de la erosión en laderas y cárcavas la diferencia es de apenas un 25% mayor para la situación intensificada en ambas cuencas. Por otra parte, existe una diferencia importante en cuanto a lo que deberían ser las prioridades de implementación de políticas de ordenamiento, que claramente deberían enfocarse en la cuenca Ají alta, donde los

valores de erosión superan significativamente a los tolerables (Tabla 21). El impacto del ordenamiento en las tasas de erosión es muy significativo, reduciendo sus valores muy por debajo del límite tolerable.

En cuanto a los caudales pico de las cuencas, el escenario con tendencia a la intensificación agrícola mostraría un incremento de los mismos en el orden del 20% con relación a la situación actual, producto de los mayores coeficientes de escorrentía generados, en especial, por el cultivo de la soja. Un escenario de ordenamiento agro-hidrológico, por el contrario, generaría una disminución de este indicador del orden del 80%, producto del efecto combinado del cambio de uso del suelo (forestación), control de escorrentía con sistematizaciones y microembalses reguladores (Tabla 22).

La tasa de producción de sedimentos estimada para la cuenca Ají, en su estado actual, es del orden de 30.000 t anuales, similar a la del Arroyo del Gato, como también lo son los impactos del ordenamiento sobre este indicador. En contraste, la cuenca Arroyo Santa Catalina casi duplica la cantidad de sedimentos anuales (Tabla 23).

La principal consecuencia de los sedimentos en esta cuenca es el taponamiento

Tabla 20: Computo preliminar de técnicas y obras para el ordenamiento agro-hidrológico de la cuenca Arroyo Ají.

Subcuencas	Mantenimiento caminos (km) ¹	Forestación cortinas (ha) ²	Forestación riveras (ha)	Fajas buffer (ha)	Canales desagüe (ha)	Embalses (Nº)	Control Cárcavas (Nº)	Sup. Sistematizada (ha) ³
Suco-Moldes	174	23.482	113	1.060	473	14	25	76.970
Ají alta	99	14.768	172	727	215	39	96	36.183
TOTAL	273	38.250	285	1.787	688	53	121	113.153

¹Cóputo de km de caminos de tierra necesarios de reparar. ²Entre 15 y 20% de la superficie de la cuenca. ³Superficie a sistematizar con fajas de cultivos o terrazas de absorción.

Tabla 21: Erosión estimada para tres escenarios de uso de la cuenca Arroyo Ají.

Subcuencas	Erosión en laderas y cárcavas (t/ha/año)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Suco-Moldes	1,9	0,3	2,5
Ají alta	4,3	0,5	5,6

Tabla 22: Caudales pico estimados para una tormenta máxima en tres escenarios de uso de la cuenca Arroyo Ají.

Subcuencas	Caudal pico (m³/s)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Suco-Moldes	188	82	221
Ají alta	523	103	626

Tabla 23: Producción anual de sedimentos estimada para el Arroyo Ají.

Subcuencas	Producción de sedimentos (miles de t)		
	Escenario Actual (ACT)	Escenario Ordenado (ORD)	Escenario Intensificado (INT)
Suco-Moldes	11	0,3	16
Ají alta	19	0,6	30
TOTAL	30	0,9	46

de las obras de evacuación (cauces naturales y canales) lo cual, asociado a elevados caudales, genera desbordes e inundaciones en áreas urbanas (p. ej. en Vicuña Mackenna) e incrementa los costos de mantenimiento y dragado.

Un escenario ordenado, permitiría reducir en más de un 95% la producción de sedimentos aportados a los sectores bajos de la cuenca, y garantizaría la vida útil de las presas proyectadas en la cuenca alta (Presas Zelegua y Cortaderas). Dichos proyectos de presas para la regulación de caudales, están ubicados en los sectores de mayor producción de sedimentos, tanto por erosión de laderas, como de cárcavas.

SÍNTESIS Y CONCLUSIONES

- Durante los últimos 50 años la cuenca de los Arroyos Menores ha sido plenamente integrada hidrológicamente, a través de sistemas de canalizaciones. Los tres arroyos que la conforman drenan hacia un único curso que se conecta con el río Cuarto a través del Canal Devoto, a la altura de la Laguna La Amarga.
- Este proceso se ha dado por una evolución de los cursos de agua, acelerada mediante canalizaciones, cárcavas retrocedentes e infraestructura de caminos que conectan, conducen y concentran los escurrimientos, en forma cada vez más ali-gerada.
- Los cambios en el uso del suelo, un ciclo climático húmedo y la falta de planificación y ordenamiento territorial, aparecen como las principales causas de esos cambios.
- La mayor parte de las tierras de la cuenca presentan tasas de erosión hídrica por encima de un nivel considerado tolerable (2 t/ha/año).
- La producción de sedimentos, en especial de las cuencas Santa Catalina, y en menor medida del Gato, ponen en riesgo la vida útil y la capacidad de regulación hídrica de la presa Tigre Muerto.

- La mayor parte de los cursos permanentes están en un estado geomórfico entre pobre y moderado, y una porción menor en estado bueno. Este hecho reforzaría la necesidad de priorizar acciones de ordenamiento y manejo de riveras.
- Las estrategias de ordenamiento agro-hidrológico desarrolladas en esta síntesis, representan un esfuerzo de inversión pública y privada de importancia para el mediano y largo plazo, y su implementación permitiría reducir drásticamente los valores de degradación de la cuenca.
- El estado actual de degradación de la cuenca estaría, en general, en niveles altos, aunque con una heterogeneidad marcada por tipos de suelo y pendiente, y con posibilidad de profundizar su degradación si continúa la tendencia hacia la intensificación. Se propone la siguiente escala relativa de degradación: Cuenca Ají > Cuenca Santa Catalina > Cuenca del Gato para todos los criterios ambientales utilizados: Erosión de laderas y cárcavas, Caudal pico y Sedimentos.
- La erosión del área bajo estudio es explicada en un 52% por erosión de laderas, 12% por erosión en cárcavas y 36% por erosión en cauces permanentes. Se destaca la importancia de la erosión en cárcavas y cauces, principales responsables de la sedimentación. Los cauces explicarían un 90% de la producción total de sedimentos, mientras que las cárcavas y laderas lo harían en el 10% restante.
- En términos relativos (ACT/INT) el grado de degradación según los indicadores utilizados sería del siguiente orden: Caudal pico: 80-95%, Erosión: 75-80%, Sedimentos: 65-70%. En términos positivos, el grado de mejoramiento posible por efecto del ordenamiento, sería muy alto con reducciones de entre 40-90% en el Caudal pico, 75-80% en Erosión y 90-95% en Sedimentos.

- En función de este análisis y de los impactos del ordenamiento agro-hidrológico, se propone el siguiente orden de prioridades de acción:

Prioridad 1: Cuenca La Colacha, Ají Alta, Suco Moldes.

Prioridad 2: Cuenca Corralito, Jagüeles y Holmberg.

Prioridad 3: Cuenca del Gato Baja, Las Lajas, San Ambrosio y Arroyo Chico.

Prioridad 4: Cuenca San Ambrosio, La Barranquita, Knutzen, Punta del Agua y Tigre Muerto.

No obstante la priorización planteada, cualquier subcuenca está en condiciones de generar altos caudales pico, erosión y sedimentación, a la salida del área de estudio, por lo que el objetivo final debería ser ordenar todo el espacio agrícola de las cuencas, para lograr una estabilización hidrológica integral de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blarasin, M., Algozino, R., Alincastro, N., Giuliano Albo J., Degiovanni S., A. Cabrera. (2013). Análisis del funcionamiento hidrológico del arroyo Achiras-del Gato (Córdoba, Argentina) con una nueva aplicación informática. *Rev. Fac. Ing. CV V. 28 N° 1* Caracas.
- Brierkley, G.J. & Fryirs, K.A. (2005). *Geomorphology and river management. Applications of the river styles framework*. Blackwell Publishing, 398 págs.
- Cantero, J. J., Liira, J., Cisneros, J. M., González, J.; Núñez, C., Petryna, L. (2003), *et al.* Species richness, alien species and plant traits in Central Argentine mountain grasslands. *Journal Vegetation Science* 14: 129-136.
- Cisneros J.M., J.B. Grau, J.M. Antón, J.D. de Prada, A. Cantero, y A.J. Degioanni, *et al.* (2011). Assessing multi-criteria approaches with environmental, economic and social attributes, weights and procedures: A case study in the Pampas, Argentina. *Agricultural Water Management*, 98: 1545– 1556.

- Cisneros, J., A. Cantero G., J. González, A. Degioanni, J. de Prada, M. Reynero, *et al.* (Mayo de 2007). Identificación de los focos activos de erosión hídrica lineal y programa de control de erosión en la cuenca del arroyo Santa Catalina (Dpto. Río Cuarto, Córdoba). Presentado en la sesión de posters del *XX Congreso Nacional del Agua*. Tucumán, Argentina.
- Cisneros, J.M., (2010). *Bases para el ordenamiento territorial del sur de Córdoba (Argentina). El caso de la cuenca de los Arroyos Menores*. Tesis Doctoral sin publicación, Universidad Politécnica de Madrid (España).
- Cisneros, J.M., Cantero G.A., Degioanni, A., Angeli, A., González, J.G., De Prada, J.D, *et al.* (2008). Uso del suelo, erosión y deterioro de caminos rurales: el caso de la cuenca Suco-Moldes-Mackenna (Córdoba). Presentado en la sesión de posters del *XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Potrero de los Funes, San Luis), Argentina.
- Cisneros, J.M., Degioanni, A.J., González, J.G., Cholaky, C.G., Cantero, J.J., Cantero G., A. *et al.* (2015). Degradación de suelos en la provincia de Córdoba. En: Casas, R. R. y Albarracín, G. F. (ed.) (pp. 87-100). *El deterioro del ambiente en Argentina*. PROSA-FECIC, Editorial Dunken, Buenos Aires.
- Cisneros, J.M.; Degioanni, A.J., De Prada, J.D., Cantero G., A., Grau, J.B., Antón, J.M. (Mayo, 2014). *Uso de indicadores en ordenamiento de cuencas: caudal, erosión y sedimentos*. Presentado en sesión de posters del *XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Bahía Blanca, Argentina.
- de Prada J.D. y J. Penna (eds.). (2007). *Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina*. Instituto de Economía y Sociología INTA.
- Dourojeanni, A. (1991). *Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable: (aplicados a microrregiones y cuencas)*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social.
- Giacardi, M., Cisneros, J.M. y Montesano, A. (Junio, 2016). Sistematización para control de erosión y productividad de soja y maíz. Presentado en sesión de posters del *XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Gómez Orea, D. (2007). *Ordenación Territorial*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.
- Maguna, M. y Montico, S. (2013). *Los planes de ordenamiento: una herramienta clave para la transformación del territorio*. CIASFE2 (ed.). Rosario, Argentina.
- McDowell, R.W. (2006). Phosphorus and sediment loss in a catchment with winter forage grazing of cropland by Dairy cattle. *J. Environ. Qual.* 35: 575-583.
- Pereyra, C., De Prada, J.D., Cisneros, J.M. y Giayetto, O. (2013). Ordenación territorial en el medio rural. En: Giayetto, O., Plevich, J.O., V.H. Lallana y M.A. Pilatti (Compiladores.). *Bases conceptuales y metodológicas para el ordenamiento territorial en el medio rural 1° ed.* Río Cuarto, Córdoba, Argentina. Editorial StudioQ. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- Rohde, S., M. Hostmann, A. Peter and K. C. Ewald. (2006). Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration. *Landscape and Urban Planning*, 78: 50-70.
- USDA-ARS. (2009). *Science Documentation revised universal soil loss equation Version 2*. Recuperado en Marzo de 2009 en <http://fargo.nserl.purdue.edu/rusle2>.

9. PROBLEMAS DE EXPANSIÓN URBANA Y VISIONES ALTERNATIVAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE RÍO CUARTO

Jorge Dante de Prada, Américo José Degioanni, José Manuel Cisneros,
Alberto Cantero Gutiérrez, Horacio Alfredo Gil, Diego Sebastián Tello,
Víctor Hugo Becerra, Cecilia Pereyra, Oscar Giayetto

RESUMEN

El incremento de la población urbana y el patrón de urbanización muy probablemente agudicen los conflictos urbano-rurales. El patrón de urbanización disperso, guiado por las fuerzas del mercado y soportado por el automóvil como medio de movilidad principal, ha sido identificado como una de las causas principales de la insostenibilidad de las ciudades, p.e. Córdoba y Río Cuarto. En contraste, existen patrones de urbanización más compactos con más posibilidades de un desarrollo sostenible. El objetivo de este capítulo es mostrar un procedimiento que permite sensibilizar al gobierno sobre alternativas de ordenamiento del territorio considerando diferentes patrones de urbanización en una visión de largo plazo; y relevar las preferencias para elegir el mejor patrón de expansión urbana (*PEU*). En la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, con una matriz de decisión de cinco *PEU* por siete criterios de decisión se indaga las preferencias de las autoridades políticas (miembros del Concejo Deliberante y de la Secretaría de Planificación de la Municipalidad de Río Cuarto) y se obtiene el ranking de las *PEU* por individuo con un modelo multicriterio (PROMETHEE). Los resultados muestran que las *PEU2*-Ecociudad y *PEU4*-expansión oeste son las más preferidas por los miembros del gobierno local. Ambas, superan significativamente en términos económicos, ambientales a la *PEU1-tendencial* (mantener las mismas políticas de urbanización). En tanto, en la dimensión social existen ventajas en la *PEU1* dado que requiere menor *esfuerzo político institucional* para su implementación. Otro hallazgo valioso fue la valoración del procedimiento por las autoridades. Las autoridades consideraron que el problema elegido - la expansión urbana es muy importante. También concluyeron que el enfoque multicriterio usado fue muy apropiado, especialmente la diferencia de roles entre gobierno (ámbito de decisión) y Profesionales (encargados del diseño de propuestas). Por su parte, algunos Concejales destacaron la importancia de pensar en el largo plazo con propuestas valoradas y citan como experiencia habitual del Concejo debates sobre ampliación del ejido una vez que las urbanizaciones han sido realizadas, condicionando la posibilidad de modificar u orientar el patrón de poblamiento vigente. Finalmente, es necesario remarcar como limitante alguna dificultad en la comunicación de dos criterios: "la renta de la tierra y esfuerzo político institucional" que no fueron interpretados adecuadamente por un par de autoridades. Teniendo en cuenta esta limitante, los materiales elaborados y el procedimiento vivencial puede ser usado para sensibilizar a la población y específicamente a los gobiernos locales sobre la necesidad planificar el territorio para un futuro más sostenible.

INTRODUCCIÓN

El ordenamiento del territorio, y particularmente la expansión urbana y los patrones de poblamiento, son un desafío complejo y muy importante para los gobiernos locales (423 municipios y comunas en la provincia de Córdoba), y el propio gobierno provincial. De hecho, la elección del patrón de urbanización es competencia jurídica del gobierno municipal dentro del radio urbano y la forma de materialización depende, en buena medida, de acuerdos con el gobierno provincial y nacional. Al gobierno provincial le compete el desarrollo de oportunidades para un asentamiento equilibrado de la población en el territorio y la infraestructura de conectividad entre municipios y comunas, que constituyen medidas estructurales y estructurantes del poblamiento vinculadas al Ministerio de Vivienda, Arquitectura y Obras Viales. Además, el patrón de urbanización constituye el principal disturbio que la sociedad realiza sobre la naturaleza tanto por sus efectos directos sobre el ambiente, como la alteración del ciclo del agua, consumo de suelo, entre otros; como otros indirectos, por ejemplo la modalidad de gestión de los *residuos sólidos urbanos* adoptada en el patrón de urbanización. Estas actividades están vinculadas con el Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. También, la conversión de tierras rurales a urbanas y los conflictos socio-ambientales urbanos-rurales, dependen del patrón de urbanización y de las actividades agrarias realizadas en el periurbano, cuyas competencias están vinculadas principalmente al Ministerio de Agricultura y Ganadería. Por ello, creemos que la temática tratada en este capítulo puede ser de interés para varias profesiones concernientes con la administración y toma de decisiones públicas, funcionarios y técnicos del Estado, y todos aquellos interesados en decisiones de índole público orientadas al desarrollo.

Los patrones de urbanización y la conversión de tierras rurales a urbanas con menores impactos ambientales, económicos y sociales, representan un gran desafío para los go-

biernos locales y la sociedad en su conjunto. En primer lugar, la población urbana crece a un ritmo mayor que la población total; consecuentemente, la sociedad deberá crear las condiciones de hábitat y calidad de vida para albergar a más población futura. Según las predicciones de la FAO (FAO, 2012), la población mundial aumentará en 1400 millones de habitantes y la población urbana pasará del 50 al 60% del total entre los años 2010 y 2030. En este mismo periodo, la Argentina deberá albergar algo más 7 millones de habitantes urbanos, en tanto que en la provincia de Córdoba la cifra será de alrededor de 500.000 habitantes adicionales. Finalmente, en ciudades intermedias, como por ejemplo Río Cuarto, habrá 40.000 habitantes urbanos adicionales si se mantiene un patrón de urbanización similar al histórico. En segundo lugar, los movimientos de población urbana hacia el periurbano o la expansión urbana dispersa "*sprawl*", amplían la conversión de tierras rurales a urbanas, más allá del propio crecimiento poblacional. Este patrón de urbanización disperso se materializa con una alta densidad edilicia en el centro urbano y el establecimiento de barrios de baja densidad poblacional, enclavados en la zonas rurales, en forma discontinua y fragmentada, dejando grandes espacios vacíos (European Environment Agency) EEA (2006). Los hogares, en estos barrios desconectados, tienen el automóvil como principal medio de movilidad y accesibilidad al trabajo, y al equipamiento urbano.

Comparado con otros patrones, el modelo de urbanización dispersa genera graves inconvenientes. McElfish (2007) menciona la pérdida de soporte para los servicios públicos y amenidades, el incremento en el costo del transporte, un mayor consumo de recursos naturales, mayor distanciamiento al sitio de trabajo, y la degradación de la calidad del aire, el agua y la alteración permanente del hábitat y el paisaje. Otros inconvenientes de la urbanización dispersa en Estados Unidos (EEUU), han sido el incremento del gasto en

servicios públicos (Carruthers *et al.*, 2003a, 2003b); y en el plano de la salud pública, el aumento de la probabilidad de problemas de obesidad e hipertensión (Ewing *et al.*, 2008; López, 2004). En Europa, un informe de la "Agencia Ambiental Europea" menciona que la expansión urbana dispersa socava, además, la propia cultura y los valores comunitarios, con mayor riesgo y dependencia alimentaria, y es muy probable que haga insuficientes los esfuerzos globales para alcanzar las metas de mitigación del cambio climático (ver más detalles en EEA, 2006). Los inconvenientes de la urbanización dispersa se han verificado también en América Latina (Inostroza *et al.*, 2013). La ciudad de Buenos Aires ha crecido convirtiendo importante cantidad de tierras fértiles en barrios cerrados, con efectos permanentes en la fragmentación y transformación del hábitat (Morello *et al.*, 2000), y mayores impactos ambientales, tales como reducción de la biodiversidad y proliferación de especies exóticas, mayor emisión de gases de efecto invernadero (Matteucci *et al.*, 2009). También, este patrón de urbanización se observa en ciudades intermedias, como por ejemplo en Río Cuarto (de Prada *et al.*, 2012). Además de los inconvenientes citados, este patrón de urbanización ha acrecentado significativamente los conflictos socio ambientales, como la contaminación por productos químicos y biológicos de uso agropecuario, o la contaminación por la producción pecuaria concentrada (Galfioni *et al.*, 2013). Por ello, la sociedad y los gobiernos deben prever y mitigar los posibles impactos de este patrón de urbanización al mismo tiempo que crear condiciones de hábitat y calidad de vida para más población urbana.

Afortunadamente, existen patrones de urbanización de ciudades más compactas y una valiosa experiencia generada en el mundo que permite pensar en patrones de urbanización más sostenibles. Blassingame (1998) menciona que ciudades bien construidas y conducidas son consideradas los lugares más deseables para el hábitat humano. Se-

gún Carruthers y Ulfarsson (2003a) las políticas anti-dispersión han sido impuestas en los Estados de Arizona, Maine, Michigan y Tennessee (en EEUU) con resultados fiscales importantes cuando lo contrastan con ciudades dispersas. Otro patrón anti-dispersión, es la ecociudad, que promueve el mínimo uso posible de suelo, energía y agua, cambios en las jerarquías para el diseño de la infraestructura de movilidad urbana, autogestión de los residuos urbanos, usos múltiples del territorio y la inclusión de espacios verdes (Gaffron *et al.*, 2008; Vernay *et al.*, 2010). También, existe una amplia gama de políticas, instrumentos, herramientas y métodos como por ejemplo combinar los usos de la tierra, estimular el diseño y la edificación compacta, ampliar la gama de oportunidad y tipo de viviendas a precio justo y razonable para todas las comunidades articuladas con el transporte público, crear comunidades peatonales, preservar espacios abiertos en zonas críticas (agrícolas y naturales), aprovechar los servicios ecosistémicos, hacer que las decisiones sobre desarrollo urbano sean predecibles, justas y de bajo costo, participar a la comunidad y a actores involucrados en las decisiones de desarrollo, por citar algunos principios entre las 100 políticas analizadas por Frazier *et al.* (2003).

Además, la sociedad y los gobiernos locales cuentan con herramientas de planificación e integración; por ejemplo el ordenamiento del territorio con una visión de largo plazo permite considerar y contrastar las diferentes alternativas de expansión urbana y los patrones de urbanización, y seleccionar en forma anticipada la mejor opción para la sociedad (Gómez Orea, 2008).

Para ayudar en esta decisión el gobierno puede ser asistido al menos por dos enfoques. Uno de los más difundidos es el análisis beneficios-costos basado en un sólo criterio, el económico (Falconi *et al.*, 2004). Los flujos de producción de bienes y servicios de cada alternativa de expansión urbana serían transformados a valores monetarios y, apelando a

un costo de oportunidad social del capital, se actualizan y acumulan los valores del flujo económico a un solo criterio, el Valor Actual Neto (VAN). Éste permite elegir la alternativa de expansión que mayor beneficio neto de costos sociales tiene, o es más eficiente (Falconí y Burbano, 2004). Este enfoque es apoyado por una amplia variedad de métodos desarrollados por la economía ambiental para asignarle valores monetarios a los efectos ambientales, tales como externalidades u otras fallas de mercado (ver más detalles en Penna *et al.*, 2011). Este enfoque tiene como ventaja que la regla de decisión es simple, fácil de interpretar, y los valores monetarios pueden ser comparados con otras decisiones. Sin embargo, este enfoque de un solo criterio tiene varias desventajas. Asume que existe un único tomador de decisión racional (y optimizador), que la eficiencia económica es el principal propósito del sistema social, y que la información es completa. Por lo tanto, los efectos de la decisión son todos predecibles y medibles. Estas debilidades fueron marcadas por Simon (1955) quien dio las bases para el enfoque multicriterio. Este enfoque reconoce la racionalidad limitada o acotada de los tomadores de decisiones, que las decisiones están orientadas por múltiples objetivos (políticos, sociales, económicos), generalmente en conflicto, y que el diseño de alternativas y la información en el proceso de decisiones es, generalmente, incompleto. Por lo tanto, las decisiones se toman considerando una alternativa que satisface a los tomadores de decisiones (Romero, 1996). Dentro del enfoque multicriterio, se ha desarrollado una familia de métodos (más detalles ver Barba-Romero, 1987); entre ellos, el método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations, por su sigla en inglés) introducido por Brans y Mareschal (2005). Este método permite incluir diferentes planes de expansión de la ciudad y evaluar las ventajas y desventajas de cada uno con criterios cualitativos y cuantitativos. Ha sido, además, utilizado para evaluar y seleccionar propuestas en diferentes campos

de intervención (ver mayores detalles en Behzadian *et al.*, 2010).

Esta metodología puede ayudar a elegir el mejor patrón de urbanización desde una perspectiva pública o colectiva, diferenciando claramente el rol de la planificación y del gobierno. La sistematización de la información, la identificación y valoración de los criterios derivados de diferentes dimensiones del desarrollo, la comparación e identificación de los conflictos entre criterios, son elementos que pueden aportar los equipos técnicos de planificación. En tanto, las preferencias, el nivel de importancia de cada criterio es un rol que compete a los tomadores de decisiones o particularmente al gobierno. En el caso de la expansión urbana los gobiernos locales tienen un rol importante y deben contar con grados de libertad para establecer sus preferencias y dirimir la forma de expansión urbana más conveniente para la sociedad. Particularmente, con el método PROMETHEE el gobierno puede elegir qué criterios utilizar, qué peso o ponderación darle a cada uno, e identificar los umbrales de preferencia absoluta y de indiferencia (Behzadian *et al.*, 2010). Si bien existen numerosas opciones colaborativas de abordar este tipo de problemas (Vacik *et al.*, 2014), las decisiones de expansión urbana y la diferenciación de roles entre gobierno y equipos técnicos ha sido escasamente estudiada. Este capítulo presenta una modalidad de trabajo para sensibilizar a los gobiernos locales y facilitar la explicitación de las preferencias interactuando en forma directa con los tomadores de decisiones para elegir una propuesta de expansión urbana.

El objetivo es presentar un procedimiento sencillo que permite sensibilizar al gobierno sobre alternativas de ordenamiento del territorio considerando diferentes patrones de urbanización en una visión de largo plazo, y relevar las preferencias para elegir el mejor patrón de expansión urbana utilizando un modelo multicriterio (PROMETHEE). La aplicación se realiza a la ciudad de Río Cuarto (Córdoba, Argentina). El lector con interés en la

forma de identificación de las propuestas de expansión, la valoración de los parámetros, y el algoritmo PROMETHEE, puede ampliar detalles consultando a de Prada *et al.* (2017). Y para más información sobre el procedimiento para relevar los datos del gobierno y la valoración del método se sugiere consultar a de Prada *et al.* (2018).

Las contribuciones de este capítulo son varias. En primer lugar, se muestra una modalidad de trabajo para relevar las preferencias interactuando directamente con autoridades políticas, haciendo operativo el paradigma de la sostenibilidad. La modalidad de trabajo muestra los grados de libertad que tiene el gobierno local para orientar el desarrollo. Se presenta también el peso o ponderación relativa dado por los Concejales y autoridades de la Secretaría de Planificación a los criterios utilizados. En segundo lugar, se revela la importancia que tiene para el gobierno diferenciar los roles del equipo técnico de aquéllos del gobierno, los criterios y el abordaje metodológico, sistematizando la información para resolver un problema de alta complejidad. Finalmente, el trabajo pone en contexto algunas dificultades o barreras detectadas en la comunicación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La provincia de Córdoba, localizada en el centro de la república Argentina con una superficie de 165.321 km², tiene 423 urbanizaciones que ocupan un área 1.467 km². La urbanización es realizada por las comunas y los municipios (Ley Provincial N° 8012). Específicamente, el área de estudio es la ciudad de Río Cuarto (33°7'25" Lat. S - 64°20'56" Long. O) ubicada en el sur oeste de la provincia de Córdoba. Es una ciudad intermedia, con alrededor 165.000 habitantes y un área de competencia jurídica municipal de 250 km² (Ley Provincial N° 9143/2003). La mancha urbana tiene influencia en alrededor de 72 km² y los

168 km² restantes son tierras rurales. El poder ejecutivo Municipal está a cargo del Intendente y el poder legislativo a cargo de un Concejo Deliberante integrado por 19 concejales.

Matriz de decisión: propuestas de expansión urbana por criterio

La matriz de decisión (propuestas y criterios), tomada de Prada *et al.* (2017), se muestra en la Tabla 1 y se indaga sobre las preferencias de los actores involucrados con las decisiones de ordenamiento del territorio, a través de la interacción directa con los miembros del Concejo Deliberante y el equipo de planificación de la Municipalidad de la ciudad de Río Cuarto. En dicha Tabla se pueden apreciar, en la fila correspondiente, las "ponderaciones" y los "objetivos" que fueron indagados. En tanto que, a los umbrales de indiferencia y preferencia absoluta, se les asignaron dos valores arbitrarios: 10 y 90%, respectivamente para las funciones lineales. Luego, se analizó la sensibilidad del resultado a la modificación de esos umbrales (al 30 y 70%, respectivamente).

Propuestas de ordenamiento de la expansión urbana

Las propuestas de ordenamiento (PEU) muestran situaciones contrastantes elaboradas en base a información primaria y secundaria de fácil accesibilidad (para mayores detalles ver de Prada *et al.*, 2012). En el Anexo I se muestran los mapas que clarifican cada propuesta de expansión urbana.

PEU 1: Río Cuarto-Tendencial: Esta propuesta constituye la proyección de la inercia histórica de ocupación del territorio. En ella, las formas de expansión de la urbe sobre el medio rural, se realizó según las fuerzas que han operado como factores de localización en el pasado, guiadas básicamente por la infraestructura pública heredada y que ha diferenciado el mercado de tierras y los precios.

Aunque coexisten diferentes formas de desarrollo y ocupación, en la mayoría de los casos la población ocupa el suelo sin funciones urbanísticas y, posteriormente, reclama por el desarrollo de la infraestructura básica (luz, agua, cloacas, etc.). En esta situación, el crecimiento urbano es disperso, sin control, con muchos parches urbanos que pueden localizarse aún fuera del límite actual de la ciudad o del radio municipal.

PEU 2: Río Cuarto ecociudad 2030. Esta propuesta constituye la alternativa de alcanzar la ecociudad para el año 2030, sin expansión de los límites urbanos sobre el medio rural. La urbanización se realiza densificando, renovando y ocupando las áreas vacías dentro del actual límite urbano (propiedades privadas sin usos específicos, baldíos enmalezados, micro basurales, entre otras). El patrón de movilidad urbana, gestión de los residuos y poblamiento sigue los lineamientos establecidos por Gaffron *et al.* (2008) en toda la ciudad.

PEU 3: Río Cuarto expansión hacia el Norte. En esta propuesta de ordenamiento, la ciudad se expande hacia el Norte (entre las rutas nacionales N° 36 y 158), ocupando las tierras de media aptitud productiva y baja

aptitud ecológica. La fuerza de locación de esta área la constituye el desarrollo diferencial de infraestructura pública (infraestructura de movilidad y servicios) por fuera de los límites de la actual circunvalación de Río Cuarto. En esta propuesta, al igual que en las PEU 4 y 5, se actúa sobre el nuevo espacio con los principios similares a la PEU 2 para su urbanización. En tanto, se diferencia de ésta última propuesta porque en la actual área urbanizada no se inducen transformaciones mayores (movilidad urbana o gestión de residuos), aunque si se incluye la cobertura de infraestructura para los servicios básicos (agua potable, cloacas, gas y desagües pluviales). La PEU 3, al igual que las PEU 4 y 5, puede albergar más población de la proyectada para el año 2030 de acuerdo con la superficie y densidad adoptada.

PEU 4: Río Cuarto expansión hacia el Oeste. En esta propuesta la ciudad se desarrolla entre la ruta provincial N° 30 y la ruta nacional N° 8, aproximándose hacia la localidad de Holmberg (ver Anexo I), y ocupando tierras de media aptitud productiva y baja aptitud ecológica. En esta propuesta la fuerza de localización también la ejerce el desarrollo diferencial de infraestructura pública por fuera de los límites

Tabla 1: Matriz de decisión de las propuestas de ordenamiento: Expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto (Córdoba, Argentina), año 2030.

	PRA (\$ millones)	Población (habitantes)	PSE (índice)	CI-Vial (\$ millones)	RRSD (t/año)	E-Redes	EPI
PEU 1	197	201.032	50.260	293	77.046	2,05	Muy bajo
PEU 2	41	201.032	-	250	48.744	1,00	Muy alto
PEU 3	106	232.936	11.850	266	71.561	1,44	Intermedio
PEU 4	88	214.281	8.980	234	68.701	1,31	Intermedio
PEU 5	140	280.776	19.210	308	78.895	1,73	Alto
Ponderaciones	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?
Objetivos	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?	¿?
Tipo de preferencia	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Lineal	Usual
Umbral q_j (%)	10	10	10	10	10	10	Nc
Umbral p_j (%)	90	90	90	90	90	90	Nc

Nota: PRA: Pérdida de la renta agraria, PSE: Pérdida de servicios ecosistémicos, CI-Vial: Costos de inversión en infraestructura vial, RRSD: Recolección de residuos sólidos domiciliarios, E-Redes: extensión de redes: gas, cloaca, agua potable, desagües, EPI: Esfuerzo político institucional y nc: no corresponde.

de la actual circunvalación, particularmente sobre ruta N° 30 hacia el oeste (Golf Club). El área urbanizada se proyecta también sobre criterios de sustentabilidad y puede albergar a más población de la proyectada para el año 2030, de acuerdo con la superficie y densidad adoptada.

PEU 5: Río Cuarto expansión hacia el Sur. En esta propuesta la ciudad se expande hacia el Sur cuyo eje lo constituye el camino a Santa Flora y se conecta con la ruta nacional N° 8 en dos puntos: al norte y al oeste. Integra en su espacio los parques industriales, el Aeroclub, la Sociedad Rural y el Autódromo. Ocupa tierras de media a alta aptitud productiva y baja aptitud ecológica. La fuerza de localización es el desarrollo diferencial de la infraestructura pública. El área urbanizada se proyecta también sobre criterios de sustentabilidad y puede albergar más población que la proyectada para el año 2030.

Criterios

Los criterios han sido derivados del paradigma de desarrollo sostenible y sintetizados en un número de siete. Los criterios sociales son dos: la *población* que albergará la ciudad en el año 2030, y el *esfuerzo político institucional* para implementar la *PEU*. Los criterios económicos son tres: la *pérdida de renta agraria*, la *extensión de redes* y la *inversión para infraestructura vial* (jerarquías de movilidad urbana y seguridad vial–rutas nacionales). Los criterios ambientales son dos: *pérdidas de servicios ecosistémicos por la conversión de tierras*, y *gestión de los residuos sólidos urbanos*.

Criterio 1. *Pérdida de renta agraria (PRA).* La urbanización convierte tierras rurales en urbanas y, por lo tanto, los flujos económicos generados por las tierras agrarias se pierden, mientras que en el área de amortiguación se reducen. La *PRA* se calcula mediante el Valor Actual de una renta agraria a perpetuidad (más detalles ver de Prada *et al.*, 2017).

Criterio 2. *Población futura estimada.* La *población* para el año 2030 en la *PEU 1*-Tendencial y la *PEU 2*-ecociudad se proyecta en base al crecimiento poblacional histórico. En contraste, las *PEU 3*, 4 y 5 albergan más población que la propuesta Tendencial para reducir la presión poblacional sobre los grandes centros urbanos de nuestro país (ver detalles en la Tabla 1). En este criterio, el espacio rural convertido a urbano, considera una densidad de alrededor de 65 habitantes por hectárea (10.000 m²), y permitiría alcanzar una densidad poblacional en la ciudad de 28, 26 y 31 habitantes por hectárea en el año 2030 en las *PEU 3*, 4 y 5, respectivamente.

Criterio 3. *Pérdida de servicios ecosistémicos (PSE).* La conversión de tierras rurales a urbanas altera las funciones ecosistémicas y se considera una pérdida de la capacidad de prestar dichos servicios. Un índice que multiplica el valor unitario de acuerdo al tipo de tierras por el área afectada en la *PEU*, es usado para valorar este criterio. El índice de servicios ecosistémicos es el siguiente: Ribera del río Cuarto 100 unidades, depresión de San José (humedal) 50 unidades, planicies Sur y Norte 10 unidades y Faja fluvio eólica 20 unidades por el área de expansión urbana (ver los detalles en la Tabla 1).

Criterio 4. *Costos de inversión de infraestructura vial (CI-Vial).* El desarrollo de la infraestructura vial constituye una fuerza de localización muy importante. El criterio incorpora el costo de las vías de comunicaciones terrestres para mantener la conectividad y reducir los riesgos de accidentes de tránsito en las nuevas áreas urbanizadas (Tabla 1).

Criterio 5. *Recolección de residuos sólidos urbanos (RRSU).* se utiliza para cuantificar la generación y recolección de los residuos sólidos urbanos, considerando que el 60% del total son orgánicos (Delgadino *et al.*, 2011), y que la cantidad total depende del proceso de urbanización. La *PEU 1*, considera que se mantiene similar al actual. En tanto que, en la *PEU 2* se asume que la población aprovecha los residuos orgánicos presentes

en su hogar o barrio. En las zonas de nuevas urbanizaciones, se considera que el valor de aprovechamiento de residuos sólidos urbanos es del 60%, y en las zonas urbanas existentes del 30%. Estos parámetros se utilizan para estimar la cantidad total de residuos sólidos urbanos residenciales a recolectar. En las *PEU* 3, 4, y 5 se considera el 60% de aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos sólo en las nuevas áreas urbanizadas (Tabla 1).

Criterio 6. *Extensión de redes (E-Redes).* Razón de servicios urbanos. Se cuantifica la extensión de las redes de agua potable, cloacas y gas natural y los desagües pluviales según las distancias o superficies nuevas a cubrir en función de las áreas sin cobertura actual y las cubiertas por las *PEU*. Debido a que las medidas de cada una de estas variables cambian de forma similar entre las *PEU*, se las unifica en un criterio único denominado Razón de servicios urbanos, utilizando la *PEU* 2 como el denominador de la razón por ser la propuesta que tiene menores requerimientos de cobertura (Tabla 1).

Criterio 7. *Esfuerzo político-institucional (EPI).* Este criterio hace operativa la dimensión político-institucional en la construcción del futuro ordenamiento territorial o planificación. Reconociendo los conflictos y los actores sociales que tienen poder para incidir en el futuro de la sociedad, Matus (2008) menciona que en democracia el gobierno cumple tres funciones claramente discernibles que no deben confundirse: a) El diseño de las reglas que inducen y rigen los comportamientos del sistema social en el que aspiramos vivir; b) El diseño del proyecto político (de gobierno) para utilizar o modificar las reglas sociales establecidas (explicitas e implícitas); y c) La conducción del proceso político evaluando y corrigiendo los resultados del mismo. En las funciones primera y segunda, se explicita la dimensión político-ideológica y el deseo de una sociedad idealizada, considerando la forma elegida para alcanzarlo. El *EPI* captura en forma cualitativa la distancia entre los requere-

mientos de cada *PEU* y el comportamiento social actual (Tabla 1).

Procedimiento para relevar las preferencias

Paso 1. Ensayo de una modalidad de trabajo que consistió en la realizaron cuatro encuentros previos al desarrollo de este Taller en el Concejo Deliberante de la ciudad de Río Cuarto.

Paso 2. Organización del Taller, gestionada a través de la Secretaría de Extensión de la Facultad de Agronomía Veterinaria (FAV-UNRC) y la presidencia del Concejo Deliberante de la ciudad de Río Cuarto.

Paso 3. Realización del Taller titulado: “Ordenamiento del territorio: *diseño y propuestas de expansión urbana en el medio rural - Visión 2030*”.

Paso 4. Sistematización de los resultados.

El Taller, consiste básicamente de tres fases: *i)* Presentación de las propuestas y los criterios, *ii)* Resolución de un ejercicio guiado para indagar sobre las preferencias de los actores participantes del taller (ver detalles en Anexos I y II), y *iii)* Interacción de los participantes con el equipo técnico para analizar y discutir los resultados emergentes de sus preferencias.

En la primera fase, la presentación inicial tuvo como objetivo introducir la información para “Analizar las propuestas de ordenamiento del territorio: Expansión urbana (Ciudad de Río Cuarto)”. En primer lugar, se presentó la *población* y sus pronósticos de crecimiento para el año 2030. En segundo lugar, se presentaron e ilustraron dos conceptos de expansión urbana: “disperso” y “compacto” para albergar a la población adicional y a la migración urbano-rural. En tercer lugar, se presentó el comportamiento histórico de la ciudad (crecimiento de la mancha urbana) y su resultado (imágenes del centro y límites de la ciudad) con las implicancias en los conflictos urbano-rurales. En cuarto lugar, se pre-

sentó la metodología para discutir las *PEU* y la necesidad de diferenciar los roles político y profesional. Las prognosis para la *PEU* 1-Tendencial y para las otras cuatro alternativas también fueron introducidas. En quinto lugar, se muestran y caracterizan, uno a uno, los siete criterios. Finalmente, con tres proyectos políticos hipotéticos se muestran las *PEU* seleccionadas con el objetivo de ilustrar la importancia y grados de libertad del gobierno local y, particularmente, el rol del tomador de decisiones.

En la segunda fase, los participantes trabajan en la resolución de un ejercicio para identificar las *PEU* con el valor de los criterios en sus medidas originales. Seguidamente, se identifica el objetivo para cada criterio y cuál de las *PEU* se comporta mejor o peor para cada criterio. Posteriormente, se explicitan sus preferencias criterio por criterio. La escala utilizada es de 0 a 10, el valor 0 simplemente elimina el criterio y los valores de 1 a 10 representan niveles crecientes de importancia del mismo. En esta fase, las preguntas y dudas son respondidas por los miembros del equipo de trabajo responsable del desarrollo del taller.

En la tercera fase, se utilizan los preferencias explícitas, se resuelve el modelo PROMETHEE y se comparten y analizan los resultados obtenidos. Finalmente, se realiza el cierre de la actividad previa solicitud a los participantes a que completen un cuestionario de evaluación del Taller (ver detalles en de Prada *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cuatro talleres de preparación previa fueron realizados con miembros del Centro de Estudios y Proyectos para el Desarrollo Regional (27/09/2012), con referentes del sector agropecuario (15/10/2012) y en dos oportunidades con los miembros del Colegio de Arquitectos de la provincia de Córdoba, Regional 4 con sede en Río Cuarto (06/12/2012 y

19/4/2013). Posteriormente, se llevó a cabo el Taller organizado junto con el Concejo Deliberante de la ciudad de Río Cuarto (01/11/2013) del que participaron 14 personas, entre concejales de los tres bloques políticos, el Secretario del Concejo, y funcionarios de la Secretaría de Planificación del poder ejecutivo local. Entre los participantes, hubo representantes de los bloques Río Cuarto para todos (Unión Cívica Radical, Partido Socialista y Partido Nuevo), Unión por Córdoba-Frente para la Victoria y Encuentro ciudadano. A continuación se trabajan los datos primarios recolectados en este Taller.

Preferencias

Un hallazgo importante fue corroborar que los participantes de los distintos talleres demuestran un entendimiento y disposición favorable para considerar las múltiples dimensiones del problema de ordenamiento del territorio y, particularmente, la necesidad de pensar los patrones de urbanización explicitando sus preferencias sobre más de un criterio (enfoque y análisis multicriterio), usando flexiblemente la posibilidad que ofrece el método utilizado. En la Tabla 2, se muestran las estadísticas de los pesos (o ponderaciones) asignados a los siete criterios definidos en el ejercicio multicriterio con los participantes. Se puede apreciar que los siete criterios tienen asignado un peso relativo (en promedio entre 3,96 y 7,86). También, se observan las diferentes preferencias. El criterio más ponderado por los participantes ha sido el de “*extensión de redes*” (agua potable, gas, cloaca y desagües). De hecho, el promedio y la moda asignados por los participantes fueron las más altas; 7,86 y 10 respectivamente, con la particularidad de que este criterio tiene la menor variabilidad (coeficiente de variación de 28%). Los dos criterios siguientes, que comparten el máximo peso asignado (moda igual a 10), fueron “*recolección de residuos sólidos urbanos*” y “*EPI*”, aunque con más variación y menor promedio que el mencionado en primer término. La metodología abordada

permite explicitar diferencias significativas en los pesos asignados a cada criterio. Varios participantes han eliminado algún criterio del problema y ponderado otros con más importancia en términos relativos. Por ejemplo, algunos le asignaron valor cero a “PRA”, “Población” y “EPI”, mientras que otros participantes le asignaron el máximo nivel de ponderación a estos mismos criterios.

Los participantes han considerado el criterio “EPI” y éste captura las diferencias marcadas entre los mismos. De hecho, el “EPI” ha sido uno de los criterios ponderados por la mayoría de los participantes del Taller (promedio= 6,71; desvío= 3,49) aunque hubo participantes que lo eliminaron de la consideración (asignándole un valor mínimo igual cero), y otros lo consideran como muy importante (moda igual a 10). Este contraste, muestra grandes diferencias en la concepción de la política pública. Quienes consideran que es necesario modificar el comportamiento del Estado y las reglas de juego independiente del esfuerzo, asignan cero a este criterio; mientras que los participantes que piensan que su función es velar por mantener las reglas de juego, le asignan el máximo valor. Este hallazgo es muy importante porque facilita la inclusión de la dimensión político-administrativa, que con frecuencia no es considerada al abordar los problemas de desarrollo en forma

operativa. Por lo tanto, los participantes han considerado las múltiples dimensiones del desarrollo sostenible, explicitando sus preferencias por más de un criterio en general, y con flexibilidad para representar las preferencias.

Propuestas de expansión urbana (ranking)

Otro resultado interesante fue la reducción de las alternativas de solución, aún sin la necesidad de deliberación. En la Tabla 3, se puede apreciar que prácticamente dos *PEU* compactas compiten por el primer puesto. Dos aclaraciones resultan importantes de ser consideradas aquí para interpretar los resultados. La Tabla 3 muestra la sensibilidad a los supuestos realizados en los umbrales de preferencia dado que esto no fue explícito. En este sentido, se puede apreciar la alta estabilidad de los resultados al supuesto realizado. La segunda aclaración es que solamente cinco casos presentan una *PEU* con el mejor flujo (puntaje) de fortalezas al mismo tiempo que el menor flujo de debilidades. Por lo tanto, el flujo neto (diferencia entre fortalezas y debilidades) representa fielmente la *PEU* elegida. En los otros 23 casos existe cierto conflicto. Por ejemplo, una *PEU* resulta mejor en fortalezas y otra en debilidades; consecuentemente, es necesario proveer más información en estos casos. De todos modos, en la interacción con

Tabla 2: Preferencias de los participantes del taller realizado con integrantes del Concejo Deliberante y del Poder Ejecutivo municipal de la ciudad de Río Cuarto.

Estadísticos	Asignación de pesos a los criterios (escala 0–10):						
	PRA	Población	PSE	CI-Vial	RRSU	E-Redes	EPI
Promedio	5,21	3,96	7,39	7,39	7	7,82	6,71
Desvío estándar	3,14	3,44	2,45	2,45	2,89	2,18	3,49
Coef. de variación (%)	60	87	33	33	41	28	52
Moda	5	0	8	8	10	10	10
Mínima	0	0	1	1	2	2	0
Máxima	10	10	10	10	10	10	10
Respuestas (1)	28	28	28	28	28	28	28

Nota: (1) Los catorce participantes presentan uno, dos o tres vectores de ponderación por criterio. PRA: Pérdida de renta agraria, PSE: Pérdida de servicios ecosistémicos, CI-Vial: Costos de inversión en infraestructura vial, RRSU: Recolección de residuos sólidos domiciliarios, E-Redes: Extensión de redes: gas, cloacas, agua potable, desagüe, EPI: Esfuerzo Político Institucional.

los participantes del taller, se constató que cuando ven este conflicto buscan el resultado del flujo neto y muestran bastante conformidad con su resultado.

A través de sus preferencias, los participantes muestran como mejores a las *PEU* 2 y 4. En la Tabla 3 se muestra que la *PEU* 2 es la que presenta más fortaleza para 25 y 26 casos (92,9% u 89,3% del total según el umbral de preferencias asumido); mientras que la *PEU* 4 es la propuesta que presenta menos debilidades para 26 casos (93% del total) independiente del umbral de preferencia. También se observa que la expansión urbana dispersa representada por la *PEU* 1 no ha resultado ganadora en ningún caso, aún para los participantes que le asignaron un valor alto al “*EPI*” en sus preferencias, que son las modalidades compactas. De hecho, la *PEU* 1 resulta en todos los casos la alternativa con más debilidades. La *PEU* 3 tampoco ha competido en el primer puesto del ranking; sin embargo, ocupa la segunda o tercera posición del ranking para casi todos los casos. En tanto, la *PEU* 5 ha presentado más fortalezas para dos casos, los que consideran que la ciudad debe albergar a más *población*. En síntesis, la complejidad de las intervenciones e imágenes objetivo futuras se ha reducido significativamente una vez explicitado y realizado el ejercicio.

Efectividad de la comunicación

Otro elemento importante indagado ha sido la efectividad de la comunicación. Este hallazgo muestra un resultado contrastante. En el ejercicio, los participantes completan los objetivos y determinan qué propuesta resulta mejor o peor considerando un solo criterio. Las respuestas consistentes son aquellas en las que el objetivo elegido (maximizar o minimizar) se corresponde con la identificación de la mejor y peor *PEU*; de otro modo, la respuesta se considera inconsistente. La respuesta inconsistente más frecuente es la identificación del objetivo. Por ejemplo, cuando se elige maximizar, y luego, en la identificación de la mejor *PEU*, ésta no se corresponde con el máximo valor del criterio.

En general, los participantes han respondido consistentemente, aunque hubo varios casos de inconsistencia (ver resultados en la Tabla 4). En primer lugar, las respuestas de seis participantes (43% del total) son consistentes en todos los criterios, seguido por las de otros tres participantes (21%) que responden con una sola inconsistencia. En contraste, hay tres participantes que sus respuestas fueron inconsistentes en tres o cuatro criterios, mientras que dos participantes responden todos los criterios de forma inconsistente. Uno de ellos, en todos los criterios identificó las *PEU* 1 y 2 como las mejores y las *PEU* 3, 4, y 5 como las

Tabla 3: Propuestas de expansión urbana mejor posicionadas por flujo PROMETHEE en el taller realizado con integrantes del Concejo Deliberante y del Poder Ejecutivo municipal de la ciudad de Río Cuarto.

Umbrales	Frecuencia de la mejor propuesta de expansión urbana según:											
	$q_i=10\%$ y $p_i=90\%$						$q_i=30\%$ y $p_i=70\%$					
Flujos	Neto		Fortaleza		Debilidad		Neto		Fortaleza		Debilidad	
Propuestas	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
<i>PEU</i> 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>PEU</i> 2	11,0	39,3	26,0	92,9	2,0	7,1	9,0	32,1	25,0	89,3	2,0	7,1
<i>PEU</i> 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>PEU</i> 4	16,0	57,1	1,0	3,6	26,0	92,9	18,0	64,3	1,0	3,6	26,0	92,9
<i>PEU</i> 5	1,0	3,6	1,0	3,6	0,0	0,0	1,0	3,6	2,0	7,1	0,0	0,0
Total *	28,0	100	28,0	100	28,0	100	28,0	100	28,0	100	28,0	100

Nota: * hay participantes que presentan dos o tres vectores de ponderación de los criterios diferentes; los valores en *italica* muestran la proporción de las *PEU* más elegidas; q_i umbral de indiferencia, y p_i umbral de preferencia absoluta, usado para los criterios cuantitativos con funciones lineales.

peores. El otro caso tuvo varias inconsistencias entre objetivo y la *PEU* identificada como mejor o peor. En segundo lugar, la consideración de los criterios permitió apreciar que prácticamente dos de ellos: *población y esfuerzo político institucional*, no presentaron dificultades (12 de 14 respuestas consistentes). En oposición, el criterio con más dificultades de interpretación fue “*la extensión de redes de servicios urbanos*” que presentó ocho respuestas consistentes de las catorce. Este criterio fue trabajado originalmente como una razón de la extensión de redes (agua potable, gas, cloacas, y desagüe) de la *PEU i* (1, 2, ..., 5) con respecto a la *PEU 2*, pero esta relación resultó confusa para los participantes durante los talleres preparatorios. Por ello finalmente se usó la extensión de redes, medida en kilómetros. Los criterios *pérdida de servicios ecosistémicos* y *recolección de residuos sólidos urbanos*, también presentaron cinco de

catorce respuestas inconsistentes. Estas dificultades detectadas en la comunicación deben ser consideradas y resueltas para futuras aplicaciones del método multicriterio usado en este estudio de caso.

Evaluación del taller

La experiencia ha sido, en general, muy bien valorada por los participantes del Taller y en la Tabla 5, se puede apreciar la valoración asignada por cada uno de ellos. Doce participantes completaron el cuestionario de evaluación y las preguntas respondidas fueron entre 7 y 12. De hecho, las preguntas abiertas (7 y 8) fueron causales de abandono del llenado del cuestionario. Para instancias futuras se cree pertinente que las preguntas abiertas sean trasladadas al final del cuestionario. El primer dato relevante de la evaluación es la importancia asignada al problema trabajado

Tabla 4: Respuestas consistentes o inconsistentes de los participantes del Taller realizado con integrantes del Concejo Deliberante y del Poder Ejecutivo municipal de la ciudad de Río Cuarto.

Participante	PRA	Población	PSE	CI-Vial	RRSU	E-Redes	EPI	TOTAL	
								C	I
1	C	C	C	I	C	C	C	6	1
2	I	C	C	C	C	C	C	6	1
3	C	C	I	C	I	I	C	4	3
4	C	C	C	C	C	I	C	6	1
5	C	C	I	C	I	I	C	4	3
6	C	C	C	C	C	C	C	7	0
7	C	C	C	C	C	C	C	7	0
8	I	I	I	I	I	I	I	0	7
9	C	C	C	C	C	C	C	7	0
10	I	I	I	I	I	I	I	0	7
11	C	C	C	C	C	C	C	7	0
12	C	C	C	C	C	C	C	7	0
13	C	C	I	I	I	I	C	3	4
14	C	C	C	C	C	C	C	7	0
TOTAL C	11	12	9	10	9	8	12	-	-
TOTAL I	3	2	5	4	5	6	2	-	-

Nota: “C” e “I”: respuestas consistentes e inconsistentes, respectivamente. PRA: Pérdida de renta agraria, PSE: Pérdida de servicios ecosistémicos, CI-Vial: Costos de inversión en infraestructura vial, RRSU: Recolección de residuos sólidos domiciliarios, E-Redes: Extensión de redes: gas, cloacas, agua potable, desagüe, EPI: Esfuerzo Político institucional.

en el Taller, todos los Concejales e integrante de la Secretaría de Planificación de la Municipalidad de Río Cuarto que respondieron el cuestionario consideran que la expansión urbana es un problema muy importante de la ciudad (escala de 0 a 5, promedio= 5, desvío= 0). En este sentido, comentarios expresados de manera verbal muestran la necesidad de incorporar y trabajar esta problemática en la agenda de largo plazo.

Otro elemento relevante ha sido la importancia asignada a la diferenciación de roles realizada por el enfoque utilizado. De hecho se puede apreciar que las preguntas 9 y 10 son las que máximo puntaje tienen en la escala, después de la identificación del problema. El enfoque utilizado permite la diferenciación de roles (técnico vs. político) y el trabajo general del taller ha sido bien valorado. Los participantes que respondieron han percibido claramente las diferencias entre los roles: profesional y gobierno (Escala de 1 a 5, promedio= 4,7 y desvío= 0,5) y, además, consideran muy importante diferenciarlos (Escala de 1 a 5, promedio=4,6 y desvío= 0,5). Los otros elementos del Taller, como la presentación de la metodología de trabajo y la información provista han sido bien valorados. De hecho, los participantes en promedio valoran con 8,3 puntos sobre diez el taller con muy baja dispersión (coeficiente de variación del 6%).

En relación a las preguntas abiertas del cuestionario de evaluación, se han rescatado varios elementos interesantes. Los participantes consideran que los criterios trabajados han sido adecuados. Solamente dos participantes mencionan eliminar uno. En relación al agregado de criterios se menciona *el valor real de la tierra*. Probablemente, se refieran al valor financiero de adquirir la tierra. Estimamos que éste es el significado que le dan a ese criterio. Sin lugar a dudas, tanto el valor real económico, capturado por *PRA*, cuanto el valor financiero de adquisición de la tierra para la expansión urbana compacta, deberían considerarse. Probablemente, el criterio financiero debe incluirse en el diseño de las

estrategias de accesibilidad a la tierra una vez seleccionada la *PEU*. Otro criterio sugerido es la distancia de recolección de residuos. El criterio de recolección de residuos ha sido cuantificado por el volumen considerando diferencias en las modalidades de tratamiento *in situ*, en tanto la distancia recorrido agregaría el otro componente del costo de recolección y es relativamente simple considerarlo e integrarlo a las propuestas. También hubo un participante que sugiere incluir la dimensión del cambio idiosincrático en la conducta colectiva, posiblemente motivado por la características comentadas en la ciudad ecológica. Finalmente, dos participantes manifiestan que el *esfuerzo político institucional* debe incluir la articulación con las localidades de Las Higueras y Holmberg y una política conjunta de urbanización. Sin lugar a dudas, si bien el ejercicio fue realizado para la ciudad de Río Cuarto, desde el punto de vista del problema de ordenamiento sería muy conveniente el abordaje conjunto de las tres poblaciones urbanas. Un participante manifiesta que la comunicación de variables técnicas no fueron suficientemente claras en la Tabla propuesta, y sugiere que los tomadores de decisiones sean expuestos más frecuentemente a los datos técnicos. Estas dificultades de comunicación fueron tratadas previamente y se coincide con el comentario.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se diseñan cinco propuestas de expansión urbana y parametrizan para indagar en forma directa las preferencias del gobierno local sobre el patrón de urbanización usando un modelo multicriterio discreto en un Taller realizado en el Concejo Deliberante. Las preferencias son utilizadas para analizar, evaluar y seleccionar la mejor alternativa de conversión de tierras rurales a urbanas con una visión de largo plazo (año 2030). En el diseño y análisis se incluyen cinco *PEU* (*PEU* 1 "tendencial" poblamiento disperso y cuatro propuestas compactas *PEU* 2, ..., *PEU*

5) y siete criterios: la *Pérdida de renta agraria*, la *Población*, la *pérdida de servicios ecosistémicos*, la Extensión de los servicios de agua potable, cloaca, gas y desagüe pluviales, el Costo de la infraestructura vial, el Volumen de recolección de *residuos sólidos urbanos*, y finalmente, el *Esfuerzo político institucional* necesario para realizar cada propuesta, que depende del esfuerzo de cambio social entre lo actual y la propuesta.

Es interesante marcar que el gobierno local y los concejales han explicitado sus preferencias y, aunque ponderan varios criterios con marcadas diferencias, muestran bastante consenso en el ranking de las *PEU*. De hecho, los resultados muestran que prácticamente la mayoría de los criterios han sido ponderados por los participantes. La indagación de los pesos muestra diferencias marcadas. El criterio más contrastante es la *población* que albergará la ciudad. Hay participantes que eliminan el criterio y otros le asignan la máxima importancia o ponderación. El criterio “*EPI*” ha sido valorado y también muestra diferencias entre los participantes. Éste es uno de los criterios con más peso asignado después del criterio *extensión de redes* (cloacas, agua potable, gas, entre otras redes) aun cuando algunos participantes lo eliminan del análisis. Aunque en forma preliminar, existe bastante consenso en los resultados: las *PEU 2* y *PEU 4*, ambos patrones de expansión compacta,

aparecen como el resultado más frecuente; y prácticamente en todos los casos la *PEU 1* “tendencial” aparece como la peor opción.

Las implicancias de este resultado son muy promisorias en términos de desarrollo sostenible. De hecho, la *PEU 2* y la *PEU 4* superan significativamente en términos económicos, ambientales y sociales a la *PEU 1*. Aunque la *PEU 2* y la *PEU 4* tienen como única debilidad el *esfuerzo político institucional* es significativamente mayor que la *PEU 1*. Es decir la única desventaja con respecto a la *PEU* -tendencial es que el gobierno requiere explicitar la visión y realizar un esfuerzo importante para modificar el comportamiento del Estado en primera instancia, y a través de éste de la sociedad. Esta implicancia es también importante porque en general el *esfuerzo político institucional* para materializar los cambios ha sido ignorado.

Otro hallazgo muy interesante es el procedimiento para la interacción y participación de los decisores en el establecimiento de las preferencias. La metodología PROMETHE facilitó en el Taller brindar la información de un problema de alta complejidad con posibles soluciones sistematizadas en una matriz de decisión. El trabajo directo con los participantes permite dimensionar la importancia de cada criterio y la ponderación de los mismos. La obtención de resultados de selección

Tabla 5: Evaluación por los participantes del Taller realizado con integrantes del Concejo Deliberante y del poder ejecutivo municipal de la ciudad de Río Cuarto.

Estadísticos	P1	P2	P3	P4	P5	P9	P10	P11	P6
	Escala 1-5					1-10*			
Promedio	3,9	5,0	3,8	3,2	4,1	4,7	4,6	8,3	1,6
Desvío estándar	0,8	-	0,8	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
Coef. de variación (%)	20	0	20	18	17	10	12	6	33
Moda	4	5	4	3	4	5	5	8	2
Mínima	3	5	2	2	3	4	4	8	1
Máxima	5	5	5	4	5	5	5	9	2
Respuestas	12	12	12	12	11	7	7	7	12

Nota: P1: claridad de la exposición, P2: importancia del problema, P3: metodología de trabajo, P4: material entregado (mapa-datos-ejercicio releva preferencia), P5: ejercicio realizado (ponderación), P6: la cantidad de *PEU* (*1= pocas, 3= muchas), P9: diferencia entre los roles: técnico y político, P10: importancia de diferenciar los roles, P11: Calificación del Taller (**escala 1 a 10).

de planes de ordenamiento de acuerdo a las preferencias explícitas, se muestra muy ventajoso para resolver problemas estructurales complejos, con un reconocimiento de los participantes de la información técnica y del rol político institucional que debe ejercer el gobierno.

Si bien los resultados de la metodología multicriterio y la indagación del taller han sido robustos queremos alertar al lector sobre algunas limitaciones. La primera limitación es que no se han elaborado todas las posibilidades de expansión urbana. De hecho, una de las sugerencias de los concejales fue incluir el gran Río Cuarto, con la población urbana de dos localidades próximas (Holmberg y Las Higueras). En segundo lugar, la complejidad del problema abordado ha mostrado algunas inconsistencias en la comunicación. El mensaje debe ser entendido por los participantes y debemos mejorar los instrumentos, materiales y momentos de entrega de la información para hacer más efectiva la comunicación. A pesar de las debilidades marcadas los resultados son muy promisorios para agregar valor a la información dispersa mediante métodos multicriterio que apoyen la ordenación del territorio y particularmente los patrones de expansión urbana que representan un desafío social, particularmente muy importante para los gobiernos locales.

Aunque el ordenamiento territorial no ha sido plenamente incluido en la agenda provincial y local son importantes los esfuerzos de coordinación que se realizan entre Ministerios y actores sociales para implementar la Ley 10208 que da base para el ordenamiento ambiental, particularmente nos referimos al Consejo de Desarrollo Sustentable presidido por Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. En este ámbito, posiblemente puede alimentarse la necesidad del ordenamiento territorial en la agenda pública provincial que incluya e integre la cuestión ambiental, junto con las políticas de urbanización, agrarias, industriales y de servicios.

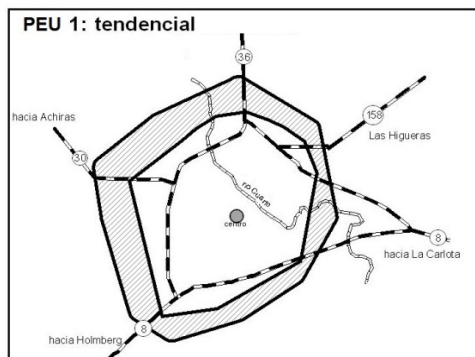
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel, S., Parent, J., Civco, D. L., Blei, A. y Pote, D. (2011). The dimensions of global urban expansion: Estimates and projections for all countries, 2000–2050. *Progress in Planning*, 75(2), 53-107. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.progress.2011.04.001>
- Barba-Romero, S. (1987). Panorámica actual de la decisión multicriterio discreta. *Investigaciones Económicas*, 11(2), 279-308.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A. y Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200(1), 198-215.
- Blassingame, L. (1998). Sustainable cities: Oxy-moron, utopia, or inevitability? *The Social Science Journal*, 35(1), 1-13. doi: 10.1016/s0362-3319(98)90055-6
- Brans, J. P. y Mareschal, B. (2005). Promethee methods. In J. Figueira, S. Greco y M. Ehrgott (eds.). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys* (Vol. 78, pp. 163-195), Kluwer Academic Publishers.
- Carruthers, J. I. y Ulfarsson, G. F. (2003a). Does "Smart Growth" Matter to Public Finance? (pp. 35): Department of Housing and Urban Development.
- Carruthers, J. I. y Ulfarsson, G. F. (2003b). Urban sprawl and the cost of public services. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(4), 503-522.
- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Galfioni, M. A., y Cantero G., A. (2017). Evaluación multicriterio de la expansión urbana, visión 2030. El caso Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 17, 153-168.
- de Prada, J. D., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Cantero G., A., Gil, H. A., Tello, D. (2018). Planificación del territorio: Elección del patrón de urbanización. El caso de la ciudad de Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. En prensa.
- Delgadino, F., Rodríguez, J. M., Albrisi, S., Mosquera, M., Rubinstein, H., Moiso, E. (2011). *Proyecto Córdoba 2025. Resumen Ejecutivo* (F. y N.

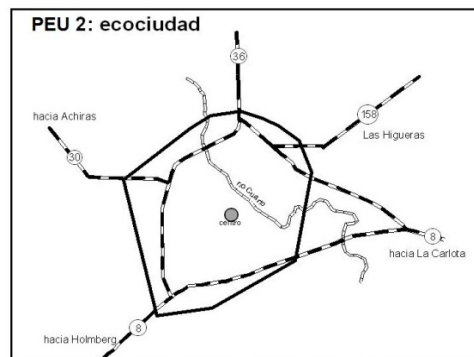
- Instituto de Investigación de Servicios Públicos e Infraestructura de la Facultad de Ciencias Exactas, Trans.) (pp. 46). Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba y Cámara Argentina de la Construcción.
- EEA. (2006). Urban sprawl in Europe. The ignored challenge (pp. 60). 1050 Copenhagen K: *European Environment Agency*.
- Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, R., Zlot, A., y Raudenbush, S. (2008). Relationship Between Urban Sprawl and Physical Activity, Obesity and Morbidity. In J. M. Marzluff, E. Shulenberg, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, U. Simon y C. ZumBrunnen (eds.), *Urban Ecology* (pp. 567-582): Springer US.
- Falconí, F. y Burbano, R. (2004). Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *Revibec: Revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica*, 1, 011-020.
- FAO (2012). *FAO statistical yearbook 2012*. World food and agriculture. Roma, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Frazier, T., Nelson, K., Nisenson, L., Santore, M. K., Sobel, L., Sprague, E. (2003). *Getting to Smart Growth II: 100 More Policies for Implementation*. Cómo Alcanzar el Desarrollo Inteligente, II: 100 Políticas Adicionales para su Implementación (I. C. C. M. A. I. y. S. G. N. y. U. S. E. P. Agency., Trans.) (pp. 136). San Juan, Puerto Rico: Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable.
- Gaffron, P., Huismans, G. y Skala, F. (eds.). (2008). Proyecto Ecocity. Manual para el diseño de ecociudades en Europa. *Libro I La ecociudad: Un lugar mejor para vivir*. Santa María, 1-1º 48005 Bilbao, España.
- Galfioni, M. d. I. A., Degioanni, A., Maldonado, G. y Campanella, O. (2013). Conflictos socioambientales: identificación y representación espacial. Estudio de caso en la ciudad de Río Cuarto (Argentina). *Estudios Geográficos*, LXXIV (275), 469-493.
- Gómez Orea, D. (2008). Ordenación Territorial (2ª ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa S.A.
- Inostroza, L., Baur, R. y Csaplovics, E. (2013). Urban sprawl and fragmentation in Latin America: A dynamic quantification and characterization of spatial patterns. *Journal of Environmental Management*, 115(0), 87-97. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.11.007>.
- Lopez, R. (2004). Urban sprawl and risk for being overweight or obese. *American Journal of Public Health*, 94(9), 1574-1579.
- Matteucci, S. y Morello, J. (2009). Environmental consequences of exurban expansion in an agricultural area: the case of the Argentinian Pampas ecoregion. *Urban Ecosystems*, 12(3), 287-310. doi: 10.1007/s11252-009-0093-z
- Matus, C. (2008). *El líder sin estado mayor*. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional de la Matanza.
- McElfish, J. M. (2007). Ten things wrong with sprawl (pp. 12). Washington, D.C.: *Environmental Law Institute*.
- Morello, J., Buzai, G. D., Baxendale, C. A., Matteucci, S. D., Rodríguez, A. F., Godagnone, R. E. (2000). Urbanización y consumo de tierra fértil. *Revista Ciencia Hoy*, 10(55), 50-61.
- Penna, J. A., de Prada, J. D. y Cristeche, E. (2011). Valoración económica de los servicios ambientales: Teoría, métodos y aplicaciones. En P. Latta, E. Jobbágy y J. Paruelo (eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (pp. 85-119). Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Romero, C. (1996). *Análisis de las decisiones multicriterio* (4ª ed.). Madrid, España: Isdefe.
- Simon, H. A. (1955). A Behavioral Model of Rational Choice. *The Quarterly Journal of Economics*, 69(1), 99-118.
- Vacik, H., Kurttila, M., Hujala, T., Khadka, C., Haara, A., Pykäläinen, J. (2014). Evaluating collaborative planning methods supporting programme-based planning in natural resource management. *Journal of Environmental Management*, 144(0), 304-315. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.029>
- Vernay, A. L., Salcedo Rahola, T. B. y Ravesteijn, W. (2010). *Growing food, feeding change: Towards a holistic and dynamic approach of eco-city planning*, Shenzhen.

Anexo I. Material de apoyo para el ejercicio de identificación de la mejor y peor propuesta de expansión urbana por criterio.

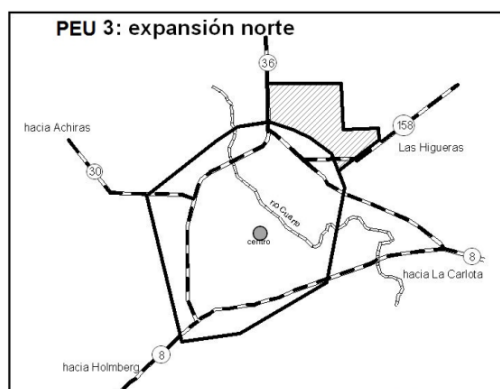
Propuestas de expansión urbana de la ciudad de Río Cuarto - Visión 2030



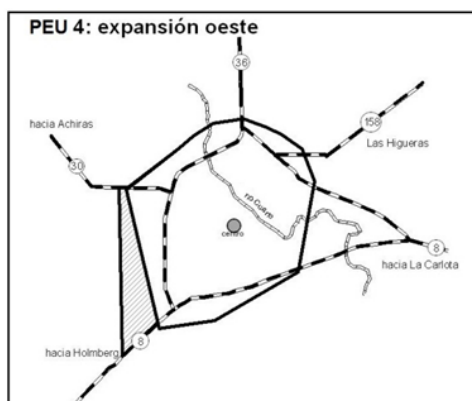
	PRA (\$ millones)	Población (habitantes)	PSE (índice)	CI-Vial (\$ millones)	RRSU (ton/año)	E-Redes (Km)	Esfuerzo Político Institucional
PEU 1	197	201.032	50.260	293	77.046	782	Muy bajo



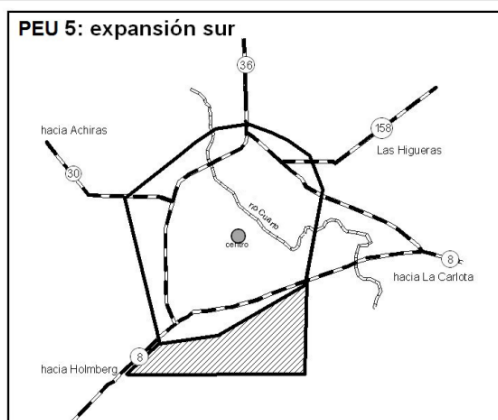
	PRA (\$ millones)	Población (habitantes)	PSE (índice)	CI-Vial (\$ millones)	RRSU (ton/año)	E-Redes (Km)	Esfuerzo Político Institucional
PEU 2	41	201.032	-	250	48.744	383	Muy alto



	PRA (\$ millones)	Población (habitantes)	PSE (índice)	CI-Vial (\$ millones)	RRSU (ton/año)	E-Redes (Km)	Esfuerzo Político Institucional
PEU 3	106	232.936	1.850	266	71.561	552	Intermedio



	PRA (\$ millones)	Población (habitantes)	PSE (índice)	CI-Vial (\$ millones)	RRSU (ton/año)	E-Redes (Km)	Esfuerzo Político Institucional
PEU 4	88	214.281	8.980	234	68.701	505	Intermedio



	PRA (\$ millones)	Población (habitantes)	PSE (índice)	CI-Vial (\$ millones)	RRSU (ton/año)	E-Redes (Km)	Esfuerzo Político Institucional
PEU 5	140	280.776	19.210	308	78.895	655	Alto



Trabajo financiado por:

- Sec. Ciencia y Técnica - UNRC.
- Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica
y Ministerio de Ciencia y Tecnología de Córdoba
Préstamo BID-PID N° 013/2009.
- SeCyOT, FAV, UNRC

Nota: Esta ilustración se proporciona impresa en hoja tamaño A3 a los participantes del taller.

Anexo II. Ejercicio de identificación de la mejor y peor propuesta de expansión urbana y ponderación de los criterios.

Taller: “Ordenamiento del territorio: Diseño y propuestas de expansión urbana en el medio rural – Visión 2030”

- 1. Observar la ubicación de las Propuestas de expansión urbana (PEU) en el material adjunto, y localizar las áreas de expansión urbana.
- 2. Completar la tabla de acuerdo con las siguientes consignas:
 - a. Para los atributos: *Población*; *Recolección de residuos*; y *Extensión de redes*, completar la fila de *Objetivo* según su opinión. En el caso que “más es mejor”, anotar **maximizar** y en el caso en que “menos es mejor”, anotar **minimizar**. **COMPLETAR FILA (1) Objetivo**
 - b. Identificar, para cada criterio, ¿Cuál es la MEJOR PEU? **COMPLETAR FILA (2) Mejor PEU**
 - c. Identificar, para cada criterio, ¿Cuál es la PEOR PEU? **COMPLETAR FILA (3) Peor PEU**
- 3. Discutir y asignar un valor para ponderar cada criterio, utilizando una escala de cero a diez: Cero (0) no es importante el atributo y diez (10) el atributo es muy importante. Si no logran consenso pueden completar otra fila de las vacías. **COMPLETAR FILA (4) Ponderador**
- 4. Entregar la Tabla con los ponderadores al moderador para procesarlos y ver los resultados.

Concepto	Pérdida de renta agraria (\$ millones)	Población (habitantes)	Perdida de Servicios ecosistémicos (índice)	Costo de inversión vial (\$ millones)	Recolección de Residuos sólidos urbanos (ton/año)	Extensión de redes (km)	Esfuerzo político institucional (índice)
(1) Objetivo							
(2) Mejor PEU							
(3) Peor PEU							
(4) Ponderador 1							
(4) Ponderador 2							
(4) Ponderador 3							

10. POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DEL BOSQUE DE CALDÉN. ANÁLISIS ECONÓMICO

Diego Sebastián Tello, Jorge Dante de Prada

RESUMEN

Los productores agropecuarios convierten ecosistemas naturales en agrarios sin considerar todos los servicios ecosistémicos (SE), comerciales y no comerciales, generados por éstos. El ordenamiento territorial, a partir de la implementación de políticas ambientales, permite considerar los SE ignorados y subutilizados en el marco de decisión del productor. En este capítulo se identifican los SE comerciales y no comerciales que produce el bosque de caldén en el sur de Córdoba, Argentina; y se modela el comportamiento económico del productor agropecuario ante cinco escenarios de intervención de políticas ambientales para controlar el desmonte: un programa de Extensión en el que el productor adopte prácticas de Manejo Forestal Sostenible (MFS), un pago por servicio ecosistémico (PSE), la combinación de las dos políticas previamente mencionadas, penalidades por desmonte y la creación de áreas protegidas. El abordaje elaborado está basado en la identificación de SE mediante clasificación de Evaluación de Ecosistemas del Milenio; y para la modelación del comportamiento económico del productor, el análisis beneficio-coste privado con un periodo de análisis de 10 años y una tasa de descuento del 12%. Los resultados señalan que este ecosistema genera al menos nueve SE de los cuales cuatro no son comercializables. De mantenerse las condiciones actuales de mercado, la prognosis indica que se desmontará el 71% del remanente de bosque nativo (RBN). En contraste, si se implementa un programa de Extensión en el que el productor adopte prácticas de MFS se conserva un 71% del RBN. En tanto, con la implementación de un PSE a los productores se requiere de una compensación mínima de \$c 2.500 ha⁻¹ año⁻¹ para conservar el 100% del RBN, esto le representaría al Estado un presupuesto anual de \$c 178 millones. Si se combina el Programa de Extensión con el PSE, los montos para financiar la política ambiental se reducen a \$c 1.700 ha⁻¹ año⁻¹ y, en términos agregados, un presupuesto de \$c 44 millones anuales. En el caso de implementar penalidades al propietario por desmontar, las sanciones mínimas debieran alcanzar montos de \$c 14.000 ha⁻¹; y en el caso de adquirir los derechos de propiedad de la tierra con RBN, sería necesario pagar \$c 404 ha⁻¹ año⁻¹, representando para el Estado una inversión mínima de \$c 1.593 millones para adquirir la tierra.

En conclusión, si se mantienen los precios relativos agrícolas ganaderos es altamente probable que el productor tenga incentivos económicos para desmontar el RBN. En contraste, el ordenamiento territorial -mediante la aplicación de políticas ambientales considerando premios y castigos-, hace que esta situación pueda modificarse sustancialmente. En particular, la integración de un programa de extensión, junto con el pago por servicios ecosistémicos actuaría como un estímulo, y una penalidad por desmonte que se constituye en el castigo. El programa de extensión permite reducir la brecha privada entre los beneficios netos generados por el RBN y las actividades agrícolas o ganaderas. En tanto, el pago por servicio ecosistémicos permite incluir el valor de los servicios ecosistémicos no comerciales, tales como la biodiversidad; y la penalidad que castigue el desmonte fortalece el incentivo para mantener el RBN y admite conservar el 100% del RBN.

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se analiza la problemática del desmonte del bosque nativo de caldén en la provincia de Córdoba, y las posibles alternativas de políticas públicas en el marco del ordenamiento territorial, abordadas desde un análisis económico. El capítulo está orientado a los responsables de la toma de decisión de la política pública ambiental en sus diferentes niveles, y a funcionarios del Estado. En particular, a aquellos órganos de gobierno que lleven a cabo la dirección, planificación, organización y control de la política ambiental del ordenamiento territorial de bosques nativos, a nivel nacional y provincial.

Los objetivos son: 1) identificar y clasificar los SE que produce el ecosistema de Caldén; 2) modelar el comportamiento económico del productor agropecuario considerando los servicios ecosistémicos que el mismo aprovecha bajo condiciones de mercado; y de esta manera 3) evaluar los incentivos económicos al desmonte y cómo diferentes escenarios de políticas ambientales podrían reducir la pérdida del ecosistema de Caldén en el sur de Córdoba, Argentina.

Se considera como hipótesis que el productor agropecuario, guiado por los precios de mercado, ignora SE sin valor de mercado, o subestima algunos SE comerciales y, en consecuencia, tiene incentivos económicos para la conversión de bosques en tierras cultivables. Por lo que, de no mediar una modificación en los precios relativos de los SE comerciales, o bien de la valoración económica de los SE no comerciales, el proceso de desmonte continuará.

Este capítulo se organiza en las siguientes secciones: naturaleza del problema y la revisión de antecedentes, metodologías consideradas, principales resultados arribados y discusiones; para finalmente, presentar las conclusiones a las que se arriba así como las limitaciones del trabajo y la agenda futura.

Naturaleza de la problemática

El bosque de caldén de Córdoba constituye un remanente de un ecosistema natural en tierras privadas que se encuentra en constante degradación, fragmentación y deforestación. Los productores agropecuarios han ido reemplazando el bosque de caldén por tierras con cultivos y pasturas implantadas para la producción de bienes (cereales, oleaginosos y carnes), configurando una matriz de predominio agrícola y fragmentos o parches de bosques (Tello y de Prada, 2011).

Por su parte, el Estado, ha reconocido la importancia de conservar el remanente de este ecosistema y ha implementado políticas públicas de ordenamiento territorial. En 2003, la provincia de Córdoba declaró de interés público el Corredor Biogeográfico del Caldén con un área de 665 mil hectáreas, localizadas en el Suroeste de la provincia de Córdoba (Decreto 891, 2003). Esta ley reconoce la necesidad de su conservación por la importancia endémica y cultural, así como por la protección del suelo ante erosión hídrica o eólica por hallarse en suelos frágiles y de fácil degradación. En el año 2007 se sancionó la Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Ley 26331, 2007); que estableció que las provincias debían declarar los presupuestos mínimos de protección ambiental de los bosques. Para lograr ello establece: un proceso de zonificación u ordenamiento territorial, en el que cada jurisdicción deberá realizar el ordenamiento de los Bosques Nativos existentes en su territorio de acuerdo a una serie de criterios¹. Asimismo, fija un concepto de

¹ Los criterios considerados son: tamaño de superficie, vinculación con otras comunidades naturales, vinculación con áreas protegidas existentes e integración regional, existencia de valores biológicos sobresalientes, conectividad entre ecoregiones, estado de conservación del bosque, de su potencial forestal, del potencial para sustentabilidad agrícola, así como del potencial de conservación de cuencas, y la consideración del valor que las comunidades indígenas y campesinas dan a dichos bosques.

compensación a los titulares de bosque nativo, por los SE que éste brinda. En el caso de la provincia de Córdoba, en el año 2010 se definió su ordenamiento territorial de bosque nativo (Ley 9814, 2010) considerando la totalidad del bosque nativo de caldén en la categoría I (rojo) o “sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse” (Ley 26331, 2007).

En este sentido, si bien es reconocida la importancia de estos bosques, los SE que genera el bosque de caldén no han sido sistematizados, así como el incentivo económico necesario para que el productor mantenga su provisión. Este capítulo pretende cerrar esta brecha de conocimiento sistematizando los servicios ecosistema del caldén basado en la clasificación de Evaluación de Ecosistema del Milenio (MA, 2005), precisando la producción de bienes o servicios ecosistémicos comerciales y no comerciales. Los primeros son lo que se utilizan posteriormente para evaluar el comportamiento económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para evaluar la toma de decisiones del empresario agropecuario en diferentes escenarios de mercado y políticos, se utiliza el análisis beneficio-costos (ABC). El ABC es un método que permite evaluar usos alternativos de los recursos e incorporar el análisis económico en las decisiones de política pública, en este caso, de la política ambiental. En este capítulo, se trabaja con el enfoque privado para tener como referencia el comportamiento más probable del productor en condiciones de mercado, y diferentes escenarios de política ambiental, más detalles en Penna *et al.* (2011).

El área de estudio es el departamento General Roca de la provincia de Córdoba (Figura 1). Esta región se caracteriza fitogeográficamente por una predominancia del árbol del caldén (*Prosopis caldenia*), en transición con sabanas de gramíneas, dunas con vegetación

psamófila y suelos salinos con matorrales o estepas halófilas (Cabrera, 1976). El clima semiárido y templado, con precipitaciones estacionales; suelos poco evolucionados con una cantidad de materia orgánica media (1,5-3%); y recursos hídricos escasos (SAyDS, 2006).

Para identificar los SE que el bosque del caldén genera, se realizó una revisión bibliográfica y posterior sistematización mediante la clasificación desarrollada por la Evaluación de Ecosistema del Milenio (MA, 2005). Luego, se evaluó el incentivo económico al desmonte por el productor y el impacto de las políticas que permitan revertir su comportamiento, a partir del análisis beneficio-costos privado, si-

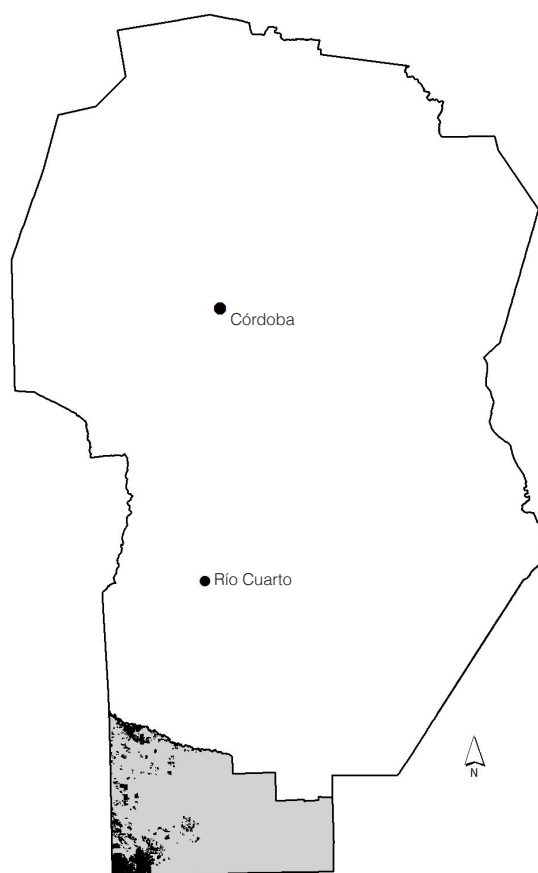


Figura 1: Área de estudio. Mapa del departamento General Roca de la provincia de Córdoba, Argentina. Los polígonos negros al suroeste señalan los principales remanentes de bosque nativo de caldén. Fuente: Elaboración propia.

guiendo la metodología descrita en Penna *et al.* (2011).

El modelo empírico considera como supuestos: 1) el productor agropecuario tiene un comportamiento guiado por los precios de mercado y la decisión de conservar el bosque o transformarlo en tierras con cultivos o pasturas implantadas, depende de la rentabilidad privada de la inversión. Consecuentemente, sólo considera uno de los flujos de SE, el de los SE comerciales; y 2) el productor no identifica diferencias en calidad de la tierra, y al final del período de análisis, es decir el valor económico del capital natural (*stock*) es idéntico, independientemente de si posee tierras con bosque o con cultivos o pasturas implantadas.

La selección de los Establecimientos Agropecuarios (EA) con remanente de bosque de caldén del sur de Córdoba se clasificó en dos tipologías de acuerdo al tipo de actividad. La información fue tomada de la base de datos del Censo Nacional Agropecuario convenio INTA-INDEC² (2002) para identificar aquellos EA que contaran con más de una hectárea de bosque y que habían realizado previamente un desmonte del bosque nativo (Tabla 1). Se identificaron 217 EA³ con remanente de bosque nativo (RBN). De ellos, 176 EA combinan actividades de ganadería (en el RBN y en la superficie implantada) y agricultura; y en otros 41 EA se realiza exclusivamente ganadería. El RBN ocupa una superficie de 110.890 ha, equivalente al 29% de la superficie en operación de los EA; en tanto, el 71% de la superficie en operación restante es asignada a cultivos de cereales, oleaginosos, pasturas y verdeos.

² Los radios y fracciones censales utilizadas fueron 0101/02/03/04/07/08, 0201/02/03/04/05/07/08/12/13, 0301/02/03/04, 04-01/02/03/04/05 y 13-24.

³ Se identificaron 226 EA con más de una hectárea de bosque, sólo 9 EA cuentan con el 100% de la superficie en operación.

Tabla 1: Clasificación de Establecimientos Agropecuarios (EA) con Remanente de Bosque Nativo (RBN) según tipo de actividad productiva.

	EA con RBN		
	Mixto (Agrícola- Ganadero)	Exclusivamente Ganadero	Total
EA (Nº)	176	41	217
RBN (ha)	89.376	21.514	110.890

Fuente: Elaboración propia en base a datos CNA (2002).

A partir de los tipos de EA, se determinó el beneficio neto operativo (BNO) de cada uno, con el objeto de medir la magnitud del incentivo económico al desmonte y poder comparar alternativas. Se optó por considerar tres tipos de beneficios: 1) el obtenido del uso agrícola-ganadero (mixto), 2) el ganadero obtenido en superficie desmontada y, 3) el ganadero obtenido en el RBN. De esta manera, el BNO de un EA se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$BNO_i = \sum_j p_j q_j s_j - c(q_j, s_j) \frac{1}{(\sum_j s_{ij})}$$

Donde el subíndice *i* indica el EA, el subíndice *j* constituye el conjunto de actividades productivas del EA, por caso, *j=ag* indica las actividades agrícolas, *j=g* las actividades ganaderas sobre pasturas implantadas, *j=n* las actividades ganaderas realizadas en el RBN; en tanto, *p* representa precios, *q* rendimientos, *c* costos, y *s* la superficies de las actividades respectivas. De esta forma, el BNO del EA *i* es expresado en \$c ha⁻¹ a valores constantes julio de 2014.

Los parámetros de las actividades agrícolas se muestran en el Tabla 2 y los correspondientes a la actividad ganadera, en el Cuadro 3. Para la producción ganadera sobre pasturas implantadas se calcularon por EA los coeficientes de especialización ganadera (Roberto *et al.*, 2008), y se asignó el beneficio según el tipo de actividad que se lleva a cabo: cría, cría-recría, invernada o ciclo completo. En el caso de la producción

ganadera en el RBN, se le asignó únicamente la actividad de cría.

Una vez obtenido el de cada productor, para estimar la superficie de conversión del RBN a superficie implantada de cada EA, se comparó el de cada productor que percibe de la superficie implantada con el que percibe del RBN utilizando como indicador de rentabilidad el valor actual neto privado (VANP) de cada EA según la siguiente expresión:

$$VANP_i = \left\{ -GI_0 + \sum_{t=1}^{10} \left[\frac{(BNO_{(ij \neq n)} - BNO_{(ij=n)})}{(1+r)^t} \right] \right\} RBN_i$$

donde el BNO($j \neq n$) representa el incentivo al desmote, pudiendo tomar como referencia el beneficio neto operativo por actividad agrícola ($j=a$), o el ganadero ($j=g$); este BNO($j \neq n$) es comparado con el BNO($j=n$), que indica el beneficio proveniente de la actividad ganadera en superficie natural; GI en el momento "0" es el gasto en inversión necesario para el desmote (\$c 2.000 ha⁻¹); RBN es la

Tabla 2: Parámetros de actividades agrícolas.

Cultivo	Tecnología(*)	Rendimientos	Precios	Costos
		qq/ha (**)	\$/qq	\$/ha
Maíz	SC	37,5	97,6	2967
	SD	50,0	97,6	4359
	2da	50,0	97,6	4790
Soja	SC	20,0	201,0	2639
	SD	24,0	201,0	2986
	2da	18,0	201,0	2360
Sorgo	SC	40,0	75,5	2447
	SD	50,0	75,5	3016
Trigo	SC	20,0	131,7	1623
	SD	30,0	131,7	2649
Girasol	SC	16,0	201,0	1694
	SD	22,0	201,0	3101
Maní		18,5	421,4	3887

Nota: (*) SC= siembra convencional; SD= siembra directa; y 2da= cultivo de segunda ocupación (**) qq= quintal, equivalente a 100 kg. Fuente: Elaboración propia en base a planteos técnicos y rendimientos de los cultivos, tomados del boletín económico del INTA Anguil, de la revista Márgenes Agropecuarios y, en el caso del cultivo de maní, de la publicación de Bongiovanni *et al.* (2008). Respecto a los cálculos de precios, se utilizó un promedio del período 2004 a 2014 publicado en la serie de precios del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (SIIA) y en la Serie de Precios Agropecuarios 2.0 de AACREA, y se ajustaron a valores constante julio 2014 mediante el Índice de Precios Mayorista de Argentina publicado en la serie del Banco Mundial.

Tabla 3: Parámetros de actividades pecuarias.

	Unidad	Cría	Cría-Recría	Invernada	Ciclo Completo
Carga	eq. vaca/ha	0,16	0,26	0,96	0,98
Ingresos (*)	\$/ha	195	511	2.794	2.695
Costos	\$/ha	22	107	742	851

Nota: (*) Debido a la variedad de categorías agrupadas en cada tipo de actividad pecuaria, se presentan los parámetros precio y cantidad agregados en el parámetro ingresos. Fuente: Elaboración propia en base a planteos técnicos y cargas ganaderas utilizadas tomados del boletín económico del INTA Anguil. Respecto a cálculos de precios se utilizó un promedio del período 2004 a 2014 ídem al de cultivos (ver Tabla 2).

superficie del remanente de bosque nativo; el subíndice i identifica el establecimiento agropecuario (EA); el subíndice t representa el tiempo, medido en años, desde el momento cero al final del período de análisis, 10 años; y r el costo de oportunidad del capital, en este caso de 0,12..

De esta manera, si el VANP del EA i es positivo se asume que el productor cuenta con incentivos a desmontar el bosque mientras que si el VANP es negativo o igual a cero, el productor no tiene incentivos a desmontar. Esta situación constituye la línea de referencia para analizar. Bajo este comportamiento, la política ambiental de conservación del bosque debe poner especial atención a los productores en que el VANP es positivo. En estos casos es necesario evaluar el efecto de las políticas en el comportamiento económico de estos productores. En este sentido, el VANP de cada EA, expresa el monto mínimo que la política ambiental propuesta debiera considerar para evitar el desmonte.

Después de calcular el VANP, se valoró la incidencia de políticas ambientales de: 1) Manejo Forestal Sostenible (MFS); 2) Pago por Servicio Ecosistémico (PSE), 1) y 2) combinadas; 3) Penalización por Desmonte (PD), y 4) Reserva Forestal (RF).

Programa de Extensión para Manejo Forestal Sostenible (PEMFS)

Si se considera un aprovechamiento integral del bosque a partir de un programa de extensión en el que el productor adopte prácticas de Manejo Forestal Sostenible del bosque nativo; esto es, además del SE comercial actualmente utilizado por el productor, incorporar otros tipos de SE que pueden ser aprovechados comercialmente.

$$VANP_i = \left\{ -GI_0 + \sum_{t=1}^{10} \left[\frac{(BNO_{(ij \neq n)} - BNO_{(ij=MFS)})}{(1+r)^t} \right] \right\} RBN_i$$

En este caso, el cálculo del VANP del EA i es calculado de la misma forma que la anterior, sólo que ahora el $BNO(j \neq n)$ es compara-

do con el $BNO(j=MFS)$, que indica el beneficio proveniente del manejo forestal sostenible del bosque nativo.

Pago por Servicios Ecosistémicos (PSE)

En el caso de la provisión de un SE no comercial, se propone un PSE:

$$PSE_i = \frac{(r \cdot VANP_i)}{1 - (1-r)^t} \frac{1}{RBN_i}$$

de esta manera, el productor se compromete a mantener el RBN a cambio de recibir una compensación anual por hectárea donde PSE es la compensación anual por hectárea que se debería asignar al propietario del EA i para que no tenga incentivos económicos a realizar cambio de uso del suelo. Este monto constituye una anualidad equivalente, expresado en \$/ha/año del RBN conservado.

Penalización por Desmonte (PD)

En el caso de pérdidas de SE que puedan conducir a procesos irreversibles:

$$PSE_i = \frac{VANP_i}{RBN_i}$$

donde PD es la penalidad mínima por hectárea que el propietario del EA debiera pagar en caso de desmonte el RBN, equivalente al VANP que percibiría el productor en 10 años, en la actividad productiva que le represente mayor rentabilidad. Este monto es expresado en \$/ha de ecosistema natural conservado.

Reserva forestal (RF)

$$PRF_i = \left[\frac{BNO_{(ij=n)}}{p} \right]_i$$

donde PRF es el pago por hectárea que debiera realizarse al productor del EA i para adquirir el derecho de tierras con RBN. Este monto es igual a una anualidad equivalente a perpetuidad pagada al productor, con un costo de oportunidad del capital (p), en este caso, de 0,02 (Pearce *et al.*, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los servicios ecosistémicos del bosque de caldén

El bosque de caldén brinda múltiples servicios ecosistémicos. Utilizando la clasificación del MA, 2005 los SE son, al menos, 9 (nueve): 3 (tres) de aprovisionamiento, 3 (tres) de regulación, y 3 (tres) de tipo cultural. Los servicios de aprovisionamiento son: producción de alimentos, fibras, combustibles, y de plantas medicinales. Los servicios de regulación son: del clima, del régimen hídrico, y de protección del suelo. Finalmente, los servicios de tipo cultural identificados son: recreación, valor estético e intrínseco.

Servicios de Aprovisionamiento

Los servicios de aprovisionamiento consisten en alimentos del bosque de caldén utilizados en la producción de diferentes tipos de animales, la producción bovina y, en forma incipiente, ha comenzado a desarrollarse la de cérvidos (Pordomingo, 2001). En tanto que la producción de miel puede incluirse como una actividad complementaria a la producción ganadera (Coirini y Karlin, 2011).

Considerando a la ganadería como SE de provisión, la productividad primaria herbácea del bosque genera condiciones para la receptividad de ganado. En términos de productividad primaria del pastizal en el bosque de caldén, Roberto *et al.* (2008) estiman entre 767 y 1224 kg MS ha⁻¹ suponiendo una situación regular, en tanto Piazza (2006) estima un valor promedio de 1895 kg MS ha⁻¹ pero incluyendo especies no forrajeras. Adicionalmente, pueden obtenerse en épocas de sequía, la producción de frutos (chauchas del caldén) comestibles para los animales (Privitello y Gabutti, 1993). Teniendo en cuenta dicha productividad y el consumo promedio de un ganado bovino, la receptividad ganadera podría variar entre 0,3 y 0,4 EV/ha/año con una producción de carne potencial de hasta 45 kg carne/ha/año bajo un sistema de producción de cría (Privitello, 2008). En el caso de la receptividad

ganadera para la producción de ciervos, Pordomingo (2001) la estima en 3 a 1 EV/ha/año. En ambos aprovechamientos es posible utilizar otros subproductos, como cueros y, en el caso de los ciervos, el *velvet* (la cornamenta en estado de felpa).

En términos de producción de miel se analizan las especies polen-nectaríferas del bosque de caldén y la producción actual de miel y cera. Andrada (2003) analiza la relevancia de especies vegetales de importancia para la generación de néctar y polen por parte de las abejas en el sur del distrito del caldenal, identificando 32 especies polen-nectaríferas nativas (70% de las especies analizadas). Considerando estas especies Ortellado (2002) indica que el rendimiento anual de miel varía entre 30 y 40 kg/colmena para un productor apícola con bosque de caldén, dependiendo del nivel tecnológico adoptado. Asimismo, es posible obtener como subproducto el aprovechamiento de cera, polen, propóleo, reinas y núcleos (Coirini y Karlin, 2011).

En términos de productividad primaria arbórea sin manejo varía entre 320 y 520 kg MS ha⁻¹ (Andrade y Ibrahim, 2003); mientras que con manejo puede llegar a más de 3.000 kg MS ha⁻¹ (Bogino, 2005). Actualmente, la proporción relativa de extracción es, en términos de productos, un 95% para leña (y/o carbón), 4% postes y varillas y de un 1% para rollizos (para aserrado) (SAyDS, 2011).

El bosque de caldén provee hábitat para el desarrollo de varias especies de plantas medicinales. En este sentido, Cisneros *et al.* (2002) identificaron cincuenta y nueve (59) especies medicinales en este ecosistema. Es un recurso que aún no ha sido explotado económicamente en este bosque, o al menos citado en la bibliografía, y que se podría constituir en un producto con valor comercial.

Servicios de Regulación del bosque de caldén

En esta categoría se identificaron servicios de regulación del clima, del régimen hídrico,

así como de protección del suelo. Los bosques almacenan carbono y el desmonte constituye una de las causas de emisión de gases de efecto invernadero. Risio *et al.* (2014) estimaron que la reserva promedio de carbono total del árbol de caldén (biomasa aérea y del suelo) es de 9,6 tn/ha. En este sentido, Colazo y Buschiazzo (2013) hallaron que en suelos con bosque nativo duplican el contenido de carbono orgánico total, en comparación con suelos cultivados.

El bosque caldén aporta a la regulación del balance hídrico y su reemplazo por cultivos genera alteraciones hidrológicas en el sistema perjudiciales del bienestar humano. Jayawickreme *et al.* (2011) hallaron que en suelos salinos la superficie con bosque de caldén mantiene un drenaje profundo nulo (<1mm/año) y evita el contacto con zonas de sales no saturada. Mientras que, si se realiza el cambio de uso del suelo para la producción de cultivos, se producen progresivos ascensos freáticos (de aproximadamente 77 mm/año), y una movilización de sales hacia los acuíferos (de aproximadamente 4000 mg/litro).

El bosque de caldén ayuda a generar y proteger el suelo. La conversión de bosque a tierras cultivadas se asocia con un incremento de la erosión. Buschiazzo y Aimar (2003) manifiestan que la misma se genera a través de la pérdida de masa total de suelo y de la selección de partículas finas, y que ambos procesos pueden conducir a la degradación irreversible de los suelos. En este sentido, Lorda (2009) determinó que en algunas zonas de esta región se supera el umbral anual de pérdida del suelo por acción del viento. Asimismo, la erosión del suelo puede causar efectos fuera del sitio de origen, a partir de la presencia de polvo atmosférico en suspensión generando problemas de intransitabilidad en caminos, así como de salud (respiratorios) (Colazo y Buschiazzo, 2015).

En el caso de la afectación dentro del predio por erosión hídrica, la degradación del suelo ocurre a partir de la formación de cárcavas, erosión laminar, descabezamiento de

perfiles, anegamientos son síntomas de erosión hídrica en el distrito del caldén (Adema *et al.* 2003; Boyero, 1985). En el caso de efectos de erosión fuera del predio, se produce por la afectación a terceros a través de sedimentación y contaminación de cuerpos y cursos de agua, inundación y rotura de caminos, entre otros (Cristeche y de Prada, 2010).

Servicios Culturales

Los servicios ecosistémicos culturales del bosque de caldén soportan actividades recreativas, tales como, el ecoturismo. En los últimos años, se ha incrementado el turismo en las áreas protegidas representativas del distrito del caldén. Por ejemplo, en 2007 la Reserva Parque Luro recibió más de 47.000 turistas, y el avistar de la brama de ciervos recibió más de 2500 personas (Bertone, 2010). En tanto el parque nacional Lihue Calel, recibió más de 8500 visitantes entre 2011 y 2012 (APN, 2013).

En términos de preservación, se identifican especies y/o ecosistemas por el tipo de exclusividad, rareza o amenaza de extinción, lo que suele conducir a la creación de áreas protegidas para su protección. En este sentido, el bosque de caldén cuenta con 17 endemismos (Cisneros *et al.*, 2002) de los cuales uno ellos es el árbol del caldén. En este distrito fitogeográfico, se han extinguido más de quince especies de vertebrados (SAyDS, 2007).

El árbol del caldén constituye una fuente de inspiración de diversas formas: es el árbol emblemático de la provincia de La Pampa, su escudo provincial lo incorporó; la comunidad del pueblo originario Ranquel lo considera un árbol sagrado (Rosacher, 2002), y los gauchos de la región del caldén lo conmemoran en una fiesta tradicional que lleva su nombre (Fiesta provincial del Caldén en Nueva Galia, San Luis). En este sentido, además de los endemismos mencionados en el distrito del caldén, el parche sur del bosque de caldén de Córdoba es considerado, por la Asociación Internacional de Ornitología *BirdLife*, un

área de importancia ornitológica para la conservación de aves (AICA). Por ser hábitat de una importante variedad de especies acuáticas (aproximadamente 30.000 aves acuáticas censadas), proponen la creación de un área protegida de 80.000 ha denominada, "Lagunas del suroeste de Córdoba y relictos del Caldenal" (Miatello, 2005).

En síntesis, el bosque de caldén provee al menos 9 SE reconocidos en la bibliografía. Si consideramos el tipo de SE en términos comerciales podemos señalar que los SE aprovechados comercialmente han sido los SE de provisión de alimentos, de fibra y energía, de especies medicinales, y de recreación y ecoturismo. En tanto, los SE de regulación del clima y del ciclo hidrológico, de protección del suelo, de valor intrínseco y estético son SE no comerciales.

Prognosis del desmonte

En el bosque de Caldén del sur de la provincia de Córdoba, el único SE explotado comercialmente es la provisión de alimentación para el ganado bovino. De mantenerse las condiciones actuales de precios relativos y rendimientos medios de los cultivos con respecto a la producción de ganado bovino del bosque, existen condiciones económicas para que los productores conviertan tierras de bosque en cultivadas.

La prognosis basada en el modelo muestra que en los próximos 10 años, más del 70%

del RBN sería desmontado. Como se puede analizar en el Tabla 4, la mayoría de los productores tienen incentivos a desmontar, 163 productores de los 217 seleccionados llevarían a cabo desmontes en sus EA, siendo 78.855 las hectáreas desmontadas. Esta situación pone de manifiesto el bajo valor comercial actual del bosque frente al obtenido de actividades alternativas como la agricultura o la ganadería en base a pasturas.

Otro aspecto a considerar, es que el incentivo al desmonte difiere según el tipo de productor. Los resultados del VANP en los EA seleccionados indican que, si los productores son guiados por los precios y rendimientos que producen, combinados de bienes agrícolas y pecuarios con relación al de productos del bosque nativo, la conversión del RBN a cultivos y pasturas, alcanza a 146 EA, lo que implica el desmonte del 80% del RBN. En el caso de los productores exclusivamente ganaderos, la conversión del RBN en pasturas implantadas alcanza a 17 EA, y se desmonta el 34 % del RBN. Considerando esta situación, el principal incentivo económico a desmontar, se encuentra en los EA con actividades agrícola-ganaderas.

Alternativas de política ambiental para el RBN

Para controlar el desmonte considerando la dimensión económica será necesario considerar políticas ambientales. En este apartado, analizamos el presupuesto económico

Tabla 4: Prognosis del desmonte del Remanente de Bosque Nativo en los EA del sur de Córdoba.

Tipo de establecimiento		Desmonte (VANP+)
Mixto	EA (Nº)	146
	desmonte (ha)	71.538
	desmonte (% del total RBN)	80
Ganadero	EA (Nº)	17
	desmonte (ha)	7.317
	desmonte(% del total RBN)	34
Total	EA (Nº)	163
	desmonte (ha)	78.855
	Desmonte (% del total RBN)	71

para controlar el desmonte con diferentes metas de protección del bosque considerando las siguientes políticas: es-quema de pago por servicios ecosistémicos, extensión más PSE, penalidad por desmonte, y constitución de una reserva forestal.

Manejo Forestal Sostenible del Remanente del Bosque Nativo

Considerando la prognosis y los SE identificados, es posible implementar un programa de extensión que fomente un manejo forestal sostenible con el objetivo de reducir el costo de oportunidad a desmontar. Además, del SE comercial actualmente utilizado por el productor, se obtuvieron al menos 3 tipos de SE que pueden ser aprovechados comercialmente; los SE de provisión de fibras y combustibles, especies medicinales, así como los SE de recreación y ecoturismo. Si bien no fue posible hallar estudios de manejo de especies medicinales, así como de recreación y ecoturismo en la región, sí se encuentra el de un manejo maderable, apícola y pastoril del RBN. En este sentido, Coirini y Karlin (2011) plantean dos modelos de aprovechamiento integrados: uno para el caldenal cerrado, de uso apícola, silvícola (leña) y pastoril (ganadería vacuna) en el que reportan un BNO de 1667 \$c 2014; y otro para el caldenal abierto, por caso, apícola, silvícola -madera para parquet, leña y postes- y pastoril (ganadería vacuna) con un BNO de 760 \$c 2014.

De esta forma, si el productor adoptara prácticas de manejo forestal sostenible del bosque, el incentivo económico al desmonte disminuiría. Como puede analizarse en el Tabla 5, el desmonte se reduce a un 29% del RBN en los EA mixtos, afectando en menor medida a los EA exclusivamente ganaderos (30% del RBN) en los que la mayoría ya realiza algún tipo de uso del RBN.

Pago por Servicio Ecosistémico

La segunda alternativa de política ambiental se compone de un esquema de PSE. De los SE no comerciales identificados, se seleccionó un PSE para protección de la biodiversidad. En primer lugar, porque la protección de las especies endémicas constituyen un SE capaz de ser identificado y monitoreado; y en segundo lugar, porque todos los EA son capaces de proveerlo. En el caso del resto de los SE no comerciales potenciales a proveer para un esquema, por caso, el SE regulación del clima, Coirini y Karlin (2011) evalúan que un esquema de pago por secuestro de carbono no es efectivo en este tipo de bosque, y en los SE de regulación del ciclo hidrológico así como en la protección del suelo, se dificulta lograr un indicador uniforme para todos los EA, ya que no todos los suelos presentan estos tipos de susceptibilidad, por lo que no sería conducente un esquema de compensación único y se complicaría la administración de un esquema de tipo flexible.

Tabla 5: Estimación del desmonte del Remanente de Bosque Nativo con implementación de Manejo Forestal Sostenible.

Tipo de establecimiento		Manejo Forestal Sostenible (\$c/ha/año)	
		Sin MFS	Con MFS
Mixto	Desmonte (EA n)	146	62
	Desmonte (ha)	71.538	25.751
	Desmonte (% ha)	80	29
Ganadero	Desmonte (EA n)	17	14
	Desmonte (ha)	7.317	6.490
	Desmonte (% ha)	34	30
Total	Desmonte (EA n)	163	76
	Desmonte (ha)	78.855	32.241
	Desmonte (% ha)	71	29

El esquema propuesto estaría conformado por un contrato entre el productor, que se compromete a promover la reforestación y preservación de las 17 especies endémicas en el RBN, y el Estado provincial, que se obliga a compensar por la diferencia entre el SE comercial actualmente provisto y la diferencia con la actividad alternativa que lleva a cabo en la superficie desmontada de su EA. Acorde a lo planteado por la ley de bosques (Ley 26.331, 2007), el proveedor del SE es el titular de tierras con bosque nativo, en este caso, el dueño del Establecimiento Agropecuario; en el caso del beneficiario del SE generado: la sociedad argentina; en tanto, el agente de intermediación de los cobros y pagos es el Estado Provincial, a través de su correspondiente Autoridad Local de Aplicación, actualmente, la Secretaría de Ambiente y Cambio Climático de la Provincia.

La conservación del bosque por este esquema se muestra en el Tabla 6. Si se implementa un pago como el estimado por Gobbi *et al.* (2015) para un bosque nativo chaqueño, de \$c 500 ha⁻¹ año⁻¹, el incentivo económico al desmonte persiste en casi un 50% del RBN, y le representaría al Estado un presupuesto de aproximadamente \$c 10 millones. El mayor incentivo económico al desmonte proviene de EA con actividades agrícola ganaderas, sien-

do necesaria la compensación de montos de hasta \$c 2.500 ha⁻¹ año⁻¹, y en el caso de EA ganaderos se requiere de una compensación inferior, de hasta \$c 1.500 ha⁻¹, lo que implica un presupuesto de parte del Estado entre \$c 118 y \$c 178 millones anuales, respectivamente. En este sentido, si consideramos que el Estado asignó en 2015 a los titulares con bosque nativo de la Provincia aproximadamente \$c 13 millones en compensaciones anuales, estos montos son muy inferiores a los estimados.

Adicionalmente, esta situación, pone en evidencia que los beneficios comerciales obtenidos por el productor en el RBN son muy inferiores respecto a los beneficios obtenidos de actividades alternativas; y en estos casos, Engel *et al.* (2008) consideran que si el costo de oportunidad de proveer un servicio ecosistémico por parte del proveedor (productor en este caso) es muy superior a los beneficios percibidos por el usuario, se hace necesaria la sustitución del PSE, o la integración con otra política ambiental.

Manejo Forestal Sostenible del Remanente del Bosque Nativo y pago por servicios ecosistémicos

Es posible implementar la combinación de un programa de extensión para MFS junto a

Tabla 6: Estimación del desmonte del Remanente de Bosque Nativo con implementación de un Pago por Servicio Ecosistémico.

Tipo de establecimiento		Pago por Servicio Ecosistémico (\$c/ha/año)			
		0	500	1.500	2.500
Mixto	Desmonte(EA n)	146	107	8	0
	Desmonte (ha)	71.538	51.624	475	0
	Desmonte (% ha)	80	58	1	0
	Desmonte (EA n)	17	16	0	0
Ganadero	Desmonte (ha)	7.317	6.728	0	0
	Desmonte (% ha)	34	31	0	0
	Desmonte (EA n)	163	123	8	0
	Desmonte (ha)	78.855	58.352	475	0
Total	Desmonte (% ha)	71	53	0,4	0
	Presupuesto (\$ millones/año)	-	10,3	117,6	178

un PSE que permita reducir el costo de oportunidad a desmontar. Como puede analizarse en el Tabla 7, sólo considerando el aprovechamiento comercial del bosque y sin PSE, el desmonte se reducía a un 29% del RBN. En este caso, para reducir completamente el incentivo al desmonte, se requiere compensar al productor con un monto entre \$c 1.000 y \$c 1.700 ha⁻¹ año⁻¹, lo que le implica al Estado un presupuesto entre \$c 32 y \$c 44 millones anuales, respectivamente. Ahora bien, en el caso de implementar un pago como el estimado por Gobbi *et al* (2015), se puede conservar más del 90 % del RBN con un presupuesto de parte del Estado de aproximadamente \$c 11 millones.

Penalidad por Desmonte

Para la protección de los SE no comerciales identificados, es posible implementar penalidades (Tabla 8). La penalidad por desmonte constituye una herramienta efectiva en suelos con susceptibilidad a erosión y salinización. Como puede analizarse en el Tabla 7, para reducir completamente el desmonte la penalidad que debería considerarse es el equivalente al del mayor esperado. En este

sentido, la multa debiera ser de un monto mínimo de \$c 14.000 ha⁻¹ (por única vez), ya que con cualquier monto menor, habría incentivos a desmontar. En términos de su implementación, actualmente, a partir del avance tecnológico, la penalidad fija ha logrado vencer dificultades respecto a la fiscalización y el monitoreo (Assunção *et al*, 2013), aunque continua siendo resistida su aceptación por parte de los productores (Izko y Burneo, 2003).

Reserva Forestal de bosque de caldén

Para la protección de los SE culturales no comerciales identificados, es posible implementar la creación de áreas protegidas privadas. La adquisición de tierras privadas con bosque nativo para un área protegida, constituye una herramienta efectiva en términos de conservación, aunque costosa para el Estado. Suponiendo que el productor percibe una anualidad a perpetuidad de \$c 404 ha⁻¹ año⁻¹, a una tasa de 0,02 el valor de dicha hectárea es de \$c 20.200 ha⁻¹. De esta forma, el Estado para adquirir la totalidad de los RBN a ser desmontados, debiera invertir una suma de \$c 1.593 millones (\$c 1.445 millones correspondientes a EA mixtos y aproximadamente

Tabla 7: Estimación del desmonte del Remanente de Bosque Nativo con implementación de Manejo Forestal Sostenible y Pago por Servicio Ecosistémico.

Tipo de establecimiento		Pago por Servicio Ecosistémico con Manejo Forestal Sostenible (\$c/ha/año)*			
		-	500	1.000	1.700
Mixto	Desmonte (EA N°)	62	18	4	0
	Desmonte (ha)	25.751	6.853	350	0
	Desmonte(% ha)	29	8	0,4	0
	Desmonte (EA N°)	14	7	0	0
Ganadero	Desmonte (ha)	6.490	2.665	0	0
	Desmonte(% ha)	30	12	0	0
	Desmonte (EA N°)	76	25	0	0
Total	Desmonte (ha)	32.241	9.518	350	0
	Desmonte(% ha)	29	9	0,3	0
	Presupuesto (\$ millones/año)	0	11,3	31,8	44

Nota: Para el nuevo PSE se reasigna el BNO del RBN, en el caso de la superficie con remanente de bosque se asigna el BNO de 1667 \$c 2014 correspondiente al bosque cerrado en Coirini y Karlim (2011) y en la superficie con remanente de pastizal natural se asigna el BNO de 760 \$c 2014 correspondiente al manejo del bosque abierto en Coirini y Karlim (2011).

* Para el cálculo del Tabla 6 se asigna el BNO del bosque cerrado en el remanente de bosque y el BNO del bosque abierto en el remanente de pastizal natural.

Tabla 8: Estimación de desmonte del Remanente de Bosque Nativo considerando una Penalidad Fija.

		Penalidad por Desmonte (\$c/ha)			
		0	2.825	8.500	14.000
Total Establecimientos	Desmonte (EA N°)	163	123	8	0
	Desmonte (ha)	78.855	58.352	475	0
	Desmonte (%)	29	53	0,4	0

\$c 148 millones en los RBN de EA exclusivamente ganaderos), y de \$c 797 millones en caso de adquirir el 50% de los RBN a ser desmontados.

En cuanto a la efectividad de constituir una reserva de bosque de caldén, Izko y Burneo (2003) mencionan que resulta costosa y puede incentivar a preservar esa área e ignorar todas aquellas áreas que no forman parte del área protegida. En este sentido, González-Roglich *et al.* (2012) consideran que la Reserva Provincial Parque Luro, dentro del distrito del caldén, ha sido efectiva en preservar la cobertura de vegetación leñosa, pero dentro de sus límites. Adicionalmente, se debe pensar no solo en su costo de adquisición, sino también, en los gastos de gestión que podrían incrementarse en un 50-80% (Adams *et al.*, 2011), considerando que la adquisición de los derechos de propiedad constituiría un monto mínimo o el piso del costo de la reserva.

CONCLUSIONES

En este capítulo, se identificaron los SE que genera el bosque de caldén en el sur de Córdoba y se modeló y evaluó el comportamiento probable de los productores agropecuarios ante distintos escenarios de políticas ambientales para controlar el desmonte. El modelo se desarrolla considerando el marco conceptual del análisis beneficio costo desde un enfoque privado.

Entre los resultados obtenidos se destacan que el bosque de caldén genera múltiples beneficios a la sociedad. El ecosistema

natural del caldén genera al menos nueve SE, en tanto el productor actualmente sólo utiliza uno de ellos para la producción bovina que aprovecha con resultados bastante menores a los encontrados en la bibliografía.

El modelo también muestra que existe un fuerte incentivo a continuar desmontando los bosques de caldén del SO de la provincia de Córdoba. De mantenerse las condiciones actuales de precios relativos y rendimientos medios de cultivos, la mayoría de los EA analizados continuará con el desmonte y la superficie de ecosistema natural sería reducida a un 29% del RBN.

Ambas situaciones precedentes dejan en claro que para revertir el actual comportamiento del productor agropecuario es necesaria la implementación de políticas ambientales enmarcadas en un proceso de ordenamiento territorial. Particularmente, la combinación de un esquema de PSE, con una herramienta que le permita al productor incrementar el valor comercial del bosque, esto es, mediante un programa de extensión; y el uso de penalidades, en caso de infringir, podría resultar eficiente y efectivo. En tanto, la creación de reservas forestales, de carácter más efectivo en términos de conservación del bosque y consecuente generación de los SE no comerciales, induce al mismo tiempo, al desaprovechamiento de los SE comerciales del bosque y su consecuente pérdida de beneficios económicos, también valiosos en términos sociales.

Si bien el caso objeto del presente capítulo es consistente con los resultados halla-

dos por otros investigadores, el lector debe considerar algunas limitaciones que formarán parte de la agenda futura de investigación. Es necesario advertir sobre la complejidad del ordenamiento territorial en general, en la que la dimensión económica conforma una de varias causas que motorizan la presión en el desmonte, por caso, no han sido analizados otros factores naturales, como el incremento de precipitaciones en la región; así como el sesgo en la innovación tecnológica hacia los cultivos agrícolas, que a *prima facie* causarían mayor presión sobre el bosque nativo. La justificación de la política ambiental se realiza por la existencia de servicios ecosistémicos no comerciales aunque se desconoce su valor social y éste es el que permite dimensionar el esfuerzo social de protección en el marco conceptual del ABC. En segundo lugar, el ABC supone que el productor no diferencia la calidad del suelo al final del periodo de análisis y su única fuente de referencia para estimar la rentabilidad es la actividad que realiza en su predio sin restricciones financieras. En este sentido, si existen restricciones financieras probablemente la prognosis de desmonte será menor, al igual que si el productor percibe que al final del periodo de análisis, la degradación del suelo por desmonte será muy alta, comparada al suelo sin desmonte. Finalmente, se consideran políticas ambientales que incluyen la dimensión económica sin considerar costos de monitoreo, gestión y fiscalización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, V. M., Segar, D. B. y Pressey, R. L. (2011). How much does it cost to expand a protected area system? Some critical determining factors and ranges of costs for Queensland. *PloS one*, 6(9), e25447.
- Adema, Babinec, Buschiazzo, Martín y Peinemann. (2003). Erosión hídrica en los suelos del Caldenal Retrieved from <http://inta.gob.ar/documentos/erosion-hidrica-en-suelos-del-caldenal>
- Aimar, Buschiazzo y Peinemann. (2003). Cuantificaciones de la erosión eólica en la Región Semiárida Pampeana Central Argentina (RSPC). In G. y. Kin (Ed.), Viento, suelo y plantas: INTA. Retrieved from http://inta.gob.ar/documentos/viento-suelo-y-plantas/at_multi_download/file/INTA%20-%20viento...3.pdf.
- Andrada, A. C. (2003). Flora utilizada por Apis mellífera L. en el sur del Caldenal (Provincia Fitogeográfica del Espinal), Argentina. *Rev. Mus. Argentino Cienc. Nat*, 329-336.
- Andrade, H. J. y Ibrahim, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40), 109-116.
- APN. (2013). Análisis de visitantes en jurisdicción APN. In D. d. A. d. R. Administración de Parques Nacionales (Ed.).
- Assunção, J., Gandour, C. y Rocha, R. (2013). DETerring Deforestation in the Brazilian Amazon: Environmental Monitoring and Law Enforcement. *Climate Policy Initiative Report*, PUC-Rio, May.
- Bertone. (2010). Presentaron estadística de la Reserva Parque Luro, 2010, from <http://www.region.com.ar/productos/semanario/archivo/830/parqueluro830.html>
- Bogino. (2005). *Crecimiento Radial, Turno Biológico de corta y potencial dendoclimático del Caldén (Prosopis Caldenia Burkart) en la provincia de San Luis, Argentina.*, UNC, Córdoba.
- Bongiovanni, R. G., Elena, M. G. Y., Romina, G. L., Gabriel, A. P., Diana, R. A., María, L. et al. (2008). Economía de los cultivos industriales: algodón, caña de azúcar, maní, tabaco, té y yerba mate. En I. Ediciones.
- Boyero. (1985). Prosopis Caldenia Burk, en Argentina. *Segundo Encuentro Regional CIID América Latina y el Caribe. Forestación en zonas áridas y semiáridas. Santiago de Chile, Chile.*, 270-323.
- Buschiazzo y Aimar. (2003). Erosión eólica: procesos y predicción. In G. y. Kin (Ed.), Viento, suelo y plantas: INTA. Retrieved from http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_viento__2.pdf.
- Cabrera, A. L. (1976). *Regiones fitogeográficas argentinas* (Vol. 2): Editorial Acme.

- Cisneros, J. M., Nuñez, C. O., Cantero, J. J., Cantero G., A., Degioanni, A., Plevich, O. *et al.* (2002). *Caldenia Cordobesa: Una síntesis florística y ambiental*. Paper presented at the 1ª Reunión Nacional para la Conservación de la Caldenia Argentina, Córdoba.
- CNA. (2002). Censo Nacional Agropecuario 2002. Resultados definitivos. In c. INTA-INDEC (Ed.). INDEC.
- Coirini, R. y Karlin, M. (2011). Modelos de Producción Sostenible para la Ecorregión Espinal *Informe técnico en el marco de la consultoría: Manual de Buenas Prácticas y Modelos de Producción Sostenible* Retrieved from <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/CompBosNatBio/file/Espinal%20-%20Introduccion.pdf>
- Colazo, J. C. y Buschiazso, D. (2013). Dinámica del carbono orgánico en suelos de la provincia de San Luis. INTA.
- Colazo, J. C. y Buschiazso, D. (2015). The Impact of Agriculture on Soil Texture Due to Wind Erosion. *Land Degradation & Development*, 26(1), 62-70. doi: 10.1002/ldr.2297
- Cristeche, E. y de Prada, J. (2010). Pago por Servicios Ecosistémicos: Regulación Hídrica y Red de Desague en las cuencas de los arroyos menores y del Río Cuarto. *Revista Argentina de Economía Agraria*, XII, Número 2., 5-28.
- Decreto 891. (2003). Corredores Biogeográficos El Caldén y Chaco Árido (pp. 9): Poder Ejecutivo de la provincia de Córdoba.
- Engel, S., Pagiola, S. y Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4), 663-674.
- Galera, F. M. (2000). *Las especies del género Prosopis (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico*: Universidad Nacional de Córdoba.
- Gobbi, J., Deguillon, M., Roig, C., Gutierrez, R., Atanasio, M., y Esteche, F. (2015). *Innovación en pagos por servicios ecosistémicos: una experiencia en Argentina*. Paper presented at the XIV Congreso Forestal Mundial, Durban, Sudáfrica. 7-11 de septiembre de 2015.
- González-Roglich, M., Villarreal, D. y Castro, M. G. (2012). Evaluación de la efectividad de la Reserva Parque Luro como herramienta de conservación del Caldenal pampeano: cambios en la cobertura vegetal a nivel de paisaje entre 1960 y 2004. *Ecología austral*, 22, 11-21.
- Guida Johnson, B. y Zuleta, G. A. (2013). Land-use land-cover change and ecosystem loss in the Espinal ecoregion, Argentina. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181, 31-40.
- Izko y Burneo. (2003). Herramientas para la Valoración y Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Sudamericanos. UICN-Sur UICN (Ed.) Retrieved from http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/sudamerica/sur_trabajo/sur_aprotegidas/sur_app/?uNewsID=47
- Jayawickreme, D. H., Santoni, C. S., Kim, J. H., Jobbágy, E. G. y Jackson, R. B. (2011). Changes in hydrology and salinity accompanying a century of agricultural conversion in Argentina. *Ecological Applications*, 21(7), 2367-2379.
- Jobbágy, E. G. (2011). Servicios hídricos de los ecosistemas y su relación con el uso de la tierra en la llanura chaco-pampeana. In E. INTA (Ed.), *Valoración de Servicios Ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*.
- Ley de Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos de la Provincia de Córdoba (2010).
- Ley de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2007).
- Lorda, H. (2009). *Incidencia económica de la degradación del suelo por erosión eólica. El caso de los sistemas productivos de la estepa pampeana semiárida.*, UNS, Bahía Blanca.
- MA, M. E. A. (ed.). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Current State & Trends Assessment* (Vol. 1). Washington, DC: Island Press.
- Miatello (2005). Laguna del suroeste y relictos del Caldenal. In D. Giacomo (Ed.), *Áreas importantes para la conservación de las aves en Argentina*. Buenos Aires: Aves Argentinas/Asociación Ornitológica del Plata.
- Ortellado (2002). *La apicultura en La Pampa*. INTA Anguil. La Pampa.
- Penna, J. A., de Prada, J. y Cristeche, E. (2011). Valoración económica de los servicios ambientales: teoría, métodos y aplicaciones. En INTA (ed.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y*

- aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Piazza, M. V. (2006). *Estimación satelital de la productividad primaria neta aérea de la vegetación herbácea del Caldenal*. Especialista en Manejo de Sistemas Pastoriles Universidad de Buenos Aires. Retrieved from <http://ri.agro.uba.ar/cgi-bin/library.cgi?a=d&c=tesis&d=2012pi-azzamariavictoria>
- Pordomingo. (2001). Ganadería del ciervo colorado, 2010, from http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ciervos/12-ganaderia_de_ciervo_colorado.pdf
- Privitello. (2008). Potencial forrajero del caldenal *El caldenal puntano: caracterización ecológica y utilización sustentable*. Gabutti, EG. Privitello, MJ Barbosa, OA (pp. 67-78). Villa Mercedes, San Luis: El Tabaquillo.
- Privitello y Gabutti. (1993). *Producción de vainas de Caldén en la región de bosque de Caldén de la provincia de San Luis*. Paper presented at the Presentado y publicado en Actas del VI Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Paraná. Entre Ríos. Argentina.
- Risio, L., Herrero, C., Bogino, S. M. y Bravo, F. (2014). Aboveground and belowground biomass allocation in native *Prosopis caldenia* Burkart secondaries woodlands in the semi-arid Argentinean pampas. *Biomass and Bioenergy*, in press(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.038>
- Roberto, Frasier, Goyeneche, González y Adema. (2008). Evolución de la carga animal en la provincia de La Pampa. Período 2002-2008. *EEA Anguil "Ing.Agr. Guillermo Covas- INTA*.
- Rosacher, C. J. (2002). *Creación del Corredor Biogeográfico del Caldén*. Paper presented at the 1ª Reunión Nacional para la Conservación de la Caldenia Argentina, Córdoba.
- Sabattini, J. A. (2015). Land cover and land use changes of native forests categories: the case of the Atencio District, Argentina, in the period from 1984 to 2013. *2015*, 24(2). doi: 10.5424/fs/2015242-06680
- SAyDS. (2006). Primer inventario nacional de bosques nativos: segunda etapa. Inventario de campo de la región espinal distritos caldén y ñandubay. Anexo I. Estado de conservación del distrito Caldén.
- SAyDS. (2007). Primer inventario nacional de bosques nativos: Segunda etapa inventario de campo de la región espinal distritos Caldén y Ñandubay. Informe regional espinal segunda parte (pp. 236). Buenos Aires, Argentina: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.
- SAyDS. (2011). Regiones Forestales Producción Primaria. 2011. In D. d. Bosques (ed.). SAyDS.
- Schneider. (2005). *Análisis de los patrones de deforestación en el Corredor Biogeográfico del Caldén (Córdoba, Argentina) y su relación con la distancia a caminos, mediante un Sistema de Información Geográfica. Tesina de la Carrera de Ciencias Biológicas.*, UNC, Córdoba.
- Tello, D. y de Prada, J. (2011). *Comparación histórica de las fuerzas impulsoras de la deforestación en el bosque de caldén y respuestas sociales para su conservación*. Paper presented at the V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente, Santa Fe. Universidad Nacional del Litoral.

11. PAGO POR SERVICIOS DE REGULACIÓN HÍDRICA EN EL SUR DE CÓRDOBA

Estela Raquel Cristeche, Jorge Dante de Prada

RESUMEN

El corte de caminos rurales por acción de la erosión hídrica constituye un problema muy sensible en el Sur de la provincia de Córdoba. Se trata de un fenómeno complejo en el que los conflictos asociados al ordenamiento y mantenimiento de la red de desagüe tienen un papel significativo. En este capítulo se propone una forma de revertir esta situación mediante un esquema de pago por servicios ecosistémicos (PSE) donde el productor aporta recursos económicos si es beneficiario de un servicio, y aquéllos que proveen el servicio son compensados por el mismo. El objetivo es mostrar cómo a partir de la estimación del costo de oportunidad de la tierra y la valoración económica de la externalidad de la erosión hídrica sobre los caminos rurales, se puede diseñar y evaluar, en términos económicos, un esquema de PSE que aporte una solución a la gestión de la red de desagüe, integrada en un plan de ordenamiento territorial.

El área de estudio, de 2.310.000 ha, integra las cuencas del río Cuarto y de los Arroyos menores (del Gato, Santa Catalina y Aji) en el Sur de la provincia de Córdoba. Los proveedores del servicio ecosistémico de regulación hídrica son los productores que ceden la tierra para canales, lagunas de retardo, micro embalses, retardadores de escurrimientos que se estiman en 20.000 ha para el área de estudio. La red de desagüe funciona en forma independiente de la red de caminos y con tareas propias de mantenimiento y reparación. Los productores proveedores del servicio reciben una compensación equivalente al costo de oportunidad de la tierra (\$c 847 ha⁻¹) más los gastos de mantenimiento y reparación (\$c 85 ha⁻¹). El análisis parcial del excedente social asociado a dicha medida arroja resultados promisorios. El productor agropecuario en promedio percibe un daño económico por la ruptura de caminos por erosión y correntadas (sin la red de desagüe) entre \$c 70 y 107 ha⁻¹, y pagará \$9 ha⁻¹ por disponer de los servicios ecosistémicos de la red de desagüe estabilizada en el futuro. O sea que percibirá un beneficio neto por el servicio ecosistémico entre \$c 61 y 98 ha⁻¹. Esto constituye un aliciente muy importante para el diseño de una política pública que aborde de manera integral el problema de la erosión hídrica y valore el servicio ecosistémico de la regulación hídrica.

En el futuro, el esquema de PSE para la regulación hídrica debería incluirse en un plan de ordenamiento del territorio rural con capacidad institucional para gestionar esta modalidad de intervención, incluyendo también otros componentes que promuevan la conservación del suelo en el establecimiento agropecuario y el desarrollo de infraestructura considerando las inversiones en obras de la red de desagüe y de aislamiento hídrico de los caminos.

INTRODUCCIÓN

Este capítulo muestra un esquema de pago por servicios ecosistémicos (PSE) en la gestión de los escurrimientos de agua e infraestructura de desagüe rural con el propósito de ofrecer una alternativa político-institucional a los gobiernos provinciales, funcionarios públicos, organizaciones no gubernamentales y profesionales, especialmente aquéllos con incumbencia en las cuestiones agrarias y rurales, y de infraestructura hídrica y vial. El esquema de PSE se identifica y valora económicamente utilizando datos primarios provenientes de una encuesta que consulta la disposición a pagar a una muestra de productores agropecuarios en el sur de Córdoba. El mismo considera la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica mediante la estabilización y mantenimiento de la red de desagüe, que incluye: canales, lagunas de retención, reguladores de escurrimientos, y protección de los humedales. Por tanto, el esquema de PSE se vincula con el control de la erosión de suelo y el escurrimiento superficial de agua.

La percepción de los productores sobre las externalidades de la erosión del suelo (ruptura de caminos o inundaciones), resulta más importante que la de los efectos de la erosión en el sitio (pérdida de productividad del suelo) en el sur de Córdoba Gil *et al.* (2008). En particular, el deterioro y la ruptura de la red secundaria y terciaria de caminos, por acción de la erosión hídrica, constituye uno de los problemas más sensibles y manifiestos para los productores de esta zona del país (Cantero G. *et al.*, 1998; Cisneros *et al.*, 2008; de Prada *et al.*, 2007; Gil *et al.*, 2008; Prego *et al.*, 1988). El proceso de degradación de la red de desagüe y la afectación directa de los caminos y de las comunidades rurales es de larga data, y se acrecienta en el tiempo causando daños estructurales cada vez más frecuentes e intensos.

Ante esta problemática, se requieren soluciones integradas y coordinadas institucio-

nalmente, abordadas a través de planes de ordenamiento del territorio en el medio rural y, particularmente, en cuencas hídricas contando al menos con tres componentes. El primero de ellos, que denominamos “*hidráulico-vial*”, se refiere a la red de desagüe y la red de caminos, claramente definidas, estabilizadas e independientes una de la otra. La red de desagüe es la infraestructura creada o natural donde se almacena, regula y conduce, de manera controlada y sin sedimentos, el escurrimiento superficial y los excedentes pluviales, desde el origen (excesos pluviales de campos, caminos, localidades, etc.) hasta su destino final: arroyo, río, laguna, u otro reservorio terminal. En la cuenca o territorio, esta red tiene una función importante en la dinámica del ciclo hidrológico, debe ocupar un espacio definido cumpliendo una función permanente, independiente y aislada de la red de caminos. Esta última debe cumplir la función de soportar el tránsito, la movilidad de personas y bienes, en el medio rural y entre áreas rurales y urbanas, facilitando la accesibilidad a mercados, servicios de educación, salud, y otros. Por lo tanto, la red de caminos debe estar aislada hidrológicamente en una porción del territorio que facilite la movilidad de las personas. En períodos de precipitaciones, para mantener su función la red de caminos tendrá excedentes hídricos que deben descargarse a la red de desagüe. Por ello, el ordenamiento territorial debe articular organismos/profesionales con diferentes competencias para que el diseño, mantenimiento y conservación de los caminos y de la red de desagüe alcance un desempeño adecuado para cumplir con ambas funciones (transitabilidad y regulación hídrica respectivamente).

El segundo componente, que denominamos “*agrario*”, se refiere al conjunto de los productores localizados en la cuenca que usan las tierras para la producción agropecuaria incorporando las prácticas de conservación de suelo y agua que reduzcan significativamente el escurrimiento hídrico, de sedimentos y residuos agrarios. Asimismo,

los excedentes pluviales ocasionales (lluvias de alta intensidad) se descargan estratégicamente en la red de desagüe y evitan dañar la función de la red de caminos. Es importante destacar que en el territorio este componente ocupa la mayor superficie, generalmente más del 90% de la tierra en la cuenca y, por lo tanto, las acciones aisladas de productores o de tenedores de tierra pueden tener fuertes repercusiones en la red de caminos y de desagüe. De allí la importancia de las actuaciones preventivas y anticipatorias de gestión integral de la cuenca.

El tercer componente, que consideramos como “*político-institucional*”, se refiere a la organización del Estado o institución no gubernamental, a la que se le asigna la competencia jurídico-institucional para gestionar las actuaciones de los componentes del ordenamiento de la cuenca en forma coordinada, permanente e integral. De modo que las obras en las redes de desagüe y de caminos sean sinérgicas con las actuaciones de los productores. Dicha sinergia se visualiza en una mayor producción agropecuaria debido al mejor aprovechamiento del suelo y el agua en las tierras agrarias, una mejora en el servicio de regulación hídrica a partir de la red de desagüe, y una mejora en la movilidad rural especialmente en los momentos críticos de lluvias debido a la infraestructura vial aislada hidrológicamente.

Este capítulo, pone énfasis en el primero y en el tercero de los componentes mediante el diseño y la valoración económica de un esquema de PSE para la configuración de una red de desagüe ordenada en el sur de la provincia de Córdoba, y a la organización de las tareas de mantenimiento y reparación de la misma en el marco de un plan de ordenamiento del territorio rural. Dicho esquema de PSE se establece como una alternativa para integrar actuaciones de áreas con competencias jurídicas actualmente diferentes.

El resto del capítulo se organiza de la siguiente manera: a continuación presentamos la naturaleza del problema con énfasis en el

mecanismo institucional para el control de los escurrimientos hídricos. Posteriormente, se presenta el marco conceptual subyacente en los esquemas de PSE, seguido por la exposición del esquema de PSE propuesto particularmente, y el análisis de su viabilidad económica. Finalmente, presentamos algunas conclusiones y limitaciones del diseño y valoración económica de los PSE.

Escorrentimiento de agua: infraestructura y gestión de las redes de desagües y caminos

En el sur de Córdoba, el cambio de uso del suelo y la escasa utilización de prácticas de conservación del mismo han incrementado los volúmenes y caudales del escurrimiento hídrico y su poder erosivo sobre la infraestructura rural en ocasiones de precipitaciones extremas (Cisneros *et al.*, 2005). Dichos efectos se han visto agravados en los últimos años debido al cambio climático (mayor variabilidad climática, precipitaciones más intensas y frecuentes) que, sumado al pobre mantenimiento y reparación de la red de desagüe, provoca su deterioro gradual y, con el tiempo, la pérdida de su función original de almacenaje temporario y conducción de los escurrimientos hídricos. La pérdida de este servicio ecosistémico de regulación y conducción hídrica comienza a ser reemplazado parcialmente por algunos caminos que pasan a actuar también como vías de escurrimiento, hecho que contribuye a su degradación y eventual corte por acción de la erosión hídrica y pérdida o reducción de las posibilidades de tránsito.

La ruptura de los caminos por erosión hídrica ha sido uno de los principales problemas del medio rural cordobés. Desde el año 1952, se ha iniciado una experiencia muy valorable de organización de “Consortios Camineros” encargados de la reparación y conservación de caminos rurales. Más recientemente, se ha conformado la Asociación de Consortios Camineros de la provincia de Córdoba integrando a los 287 consortios camineros rura-

les que atienden 43.058 km de caminos en la red terciaria y, a través de organizaciones regionales, 12.860 km de la red secundaria. Debido a la erosión y a su uso, los caminos en muchos casos se hallan por debajo del nivel de los campos constituyéndose en sitio de desagüe del agua que escurre de los campos colindantes, agravando el fenómeno de erosión y ruptura de los caminos. Ante estas situaciones, los consorcios camineros suelen realizar tareas de habilitación de nuevas trazas para el tránsito de emergencia. Con el tiempo y ante reiteradas situaciones de degradación y ruptura, parte de los caminos suelen transformarse en sitios intransitables de manera permanente, ante lo cual el Estado necesita desarrollar nuevas trazas de camino dejando frecuentemente parte de la traza del camino antiguo para que funcione como canal de desagüe bajo el mismo encuadre de falta ordenamiento de tierras y conservación de suelos.

Este fenómeno de pérdida de la infraestructura o de las funciones de la red de desagüe y, consecuentemente de la red de caminos, se produce en forma asidua, constituyendo en muchos casos un círculo vicioso, reconocido especialmente por los productores involucrados en los “consorcios camineros” y también por aquéllos localizados en las proximidades de los caminos destruidos que se resisten a la cesión de tierras para la conformación de nuevas trazas de caminos.

Por su parte, la definición de la responsabilidad de los diferentes actores sobre el mantenimiento de la red de desagüe y del ordenamiento del territorio rural es compleja. Bajo las condiciones institucionales actuales, las tareas de habilitación, mantenimiento y reparación de la red de desagüe en la provincia de Córdoba están bajo la competencia de la Secretaría de Recursos Hídricos y Coordinación del actual Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. De acuerdo a la Ley 9750/2010 “*la realización de obras y trabajos de construcción, conservación, mejoramiento, mantenimiento, rehabilitación y limpieza*

de canales de la red principal y secundaria de desagües o drenajes de cuencas rurales...” será desarrollada por los “*Consorcios Canalleros*” en el ámbito territorial. En tanto, los tramos de la red de desagüe que corresponden a caminos, en uso e inutilizados transitoria o permanentemente por el escurrimiento hídrico, están bajo la competencia de la Dirección Provincial de Vialidad (DPV) del Ministerio de Vivienda, Arquitectura y Obras Viales. Particularmente, la tarea referida a la conservación de los caminos rurales está a cargo de los “*Consorcios Camineros*”, integrada por los productores agropecuarios, y bajo la fiscalización de la DPV. Finalmente, los escurrimientos de agua que se originan en superficie destinada a la producción agraria (principalmente en episodios de lluvias extraordinarias), está a cargo de los productores agropecuarios que, acorde a la Ley Provincial 8863, deben organizarse en “*Consorcios de conservación de suelo*” para “*realizar los trabajos de conservación y mantenimiento de los suelos*”, y reducir el escurrimiento superficial de agua de las tierras con producción agropecuaria, bajo la jurisdicción del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Este arreglo institucional además de complejo, es de escasa efectividad en sus resultados y en la asignación de recursos (Gil *et al.*, 2006).

En la actual modalidad de gestión, los sujetos más perjudicados por las externalidades de pérdida de capacidad de regulación hídrica (aquéllos ubicados en cuencas bajas e intermedias), ponen más recursos y generalmente presionan para trasladar el problema erosión-inundación-escurrimiento a otros, cuencas abajo básicamente, actuando sobre el síntoma (reciben mucha agua y sedimento, y hay que traspasársela a otros). Varias cuencas cerradas del sur de Córdoba han sido canalizadas y la degradación de las áreas más bajas ha sido muy significativa, agudizando el problema en períodos de excedentes hídricos críticos. De hecho, en la cuenca de los Arroyos menores de alrededor de 1,4 millones de ha, entre el año 1975 y el 2001, se cons-

truyeron 15 canales que conectan cuencas cerradas a la red de arroyos y ríos en 177 km, y las zonas afectadas por inundación se incrementaron en 90 mil ha. Es decir, considerando un período similar de precipitaciones extremas con la red de desagüe de 1975 se inundarían-anegarían 259 mil ha; mientras que, esta cifra asciende a 349 mil ha inundadas-anegadas con la red de desagüe del año 2001 (de Prada *et al.*, 2014; Degioanni *et al.*, 2004). Esto confirma que las obras aisladas que focalizan sobre los síntomas, no han sido efectivas.

Consecuentemente, para ordenar el territorio se requiere de una actuación integrada a nivel de cuenca hídrica, trabajando sobre las causas del fenómeno de erosión con un arreglo institucional diferente, que privilegie la reconstitución del servicio ecosistémico de regulación y estabilización del sistema hídrico de las cuencas. En este sentido, las áreas destinadas a canales, obras destinadas a la regulación del escurrimiento pluvial, los humedales que constituyen la red de desagüe deben tener la capacidad de absorber los excedentes pluviales de la cuenca y entregarlos en forma controlada a los ríos o arroyos permanentes.

Un esquema de PSE es un arreglo institucional que facilita a los proveedores del servicio ecosistémico ser compensados económicamente por aquéllos que se benefician con el mismo. De esta manera, se promueven usos del suelo y adopción de tecnologías y prácticas de manejo de suelos que favorecen el aporte del servicio ecosistémico, permitiendo a sus proveedores apropiarse de los beneficios que éstos generan a otros actores. El esquema de PSE constituye el inicio de un proceso de negociación para una solución consensuada del problema de erosión hídrica a nivel de cuenca hidrográfica, y requiere establecer un plan reconociendo una autoridad de aplicación, que compatibilice los intereses de los actores y sus acciones en la cuenca.

Esquemas de pago por servicios ecosistémicos

Existen varios antecedentes internacionales de esquemas de PSE. Tales esquemas son considerados instrumentos para financiar la conservación del medio ambiente y el manejo adecuado de los recursos naturales. Según la definición que introduce Wunder (2005), los esquemas de PSE constituyen una transacción voluntaria en la que un servicio ecosistémico bien definido, o un uso de la tierra que provea dicho servicio, es comprado por un beneficiario del servicio a un proveedor del servicio, sí y sólo sí, este último asegura la provisión del mismo. Mientras la cantidad de actores involucrados –proveedores y beneficiarios del SE– sea pequeña o exista un importante grado de asociación de cada una de las partes, los esquemas de PSE pueden darse como procesos de negociación descentralizados entre las partes involucradas. En caso contrario, esto es cuando hay una gran cantidad de actores involucrados, y un escaso grado de asociación entre los mismos, se precisa de una tercera parte que actúe como intermediaria, articuladora y veedora. Ese rol lo asume generalmente el Estado, aunque también puede ser una organización no gubernamental (ONG). En este caso, los esquemas de PSE pueden entenderse como la combinación del pago de un subsidio a los proveedores y el cobro de una tasa o impuesto a los beneficiarios. En este tipo de esquema, el pago puede ser financiado por el Estado mediante sus ingresos generales, o a través de una tasa obligatoria.

Con referencia al monto del pago, Engel *et al.* (2008) advierten que éste no debe exceder el beneficio que perciben los usuarios por el mismo (caso contrario los usuarios no pagarían). Al mismo tiempo, debe ubicarse por encima del beneficio adicional que el proveedor del servicio obtendría por el uso del suelo alternativo más ventajoso en términos económicos (caso contrario no realizarían la actividad que favorece la provisión del servicio ecosistémico). En general, los pagos sue-

len hacerse por unidad de superficie destinada al uso del suelo que asegura la provisión del servicio ecosistémico (Figura 1). Los pagos pueden ser fijos o variables por espacio geográfico o tipo de usuario, o por costo diferencial de provisión del servicio ambiental, o simplemente una combinación de éstos.

La lógica del esquema de pago por servicios ecosistémicos se ilustra en la Figura 1. Las columnas representan una magnitud económica: la parte superior de la figura muestra los beneficios y la parte inferior los costos. El productor que tiene tierras con canales naturales, bajos con riesgo de inundación temporal, o sitios que por su ubicación en la cuenca pueden servir a la red de desagüe, pone de manifiesto la diferencia entre las situaciones 1 y 2. Sin pago por servicios de regulación hídrica (1 y 2), el beneficio que el productor percibe deriva de la producción de cultivos (soja, maíz, y otros) en la situación 1, cuyos beneficios son mayores que los que obtendría por asignar parte de las tierras a mantener una red de desagüe estabilizada (canales empastados y bajos preparados para regulación hídrica) que se muestra en la situación 2. Por lo tanto, el productor guiado por su percepción de beneficio individual elige la situación 1. En este caso, la red de desagüe es más inestable y conduce sus excedentes con sedimentos (de la erosión del suelo) a las zonas más bajas causando daños, costos externos a otros productores, y a la comunidad en general. En la parte inferior de la Figura 1, se muestran dichos costos externos: inundaciones (con daños en tierras de cultivos, partes bajas de las localidades, etc.); cortes de caminos y rutas; sedimentación de canales y bajos; y pérdida de la capacidad de regulación hídrica del ecosistema.

Para inducir un cambio de comportamiento en el productor, pasando de la situación 1 a la situación 2, es necesario cubrir su costo de oportunidad. El mismo está representado en la Figura 1 como pago mínimo (la diferencia entre lo que percibe por asignar las tierras a la producción de cultivos y lo que percibe

por asignar las tierras a la estabilización de la red de desagüe). Si el pago mínimo es menor que el costo externo (representado por pago máximo en la figura), hay posibilidad de establecer un esquema de pago por servicios ecosistémicos.

La situación 3 de la Figura 1, muestra el posible resultado de establecer un esquema de pagos por servicios ecosistémicos. Se puede apreciar que el productor que presta el servicio recibiendo un pago como contraparte tiene mayores beneficios que en la situación 1, por lo tanto, esta opción le resultaría más rentable económicamente. En tanto, para los damnificados el pago es menor que el costo externo percibido en la situación 1, por ende, también les resulta conveniente. Entonces, para diseñar el esquema de pago por servicios ecosistémicos es necesario conocer el costo de oportunidad del productor que asigne tierras a la red de desagüe para proveer el servicio, y el costo externo que sufren los damnificados para evaluar si potencialmente podrán pagar por dicho servicio o si la provisión del mismo resulta eficiente en términos del bienestar que aporta a la sociedad.

En este sentido, la Economía Ambiental aporta un conjunto de métodos de valoración económica de SE que consisten fundamentalmente en la estimación directa o indirecta de la disposición a pagar (DAP) por contar con un SE, o la disposición a aceptar (DAA) por renunciar al mismo. De esta manera, se busca obtener un indicador de la intensidad de las preferencias de los individuos con respecto a bienes que no se comercian en los mercados. Por tanto, partiendo de la necesidad de la valoración económica para definir estrategias de conservación (Simpson, 2007), se muestra cómo a partir de la estimación del costo de oportunidad de la tierra apta para uso agrícola y del valor económico de los efectos negativos de la erosión hídrica sobre los caminos rurales, es posible diseñar y evaluar la viabilidad económica de un esquema de PSE para la cesión de tierras privadas destinadas a la construcción de una nueva red de

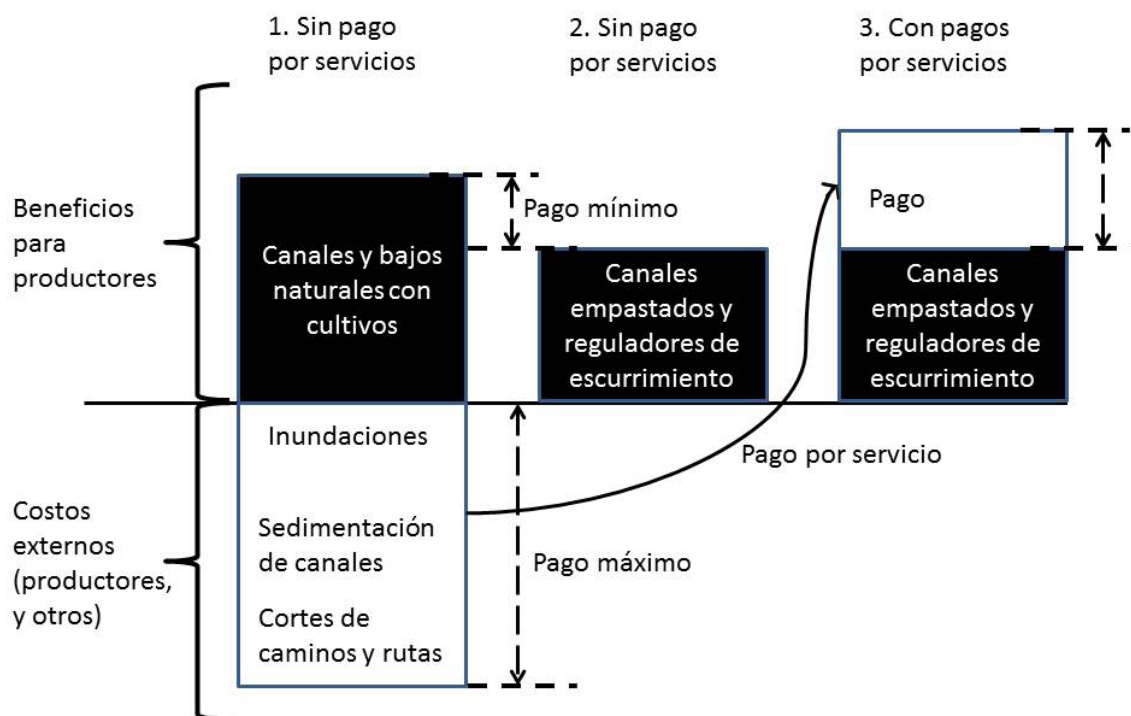


Figura 1: Lógica del esquema de pago por servicio ecosistémico (PSE). *Fuente:* Adaptado de Engel *et al.* (2008).

desagüe en el sur de la provincia de Córdoba, Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio presenta una superficie de 2.310.000 ha correspondientes a las cuencas del río Cuarto y de los Arroyos Menores (del Gato, Santa Catalina y Aji) en el sur de la provincia de Córdoba (Figura 2).

Los datos de DAP fueron obtenidos mediante una encuesta realizada entre los meses de julio y agosto de 2007 a productores del sur de la provincia de Córdoba. El método de muestreo fue aleatorio estratificado y el tamaño de la muestra fue de 159 productores (ver distribución en la Figura 2) de una población de 3113 (ver detalles Degioanni *et al.*, 2008). El costo de oportunidad de la tierra cedida para la construcción de la red de desagüe y los beneficios de controlar los efectos

de la erosión hídrica sobre los caminos rurales, se estimaron siguiendo el criterio definido por Engel *et al.* (2008) y propuesto para evaluar la viabilidad económica de un esquema de PSE (ver Figura 1).

La metodología desarrollada para estimar el valor de los efectos externos de la erosión hídrica sobre los caminos rurales combinó los métodos de precios hedónicos y de valoración contingente. Tomando como base el modelo de precios hedónicos desarrollado por Palmquist (1989), cuya idea subyacente es que el precio de arrendamiento de la tierra agrícola depende de sus características productivas, se partió del supuesto de que la accesibilidad al campo (estado de los caminos) es un atributo de la tierra en alquiler para la producción agrícola, y por tanto, incide en el precio que ofrecen los arrendatarios y demandan los arrendadores en dicho mercado. No obstante, al no contar con datos sobre contratos de tierra en alquiler para aplicar propiamente el

método de precios hedónicos, esta información fue relevada mediante una encuesta de valoración contingente. El bien valorado fue la tierra cedida o tomada en alquiler con un solo atributo diferencial: la accesibilidad a la misma con y sin riesgos de cortes de caminos por erosión/inundación. La diferencia entre ambas medidas del valor de la tierra cedida o tomada con y sin riesgos de cortes de caminos por erosión constituye la valoración unitaria de la externalidad (\$c por hectárea) para cada productor. Posteriormente, el valor unitario se agrega considerando la representación de estrato del productor, la unidad ambiental y el grado de afectación. Se le consulta al productor si la erosión hídrica afecta su predio (mucho, poco o nada) y también a su región. De esta forma, se obtuvieron dos esti-

maciones del valor económico: una de acuerdo al nivel de afectación que los productores percibían en su establecimiento agropecuario (EAP) y otra según el nivel de afectación que éstos percibían en su región (para más detalles consultar: Cristeche, 2009). En lo que respecta al costo de oportunidad de la tierra, se consideró el promedio de las respuestas brindadas por los productores al ser consultados por el precio de referencia de alquiler de la tierra para producir soja.

Propuesta del esquema de pago por servicio ecosistémico

En este apartado describimos la propuesta del esquema de PSE definiendo y preci-

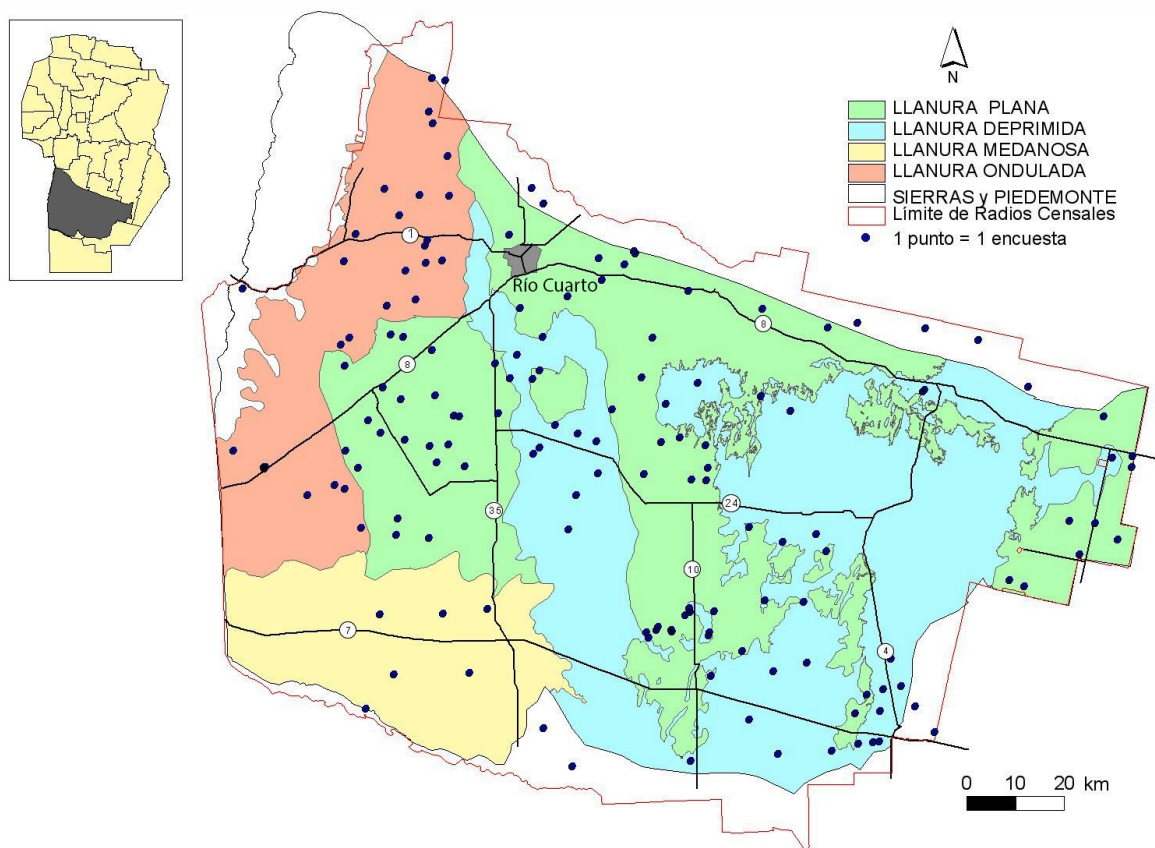


Figura 2: Área del estudio y delimitación de Unidades Ambientales Homogéneas: cuencas del río Cuarto y de los Arroyos Menores, provincia de Córdoba, Argentina. Fuente: tomado de Degioanni *et al.* (2008).

sando el tipo de servicio, los prestadores, los beneficiarios y el mecanismo institucional.

Tipo de servicio

En el marco del plan de ordenamiento de tierras de las cuencas del río Cuarto y de los Arroyos Menores, algunos productores ceden parte de su tierra en forma permanente para la construcción o restitución de una red de desagüe cuya función será almacenar o conducir los excedentes hídricos contribuyendo a la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica. La red de desagüe involucra canales, obras de regulación hídrica (micro embalses, retardadores de escurrimientos, entre otras), trampas de sedimentos y demás obras. Parte de la tierra asignada a la red de desagüe es privada, y otra parte está constituida por las vías naturales de desagüe. Asimismo, la red de desagüe estabilizada debe ser reparada y mantenida en condiciones de funcionalidad para que brinde este servicio de manera permanente.

Prestadores del servicio

Por ende, este servicio lo brindan los productores agropecuarios cuyas tierras formarán parte o serán destinadas a la red de desagüe, hasta que la misma alcance un curso de agua permanente (río o arroyo). Los productores pueden colaborar en la identificación y evaluación de alternativas de diseño de la red de desagüe, y en la coordinación ejecutiva de las obras. No obstante, la configuración de la nueva red de desagüe se definirá en base a los requisitos técnicos (los tipos de suelo, las características geomorfológicas e hidrogeológicas de la cuenca), y económicos (el mínimo costo de operación y el nivel de inversiones que requiere la red de desagüe) que establezcan las autoridades de aplicación. Consecuentemente, la cesión de tierras por parte de los productores no es voluntaria como suele plantearse en algunos esquemas de PSE. Pero a diferencia de lo que ocurriría si se implementara como una medida meramente regulatoria, en este caso se compensará al

productor por medio de un pago equivalente al costo de oportunidad de la tierra cedida a la red de desagüe.

Beneficiarios del servicio

Los beneficiarios principales de este servicio serán los productores agropecuarios que en períodos de lluvias intensas puedan descargar los excedentes hídricos (con mínima carga de sedimento) de sus campos a la red de desagüe estabilizada y, al mismo tiempo, puedan circular por los caminos sin (o con menor) riesgo de cortes por erosión. Además, podrían considerarse como beneficiarios a aquellos usuarios de los caminos que no son productores y ven reducida la frecuencia de episodios de corte de caminos. Pero dada la disponibilidad de información, únicamente se considera a los productores agropecuarios. Un productor puede cumplir la doble función -prestador y beneficiario- si parte de la red de desagüe pasa por su campo y tiene excedentes hídricos en lluvias extraordinarias.

Mecanismo institucional

Para la cesión de tierras, destinadas a la construcción o restitución de la red de desagüe, se apela a la figura legal de “derecho de servidumbre” definido como “el derecho real, perpetuo o temporario sobre un inmueble ajeno, en virtud del cual se puede usar de él, o ejercer ciertos derechos de disposición, o bien impedir que el propietario ejerza algunos de sus derechos de propiedad.”¹ La aplicación de esta figura legal a los fines de la conservación de la naturaleza ha dado lugar a lo que se conoce como servidumbres ecológicas; esto es, un acuerdo “por medio del cual un propietario limita los usos de su propiedad con el objetivo de conservar y preservar los ecosistemas y recursos naturales, bellezas escénicas o atributos históricos, arquitectónicos, arqueológicos o culturales del inmueble” (Cordero *et al.*, 2008).

¹ Código civil, Libro III; Título XII.

En lo que refiere a los pagos por el servicio ecosistémico que deben realizar los beneficiarios propietarios de la tierra, es posible plantear algún tipo de acuerdo social cómo la constitución de un fondo en base a un aporte adicional recolectado junto con el impuesto inmobiliario.

Con relación a las tareas administrativas de asignación de recursos, manejo de contratos y su correspondiente monitoreo, puede apelarse a distintas entidades para cumplir estas funciones: el Estado, una organización mixta, organizaciones de productores, una organización existente como los consorcios camineros, o una organización profesional, entre otras. Independientemente de la modalidad adoptada, lo importante es focalizar en la capacidad de gestión y coordinación institucional en el territorio, evitando las superposiciones de funciones jurídicas (Pochat, 2005), e integrando las actuaciones de modo que no se justifique ampliar permanentemente la red.

Precio pagado por el servicio y viabilidad económica del esquema de PSE

El costo para el productor que cede parte de su tierra al servicio de red de desagües estaría conformado, por un lado, por los beneficios netos perdidos por la tierra que deja de utilizar para la agricultura y, por otro lado, por los costos de mantenimiento y reparación de la red. Aquí no se consideran las inversiones para la construcción o restitución de la red de desagüe.

Suponiendo que el área del estudio requiere alrededor de 20.000 ha de red de desagüe ubicadas sobre tierras privadas, que se toma el precio de referencia promedio de alquiler de tierra para producir soja en la cuenca, de alrededor de 847 \$/ha/año, y que los gastos de mantenimiento y reparación representan un 10% de dicho monto, el costo de participación o el monto que deben cobrar los productores por la cesión de tierras a la red de desagüe y su mantenimiento asciende a 932 \$/ha/año (Tabla 1).

Tabla 1: Parámetros básicos para el diseño del esquema de pago por servicios ecosistémicos en las cuencas de los Arroyos Menores y del río Cuarto (Córdoba, Argentina).

Variables o parámetros usados (unidad de medida)	Valor
A: Superficie total (ha)	2.004.420
B: Superficie de la red de desagüe (ha)	20.000
C: Costo oportunidad de la tierra (\$/ha/año)	847
D: Gastos de reparación y mantenimiento (\$/ha/año)	85
E: Costo de participación (\$/ha/año)	932
F: Pago a beneficiarios (\$/ha/año)	9
G: Valoración de efectos de la erosión sobre los caminos por ha 1* (\$/ha/año)	70
H: Valoración de efectos de la erosión sobre los caminos por ha 2* (\$/ha/año)	107
I: Beneficio neto 1* (\$/ha/año)	61
J: Beneficio neto 2* (\$/ha/año)	98

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Cristeche (2009).

Nota: \$: pesos constantes julio de 2007. D= 0,1*C; E= C+D; F= (E*B) /A; I= G-F; J= H-F

* Por "Valoración de efectos de la erosión sobre los caminos 1" y "Beneficio Neto 1" se hace referencia a los valores estimados de acuerdo al nivel de afectación declarado por el productor en su EAP, manifestado por los productores. Por su parte, "Valoración de los efectos de la erosión sobre los caminos 2" y "Beneficio Neto 2" hacen referencia a los valores estimados de acuerdo al nivel de afectación declarado por los productores en su región.

En lo que se refiere a los aportes necesarios para cubrir la totalidad del costo de los proveedores, los beneficiarios podrían pagar en forma proporcional a la cantidad de tierra que posean. Para este caso en particular, y suponiendo que todos se benefician en la misma medida, en promedio debería realizarse un pago anual de \$ 9 por hectárea. Si se compara el pago que deben realizar los productores de la cuenca en compensación por la cesión de sus tierras a la red de desagüe, las tareas de mantenimiento y reparación que realizan ciertos productores, y el beneficio promedio que perciben todos los productores de la cuenca por el control

Tabla 2: Análisis parcial del excedente social de la situación con y sin pago de servicios ecosistémicos (PSE) (Red de desagüe de 20.000 ha).

	Sin PSE		Con PSE y ordenamiento	
	\$c/ha/año	\$c/año	\$c/ha/año	\$c/año
Renta de la tierra	847	16.940.000	-	-
Prestadores (ingresos)	-	-	932	18.634.000
Beneficiarios (gastos)	-	-	9	18.634.000
Valor de los efectos de la erosión sobre los caminos	(70) (107*)	(140.403.249) (214.830.606*)	0	0
Excedente Social	-	(123.463.249)	61	121.769.249
	-	(197.890.606*)	98*	196.196.606*

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Cristeche (2009).

*: valores asociados a la estimación del valor económico de los efectos de la erosión sobre los caminos de acuerdo al nivel de afectación percibido por el productor en su región; entre paréntesis se indican los valores negativos (pérdidas o daños).

de la externalidad de la erosión hídrica sobre los caminos rurales, se puede advertir que el beneficio neto del esquema de PSE se ubica entre los 61 y 98 \$c/ha/año.

En la Tabla 2, se muestra un análisis parcial del excedente social en la situación con y sin esquema de PSE. En la situación sin esquema de PSE, los productores agropecuarios perciben un valor promedio de renta de la tierra anual de \$c847 por hectárea, lo que equivale -considerando las tierras que serían asignadas a la red de desagüe- a un total de casi \$c 17 millones por año bajo el supuesto de que las tierras son aptas para agricultura. A su vez, el conjunto de productores, sin ordenamiento de la red de desagüe, tiene un daño por los efectos negativos de la erosión hídrica sobre los caminos rurales de entre \$c 140 y 215 millones anuales. Por lo tanto, si se mantiene la situación sin PSE, los productores en su conjunto tienen un excedente social negativo de entre \$c 123 y 198 millones por año.

Al contrario, en la situación con ordenamiento y el esquema de PSE, los productores no perciben el daño de los efectos de la erosión sobre los caminos (o éste se aproxima a cero), escenario que se valora como un excedente social general positivo ubicado entre \$c121 y 196 millones anuales. El productor

que cede tierra para la red de desagüe deja de percibir la renta de la tierra por la realización de actividades agropecuarias, pero en compensación percibe el pago por SE que cubre su costo de oportunidad. Por consiguiente, el resto de productores de la cuenca gasta 18,64 millones de pesos en compensación por la provisión del servicio ecosistémico.

Por lo tanto, el excedente social corresponde a la diferencia entre los beneficios por evitar los daños en la infraestructura de caminos que perciben todos los productores de la cuenca, y los gastos realizados para proveer y mantener el servicio en el marco del plan de ordenamiento territorial.

CONCLUSIONES

En el presente capítulo, se ha expuesto y analizado cómo un esquema de PSE puede constituir una alternativa viable, en términos económicos, para ordenar la red de desagüe y organizar las tareas de mantenimiento y reparación de la misma contribuyendo a la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica en el marco de un plan de ordenamiento de tierras y conservación de suelos que permita controlar la erosión hídrica y sus

efectos dañinos en el sur de la provincia de Córdoba.

Por otro lado, el esquema de PSE aparece como una alternativa institucional interesante para desarrollar nuevas funciones que demandará el funcionamiento apropiado de una cuenca ordenada. En este sentido, la Secretaría de Recursos Hídricos podría desarrollar esta función en forma descentralizada manteniendo el poder de fiscalización y organizando a los beneficiarios a nivel de consorcios camineros o de conservación de suelos existentes o crear una unidad de gestión de la cuenca. La unidad debe gestionar el conjunto de actividades vinculadas a la conservación de suelos en el sitio, la conservación de los caminos, el mantenimiento y reparación de la red de desagüe y la administración del esquema de PSE dotándola de recursos y capacidad administrativa para cumplir con dichas tareas. En cualquier caso, el Estado debería involucrar a los beneficiarios locales para que participen activamente en la organización de este mecanismo institucional por la gran importancia económica que le asignan al problema de la erosión hídrica.

Desde un punto de vista teórico, el esquema de PSE propuesto se aproxima al ideal dado que el productor paga de acuerdo a la superficie de campo que maneja, y por tanto, asumiendo condiciones tecnológicas similares paga de acuerdo a la cantidad de agua que escurre de su campo. Sin embargo, en la medida que los productores adopten tecnologías de conservación de suelo y agua, las necesidades de espacio destinado a la red de desagüe puede reducirse significativamente, y es posible pensar en algún mecanismo más consistente con la teoría económica, cobrando un monto fijo por el servicio permanente (el sacrificio de tierra productiva para la red de desagüe) y otro monto variable según el volumen medio de escurrimiento y sedimentos vinculado a los gastos de mantenimiento y reparación. De esta manera y en teoría, se promovería una conducta conservacionista castigando a aquellos que no la tienen mediante

un pago más elevado por el daño causado al sistema de desagüe. Sin embargo, para las condiciones actuales de funcionamiento de la cuenca esto agregaría algunas dificultades vinculadas al monitoreo del caudal y volumen de escurrimiento generado por cada establecimiento, en virtud de que aún no resulta clara la confiabilidad de los mecanismos de medición. Además, habría que considerar la mayor complejidad del sistema administrativo para ponerlo en marcha y los costos adicionales involucrados.

El excedente social del esquema de PSE para toda el área de estudio resultó significativamente positivo. Aunque los resultados se muestran promisorios para el diseño de una política pública de control de la erosión de suelo en el área de estudio, debe repararse en algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, únicamente se han considerado a los productores agropecuarios pero cabe mencionar a otros pobladores rurales o usuarios de los caminos rurales, como por ejemplo, los transportistas que también sufren los perjuicios de la acción de la erosión hídrica sobre los caminos rurales. En segundo lugar, no se han considerado otros efectos de la erosión hídrica fuera del campo del productor como ser: la degradación de humedales, la contaminación del agua, entre otras externalidades negativas cuya valoración económica también puede contribuir a cuantificar los beneficios de contar con una política de ordenamiento de tierras que permita controlar la erosión. Por último, en este trabajo se ha analizado parcialmente un mecanismo para el ordenamiento de tierras y conservación de suelos por lo que en un futuro debería incluirse el análisis de los otros componentes considerando las inversiones. A tales efectos, sería conveniente desarrollar un plan de ordenamiento de cuenca hídrica integrando los componentes: hídrico-vial, agrario e institucional con el esquema de PSE en una cuenca piloto demostrativa y desarrollar los estudios de diseño técnico, económico y de gestión que permitan ajustar

in situ el esquema previo a su extrapolación a la política pública.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cantero G., A., Cantu, M. P., Becerra, V., Cantero, J. J., Cisneros, J. M., Degioanni, A. *et al.* (1998). Propuesta de ordenamiento y manejo integrado de tierras y aguas en el sur de la provincia de Córdoba. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto.
- Cisneros, J. M., Cantero G., A., Degioanni, A., Angelli, A., Gonzalez, J., de Prada, J. *et al.* (2008). *Uso del suelo, erosión y deterioro de los caminos rurales: El caso de la cuenca Suco-Moldes-Mackenna (Córdoba)*. Trabajo presentado en el XXI Congreso Nacional Argentino de la Ciencia del Suelo, Potrero de Funes, San Luis, Argentina.
- Cisneros, J. M., de Prada, J. D., Degioanni, A., Cantero Gutierrez, A., Gil, H., Reynero, M. *et al.* (2005, 10 al 13 de Mayo). *Potencial de Escurrimiento de Cuencas Agrícolas en Relación a los Cambios de Uso entre 1986 y 1999*. Trabajo presentado en el XX Congreso Nacional de Agua y III Simposio de Recursos Hídricos del Cono Sur.
- Cordero, D., Moreno-Díaz, A., y Kosmus, M. (2008). *Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales*. Ecuador: GTZ.
- Cristeche, E. R. (2009). *Valoración económica de los efectos externos de la erosión hídrica sobre la infraestructura de caminos rurales en el Sur de la provincia de Córdoba, Argentina*. Tesis, Facultad de Ciencias Económicas, UBA., Buenos Aires.
- de Prada, J. y Angeli, A. (2007). *Valoración económica de bienes y servicios ambientales en el medio rural: Análisis de la erosión y conservación de suelo*. Trabajo presentado en la XXXVIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, Mendoza, Argentina.
- de Prada, J. D., Shah, F., Bravo-Ureta, B., Degioanni, A., Cisneros, J. M., Cantero G., A. *et al.* (2014). The external impact of agriculture on inland wetlands: A case study from Argentina. *European Scientific Journal*, 10 (17), 99-117.
- Degioanni, A., de Prada, J. D. y Cisneros, J. M. (2008). Características del área de estudio, unidades ambientales y productores de la muestra. In J. D. de Prada y J. A. Penna (eds.). *Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el sur de Córdoba Argentina* (Vol. 8, pp. 23-30). Buenos Aires, Argentina: Ediciones - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Degioanni, A. J., de Prada, J., Cisneros, J. M., Reynero, M., Cantero G., A. Rang, S. *et al.* (2004, 22-25 de junio). *Inventario de humedales en las cuencas de los arroyos Santa Catalina, Del Gato y Aji (Córdoba)*. Trabajo presentado en el XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Parana, Entre Ríos, Argentina.
- Engel, S., Pagiola, S. y Wunder, S. (2008). Designing payments for environmental services in theory and practice: An overview of the issues. *Ecological Economics*, 65(4), 663-674.
- Gil, H., de Prada, J. D., Hernández, J., Pereyra, C. y Angeli, A. R. (2008). Análisis de la percepción del productor sobre la problemática ambiental. In J. D. de Prada y J. A. Penna (eds.). *Percepción económica y visión de los productores agropecuarios de los problemas ambientales en el Sur de Córdoba, Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA.
- Gil, H. A., de Prada, J. D., Becerra, V. H., Cisneros, J. M. y Reynero, M. A. (2006). *Gestión del recurso suelo en el medio rural: análisis político-institucional en la Provincia de Córdoba, Argentina*. Trabajo presentado en el XXXVII Reunión Anual Villa Giardino, Córdoba.
- Pochat, V. (2005). *Entidades de gestión del agua a nivel de cuencas: experiencia de Argentina* (Vol. 96). Santiago de Chile: CEPAL.
- Prego, A. J. y Stillo, F. S. (1988). Deterioro en la red caminera. In F. F. p. I. E. I. C. y I. Cultura. (ed.). *El deterioro del ambiente en la Argentina (suelo-agua-vegetación-fauna)*. Buenos Aires.
- Simpson, R. D. (2007). David Pearce and the economic valuation of biodiversity. *Environmental and Resource Economics*, 37(1), 91-109.
- Wunder, S. (2005). Payments for environmental services: some nuts and bolts. Bogor: Center for International Forestry Research. CIFOR. *Occasional Paper* N° 42.

12. CULTIVOS POTENCIALES PARA LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Alessio Bocco, José Américo Degioanni, Oscar Giayetto

RESUMEN

La humanidad dispone de miles de especies vegetales para satisfacer sus necesidades alimenticias, textiles, forrajeras, entre otras. Sin embargo, en el rubro alimentos sólo tres especies, maíz, trigo y arroz, suministran el 60% de las calorías que los humanos obtienen de las plantas. En Córdoba aproximadamente el 48% de su territorio (7,9 millones de hectáreas) se destina a la producción agrícola y sólo seis cultivos (maíz, soja, trigo, sorgo, maní y girasol), ocupan el 90% de esa superficie. Esta especialización en el uso de cultivos para la agricultura aumenta la vulnerabilidad del sector productivo ante contingencias climáticas, biológicas o económicas. En la búsqueda de una “diversidad resiliente” es preciso ampliar los horizontes y optimizar no sólo los rendimientos de los cultivos denominados principales, sino también los de aquéllos más relegados en cuanto a su uso, o de carácter potencial. La diversidad resiliente brinda nuevas alternativas fuera de los monocultivos, las que deben abarcar a los llamados “cultivos no tradicionales” o alternativos. En este sentido, es prioritario evaluar las condiciones de la provincia de Córdoba para ofrecer nuevas opciones que diversifiquen los sistemas productivos instalados en su territorio. Las tierras cordobesas como consecuencia de su geografía privilegiada, se caracterizan por una alta variabilidad climática y de suelos que posibilitan el cultivo de otras especies promisorias en cuanto a su valor agroeconómico.

La distribución potencial de especies cultivables es un dato de gran valor ya que permite definir todas las actividades productivas que se pueden realizar en determinado ambiente, y evaluar nuevas alternativas de uso de los recursos naturales. Esto cobra importancia en un contexto mundial donde la economía depende, en gran medida y de manera creciente, de la producción de biomasa. Por otra parte, predecir los posibles cambios en la distribución de las especies debido a las modificaciones climáticas o tecnológicas, es también clave para la planificación de un territorio a largo plazo.

La primera etapa de este trabajo fue una extensa búsqueda bibliográfica a partir de la cual fue posible identificar un centenar de especies vegetales con potencial productivo y algún grado de desarrollo en cuanto a su aprovechamiento. Ese conjunto de especies fue sometido a la metodología desarrollada por FAO (modelo EcoCrop), que identificó 25 de ellas con aptitud para ambientes bien drenados, y otras 6 aptas para ambientes hidromórficos y/o halomórficos como alternativas promisorias en Córdoba. Las especies aptas para ambientes bien drenados fueron agrupadas en tres categorías de aptitud ecológica para su cultivo: alta, media y baja. Las de aptitud potencial alta fueron: Almorta, Cardo comestible, Cártamo, Colza, Guar, Guayule, Jojoba, Kenaf, Lino, Nopal, Okra, *Onobrychis scrobiculata*, Quínoa, Sésamo y Tef. Las plantas con una aptitud media para su cultivo fueron: Borraja, Cilantro, Lupin de Cosentino, Pasto varilla, Ricino y Topinambur; y las de aptitud ecológica baja incluyeron: Amaranto, Espelta, Ginseng americano y Poroto Adzuki. Para los ambientes con suelos pobremente drenados y salinos el modelo seleccionó como potenciales a las siguientes especies: *Agrostis stolonifera*, *Atriplex nummularia*, *Dichanthium aristatum*, *Imperata cylindrica*, *Leptochloa fusca* y *Andropogon gerardii*. Para cada una de estas especies se generó una capa de información mediante un SIG que muestra su distribución territorial según la aptitud de las tierras de la provincia de Córdoba, junto con una breve descripción botánica y algunas referencias de usos conocidos y potenciales.

INTRODUCCIÓN

La mitad del consumo mundial de proteínas y calorías es satisfecho por tan sólo tres cultivos: maíz, trigo y arroz (Rischkowsky y Pilling, 2007), y alrededor del 95% de los requerimientos de alimentos a esa escala son suministrados por 30 especies vegetales (Harlan, 1975). Sin embargo, según Kunkel (1984) existen al menos 12.650 especies que son consideradas comestibles. Trabajos más recientes refieren cifras aún más impactantes. Heywood (1999), en uno de los estudios más completos sobre el tema, afirma que existen no menos de 100.000 especies vegetales que son o fueron utilizadas por el hombre. Por su parte, Paroda y Mal (1989) señalan que, desde el advenimiento de la agricultura y el desarrollo de las primeras civilizaciones, el hombre ha utilizado alrededor de 80.000 especies vegetales. Este contraste evidencia la disminución de la diversidad que ha experimentado la canasta alimentaria de la humanidad y, por ende, una marcada dependencia de los denominados “cultivos principales”. El concepto de paradoja nutricional (Ogle y Grivetti, 1985) surge de lo anterior dada la sobre simplificación de la agricultura que ha favorecido a algunas especies foráneas en desmedro de otras endémicas ya sea por las ventajas comparativas para crecer en una gran variedad de hábitats, los requerimientos relativamente bajos para su cultivo, la facilidad de procesamiento, entre otras razones (Rao *et al.*, 2001). Esto genera que especies arraigadas en la cultura de una determinada comunidad cambien su estatus, dejando de ser un alimento y/o fuente de materias primas para convertirse en una especie no deseada que compite con las nuevas especies introducidas. Esta tendencia hacia la homogeneización de las fuentes de alimento pareciera no detenerse, más bien todo lo contrario (Khoury *et al.*, 2014). Las causas de dicho fenómeno son complejas y su interdependencia hace difícil discriminarlas, pero este proceso conlleva a la pérdida de la importancia relativa de especies relegadas o geográficamente restringi-

das. Argentina no escapa a esta tendencia tal como lo revelan sus estadísticas (FAOSTAT, 2016) donde sólo cuatro cultivos (trigo, maíz, caña de azúcar y soja), concentran más del 90 % de la producción nacional. La provincia de Córdoba tampoco es ajena a este fenómeno con sólo seis cultivos (maíz, maní, trigo, soja, girasol y sorgo) ocupando el 90 % del área sembrada de su territorio.

La riqueza de las especies cultivadas se ha reducido, tanto en su dimensión intra como interespecífica, aumentando la vulnerabilidad de los tomadores de decisiones, especialmente en los ambientes menos favorecidos. Entre las revisiones bibliográficas que resaltan las dramáticas consecuencias de la “erosión genética” experimentada por las especies vegetales, cabe mencionar la de Fowler y Mooney (1990). Sin embargo, existe menos información sobre los impactos producidos por la reducción de la canasta alimentaria sobre la calidad de vida de las comunidades. En la Conferencia sobre Cambio Climático (UNFCCC COP21) realizada en diciembre de 2015 en París, se hizo hincapié en la imperiosa necesidad de diversificar los sistemas agrícolas. La agricultura del futuro deberá lidiar con un ambiente más hostil e inestable por lo que la diversificación se presenta como una estrategia a abordar, no sólo para garantizar la seguridad alimentaria, sino también para proveer nuevas oportunidades y opciones a los productores agropecuarios que pueden ver en riesgo su subsistencia en un mundo impredecible.

En la búsqueda de una “diversidad resiliente” es preciso ampliar los horizontes y optimizar no sólo los rendimientos de los cultivos principales, sino también los de aquellos “cultivos no tradicionales” o alternativos (Padulosi *et al.*, 2002), muchos de los cuales fueron cultivados por siglos en sus centros de origen donde se encuentran las bases del conocimiento para su cultivo.

Los análisis para determinar si una especie vegetal es promisoría deben estar basados en la contribución que la misma puede

brindar para dar cumplimiento a un objetivo determinado, incluyendo el fortalecimiento de la seguridad alimentaria, el mejoramiento del balance nutricional de la población y la sustentabilidad de los sistemas; o aliviar la situación de pobreza a través de la generación de nuevas fuentes de ingreso (Rao *et al.*, 2001). En este marco, se han propuesto criterios y características que debería reunir una especie vegetal para ser considerada como promisoría (von Maydell, 1989).

Predecir la distribución de la vegetación en el territorio, comienza con el diseño de algún tipo de modelo predictivo, que utilizará las variables ambientales (principalmente de clima y suelo), para generar un mapa que represente esa distribución geográfica. Entre las bases teóricas que permiten formular modelos predictivos, se menciona la teoría de nicho ecológico y gradiente ambiental, cuya premisa básica es que la distribución de la vegetación puede ser predicha mediante el análisis de los factores ambientales que la regulan (Austin, 2002; Austin, 2007; Ortega Huerta y Peterson, 2008; Franklin, 2009; Peterson *et al.*, 2011). Más aún, para que el mapeo de la vegetación sea práctico, las variables ambientales deben ser fácilmente observables y medibles para simplificar su posterior incorporación a un SIG. Actualmente, existe mucha información digitalizada de diferentes campos temáticos (topografía, geología, clima, suelo, etc.), aunque dispersa en distintas bases de datos y con resoluciones tan diversas como sus formatos, siendo un reto su homogenización para ejecutar un proyecto con el uso de SIG.

Los modelos de distribución de especies frecuentemente están muy ligados a los modelos de aptitud de hábitat. Éstos han cobrado importancia no sólo para el estudio de ecosistemas naturales, sino también de agroecosistemas, en los que se debe lograr una coincidencia entre la oferta ambiental y la demanda del cultivo, convirtiendo estos modelos en una herramienta muy útil para estudios agroecológicos (Ceballos Silva y López

Blanco, 2003). Además, permiten evaluar la productividad ante las condiciones ambientales actuales y en diversos escenarios futuros de cambio climático (Hood *et al.*, 2006; Jarvis *et al.*, 2008). El tipo de suelo y el clima regional, principalmente los regímenes térmicos y de precipitación, determinan en gran medida la productividad de los cultivos (Jing-Song *et al.*, 2012). En este contexto, se han planteado muchos criterios para evaluar la aptitud de un cultivo a las condiciones ambientales, desde simples acercamientos a partir de temperatura y precipitación a lo largo del periodo de crecimiento (Woodward, 1987), a complejos modelos que involucran datos climáticos, de química y física de suelos, entre otros (Eliason *et al.*, 2010).

A la hora de modelar cada variable ambiental es importante considerar su relación con la curva de respuesta particular de la especie al factor ambiental. Los requerimientos ambientales de las especies vegetales están disponibles en bases de datos como, por ejemplo, la base desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) llamada EcoCrop (FAO, 2003). La misma contiene información básica de más de 2000 especies de interés económico, junto con sus requerimientos ambientales. La integración entre variables directas, recursos (Austin, 2002), y la respuesta ambiental (Lambers *et al.*, 2008), reflejan el nicho realizado de la especie, lo que permite extrapolarlo en el espacio, creando mapas predictivos de la distribución de la vegetación, o en el tiempo, generando modelos de cambios en la vegetación.

Muchos modelos conceptuales han sido utilizados para describir los múltiples factores ambientales que controlan la distribución de las plantas. Mackey (1994) describe estos factores como los regímenes ambientales primarios de radiación, temperatura, humedad y nutrientes minerales. Guisan y Zimmermann (2000) consideraron los gradientes de nutrientes, agua, radiación fotosintéticamente activa y de sumas térmicas como los respon-

sables. Franklin (1995) también describió un modelo conceptual en el que los factores climáticos, topográficos y geológicos (material originario), interactúan para controlar los regímenes primarios en formas complejas como, por ejemplo, a través de la evapotranspiración, la pedogénesis o el balance hidrológico del suelo. Por otra parte, factores indirectos como la elevación, no son suficientes para modelar nichos y extrapolarlos a lo largo de un gradiente, pero sí para interpolar dentro del mismo ambiente donde fue medido (Austin, 2002).

Lo expuesto precedentemente puede reducirse a la probabilidad de que una especie, nativa o introducida, pueda estar presente en un sitio geográfico determinado. Dicha probabilidad puede denominarse superficie de respuesta ecológica (Lenihan, 1993) e incluye los tres pilares en los que se asienta este trabajo: la ecofisiología vegetal, los SIG y la estadística espacial.

La aptitud de un territorio es un atributo clave que define la productividad de un cultivo, siendo las variables climáticas los factores primarios que determinan la distribución geográfica de una especie (Franklin, 2009). Es indudable que el suelo también juega un rol importante, empero su importancia relativa es menor comparada con las variables climáticas. Actualmente, existe una gran cantidad de modelos con distintos grados de complejidad para estimar la distribución potencial de especies vegetales (Grinnell, 1917; Franklin, 1995; Chase y Leibold, 2003). Entre ellos se destacan Bioclim (Busby, 1991), GARP (Stokwell, 1999), Maxent (Phillips, 2006), ModEco (Guo y Liu, 2010) y EcoCrop (Ramirez Villegas *et al.*, 2013). Todos los modelos tienen la capacidad de identificar áreas donde las condiciones climáticas son óptimas para el crecimiento de los cultivos (Franklin, 2009). Sin embargo, se diferencian en el grado de complejidad interna que poseen y en la demanda de información de base que cada modelo requiere. EcoCrop (Ramirez Villegas *et al.*, 2013) combina simplicidad y robustez teó-

rica que le otorgan una ventaja comparativa respecto a los demás, razones por las cuales se lo utilizó en este trabajo.

METODOLOGÍA

Área de trabajo

El estudio abarca todo el territorio de la Provincia de Córdoba (165.321 km²) con excepción de los grandes cuerpos de agua como la Laguna Mar Chiquita.

Base de datos ambientales

En este estudio, se confeccionó una base de datos que abarca todos los aspectos requeridos para el modelo EcoCrop (Hijmans *et al.*, 2001). En cuanto a los datos de temperatura media, máxima media y mínima media, y de precipitación media, se generó una serie de archivos *ráster*. Estas superficies fueron interpoladas a partir de datos meteorológicos para el período 1950-2000 obtenidos de WordClim (Hijmans *et al.*, 2005). Se obtuvo una serie de capas con una resolución de 0,5 arco-segundos (aproximadamente 1 km en el Ecuador) la que posibilita un adecuado análisis de la variabilidad ambiental, particularmente en zonas serranas o con pendiente elevada.

Las características edáficas del territorio cordobés están disponibles en el Atlas de suelos de la Provincia de Córdoba (Agencia Córdoba Ambiente, 2006), en formato vectorial (*shape file*). Con respecto a la topografía, se usan los modelos digitales de elevación (DEM, por su nombre en inglés), que constan de imágenes *ráster* con una resolución de 30 x 30 m (Tachikawa *et al.*, 2011). Cada celda posee una medida de la cota del terreno con referencia al nivel del mar.

Por último, la base de datos de cultivos fue aportada por FAO posibilitando el uso de los datos originales del proyecto EcoCrop ya finalizado (FAO, 2003). Dicha base contiene

las 10 variables necesarias para insertar en el algoritmo del modelo homónimo (Hijmans *et al.*, 2001). Ellas son: *Ktmp* temperatura a la cual el cultivo muere; *Tmin* temperatura mínima media a la que el cultivo puede crecer; *Topmin* temperatura mínima media en la que el cultivo crece en condiciones óptimas; *Topmax* temperatura máxima media a la que el cultivo crece en condiciones óptimas; *Tmax* corresponde a la temperatura media máxima por sobre la cual el cultivo deja de crecer. Respecto a la precipitación (mm), los datos necesarios durante la estación de crecimiento son: *Rmin* precipitación mínima; *Ropmin* precipitación mínima óptima; *Ropmax* precipitación máxima óptima; y *Rmax* que corresponde a la precipitación máxima. También se considera la longitud del período de crecimiento en días (*LPG*).

Modelo de distribución espacial de especies vegetales

El modelo EcoCrop calcula un índice de aptitud para el crecimiento de las especies vegetales basado en parámetros climáticos (temperatura y precipitación) que puede ser aplicado mediante dos plataformas: Diva-SIG (Hijmans *et al.*, 2001), y un paquete creado en R (Ripley, 2001) que brinda mayor versatilidad. Este último fue elegido para las simulaciones por la mayor capacidad de procesamiento y posibilidad de automatización de tareas. Una desventaja del modelo es la no utilización de datos edáficos para la simulación, lo que puede tornarse restrictivo en algunas situaciones afectando el grado de precisión (Ramírez Villegas *et al.*, 2013). Por ello, se utilizó una adaptación del modelo EcoCrop para poder incluir variables edáficas y lograr un análisis más acabado de la potencialidad de las tierras cordobesas.

Selección de cultivos

La recopilación de la mayor cantidad de información posible sobre las especies vege-

tales candidatas para el análisis, se trabajó en gabinete usando diversas fuentes, desde trabajos pioneros (de Fina, 1966) a compendios actuales de especies potenciales (Oelke *et al.*, 1992; Bermejo y León, 1994; Fern, 1997; Bowen y Hollinger, 2002; Razon, 2009), y conocimiento experto. A partir de ello, se confeccionó una lista de las especies más promisorias.

Modelo EcoCrop

El modelo se aplicó a cada una de las especies de esa lista y se obtuvo como resultado la aptitud potencial basada solamente en parámetros climáticos. El procedimiento que emplea el modelo es el siguiente:

- 1) A partir de dos gradientes ecológicos para cada cultivo, definidos por un par de parámetros de las variables temperatura y precipitación, el modelo delimita un *rango absoluto*, que corresponde a la porción del gradiente entre *Tmin* y *Tmax*, y mediante un mecanismo análogo hace lo propio con la precipitación entre *Rmin* y *Rmax*.
- 2) Calcula el *rango óptimo* comprendido entre *Topmin*, *Topmax*, *Ropmin* y *Ropmax*, para temperatura y precipitación, respectivamente.

Luego, si la oferta ambiental de una localización en particular es inferior a los requerimientos absolutos, ese pixel no es apto para el cultivo (área de color blanco en la Figura 1); contrariamente, cuando dicha oferta se encuentra dentro del rango de valores absolutos se corresponde con la zona gris claro (Figura 1) y adopta un valor de índice de aptitud entre 1 y 99 %. Si los valores del gradiente se encuentran en el rango óptimo, el índice de aptitud es 100 % (zona gris oscuro en el centro de la Figura 1). El modelo calcula en forma separada el índice para cada gradiente, temperatura y precipitación, y luego los integra (Ramírez-Villegas *et al.*, 2013).

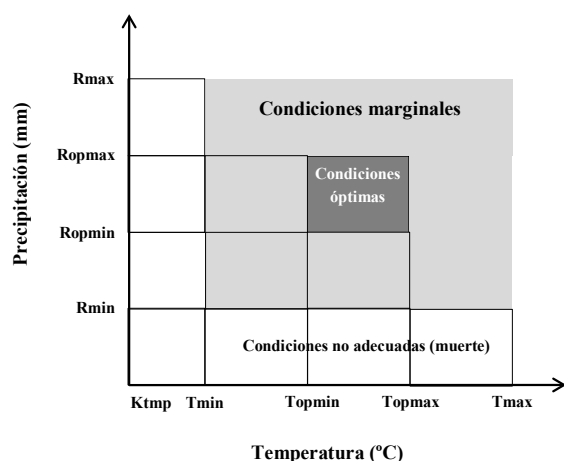


Figura 1: Diagrama bidimensional del modelo Eco-Crop. Tomado de Ramírez-Villegas *et al.*, (2013).

A partir de la temperatura, el modelo define la longitud del período de crecimiento (LPG) obteniendo 12 inicios potenciales del mismo, uno para cada mes del año, porque se asume que todos los meses son potencialmente posibles iniciadores del periodo de crecimiento. Luego, para cada mes calcula un índice de aptitud en función de la temperatura (T_{SUIT}) considerando los requerimientos del cultivo y la oferta climática de ese mes. Se asume que el período de crecimiento comienza a partir del primer mes en el cual la temperatura supera los requerimientos del cultivo, es decir, cuando la temperatura media mínima supera la temperatura mínima absoluta del cultivo (Laderach y Eitzinger, 2013). Una vez definidos los meses potenciales de inicio de la estación de crecimiento se modelan todas las estaciones posibles para obtener la óptima. Luego, el modelo escoge entre los 12 períodos de crecimiento potenciales caracterizados, aquel que tiene el mayor índice de aptitud.

Una vez definidos los meses en los que el cultivo crece y el índice de aptitud en función de la temperatura, se procede a evaluar la precipitación. El procedimiento utilizado es análogo al de la temperatura excepto que, en este caso, se considera la precipitación acumulada durante el total del período de creci-

miento y no la de cada mes individualmente. Se evalúa la precipitación de los 12 períodos potenciales y se obtiene un índice de aptitud.

Obtenidos los 12 índices de aptitud, por temperatura (T_{SUIT}) y por precipitación (R_{SUIT}), se calcula el índice de aptitud total para cada uno de los períodos de crecimiento (LGP), como el producto entre ambos ($T_{\text{SUIT}} \times R_{\text{SUIT}}$). Finalmente, el periodo de crecimiento más adecuado para la especie bajo análisis será el de mayor índice de aptitud total. Este valor expresa el grado en que la oferta ambiental se corresponde con los requerimientos óptimos del cultivo (Laderach y Eitzinger, 2013; Ramírez-Villegas *et al.*, 2013).

Este procedimiento se repite para cada uno de los sitios (píxeles de la capa *ráster* del modelo) correspondientes a toda la superficie provincial. El procedimiento metodológico se resume en la Figura 2.

Metodología en SIG

Una vez obtenidas las capas de los índices de aptitud para la temperatura y la precipitación, se debe realizar un análisis de superposición en un sistema de información geográfica para obtener el resultado final que refleje la aptitud global de cada pixel para cada especie vegetal analizada. El modelo se automatizó en ModelBuilder de ArcGIS (ESRI y Redlands, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mapa de suelo

Este mapa resultó de combinar la información del Atlas de Suelos de la Provincia de Córdoba (Agencia Córdoba Ambiente, 2006) y el Atlas de Suelos de la República Argentina (INTA, 1990), en una capa mixta que combina la información de ambas y engloba las limitantes edáficas determinantes. Es una capa de carácter binario porque sólo discrimina entre tierras aptas y no aptas para todos los

cultivos, sin considerar las características específicas de cada uno. Sin embargo, para los fines de este trabajo, este acercamiento a las limitantes edáficas se puede considerar apropiado. La elaboración de dicha capa combinó las variables que afectan negativamente el desarrollo radical, como profundidad efectiva, susceptibilidad al anegamiento o inundación, y las condiciones de salinidad y/o alcalinidad asociadas. También se consideraron no aptas las tierras con un índice de productividad inferior a 7, porque corresponden a la Clase VIII de la clasificación del USDA (Klingebiel, 1961), y aquellas bajo la influencia de la laguna Mar Chiquita. Para cada una de las variables edáficas se elaboró la capa correspondiente.

Mapas de clima

Las variables climáticas (precipitación y temperatura) obtenidas de WorldClim (Hijmans *et al.*, 2005), fueron recortadas del archivo original tomando como máscara los límites de la provincia de Córdoba. Luego, se elaboraron los mapas de temperaturas media, máxima media, mínima media y precipitación de cada uno de los meses del año disponibles para ser utilizados en el modelo EcoCrop.

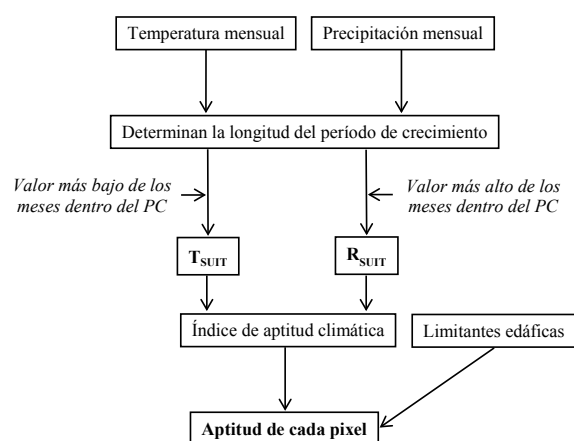


Figura 2: Diagrama conceptual modificado del modelo EcoCrop (Hijmans *et al.*, 2001). PC: período de crecimiento.

Índice de aptitud climático

El resultado del modelo EcoCrop, sin considerar las variables edáficas, se visualiza en una capa ráster construida a partir del índice de aptitud climático obtenido para cada uno de los cultivos evaluados. La capa tiene formato .bil, el tamaño de cada pixel es de $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ y el rango de los datos obtenidos es de 0-100. La capa de limitantes climáticas fue superpuesta con la capa de limitantes edáficas para obtener la aptitud global de cada pixel. El índice obtenido expresa la relación entre la oferta ambiental y los requerimientos del cultivo. Las regiones donde esa relación se aproxima a 1 se consideran *muy aptas* para el cultivo; donde la relación se ubica entre 0,33-0,66 se consideran *aptas*; y aquellas donde la relación está entre 0,01 y 0,33 se califican como *marginales*. Por último, las regiones con índice de aptitud igual a cero, se consideran *no aptas* para el cultivo.

Distribución de cultivos potenciales en el territorio de la provincia de Córdoba

Aquí se exponen los resultados de la aplicación del modelo EcoCrop para la identificación y distribución de algunas especies vegetales seleccionadas en base a los gradientes ambientales. Tales especies se agruparon en dos categorías: (i) las que no toleran anegamiento, es decir, que requieren suelos bien drenados, y (ii) las que tienen aptitud para desarrollarse en regiones con presencia de napas freáticas con alto tenor salino. Las especies de la primera categoría, se agruparon en tres clases según el grado de adaptabilidad ecológica: alto, medio y bajo.

Las especies que requieren suelos bien drenados y con alto grado de adaptación fueron: Almorta (*Lathyrus sativus*), Cardo comestible (*Cynara cardunculus*), Cártamo (*Carthamus tinctorius*), Colza (*Brassica napus*), Guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), Guayule (*Parthenium argentatum*), Jojoba (*Simmondsia chinensis*), Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), Lino (*Linum usitatissimum*), Nopal (*Opuntia*

ficuns-indica), Okra (*Abelmoschus esculentus*), *Onobrychis scrobiculata*, Quínoa (*Chenopodium quinoa*), Sésamo (*Sesamum indicum*) y Tef (*Eragrostis teff*). Las especies aptas para suelos bien drenados, pero con grado de adaptabilidad medio, incluyeron: Borraja (*Borago officinalis*), Cilantro (*Coriandrum sativum*), Lupin de cosentino (*Lupinus cosentinii*), Pasto varilla (*Panicum virgatum*), Ricino (*Ricinus communis*) y Topinambur (*Helianthus tuberosus*). Por último, en la categoría de especies aptas para suelos bien drenados y con bajo grado de adaptabilidad, resultaron seleccionadas: Amaranto (*Amaranthus cruentus*), Espelta (*Triticum spelta*), Ginseng americano (*Panax quinquefolium*) y Poroto adzuki (*Vigna angularis*).

En cuanto a las especies con aptitud para desarrollarse en suelos con influencia de napas freáticas de alto tenor salino, el modelo seleccionó como potenciales a las siguientes especies: *Agrostis stolonifera*, *Atriplex nummularia*, *Dichanthium aristatum*, *Imperata cylindrica*, *Leptochloa fusca* y *Andropogon gerardii*.

A modo de ejemplo, se describen dos especies vegetales seleccionadas por el modelo para cada una de las categorías y grados de adaptabilidad ecológica definidos precedentemente. Las mismas corresponden a las ubicadas por orden alfabético en el primero y segundo lugar de la lista respectiva.

Especies adaptadas a suelos bien drenados. Grado de adaptabilidad alto

Nombre científico: *Lathyrus sativus*

Nombres vulgares: Almorta, chícharo, guija, pito o tito

Síntesis botánica: Es una leguminosa, herbácea, suberecta, de crecimiento indeterminado, ramificada que alcanza una altura de 40-90 cm. Su sistema radicular tiene cerca de 50-70 cm de profundidad y es muy ramificado. Es de ciclo anual y se propaga por semillas. En aproximadamente 60-80 días cubre el suelo y florece luego de 75-120 días para completar su ciclo entre 100-180 días. Es una especie promisoría dada su adaptación a climas secos y semillas con un alto contenido proteico. En dichos ambientes, se alcanzan rendimientos de 500 kg ha⁻¹ y de 1,3-6,2 t ha⁻¹ de forraje. En ambientes húmedos se pueden lograr 2200 kg ha⁻¹ de grano. El forraje producido es de muy buena calidad. No todas las variedades de almorta pueden ser consumidas ya que se deben considerar sus factores anti nutricionales (Campbell C.G., 1997; FAO, 2003; Larbi *et al.*, 2010; Duke, 2012).

Usos: Las semillas de esta especie se pueden cocinar, moler para obtener harina o utilizar para alimentar al ganado. Las hojas son comestibles y utilizadas en ensaladas y potajes. Se la utiliza como especie fijadora de nitrógeno en ambientes que no incluyen leguminosas en las rotaciones dada su tolerancia a la sequía (Campbell C.G., 1997; Calderón *et al.*, 2012).

Requerimientos climáticos: en la Tabla 1 se indican los requerimientos climáticos del cultivo de Almorta (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 3 se presenta el mapa de su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Tabla 1: Requerimientos climáticos de Almorta.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
100	190	0	4	10	28	32	320	500	1300	3000

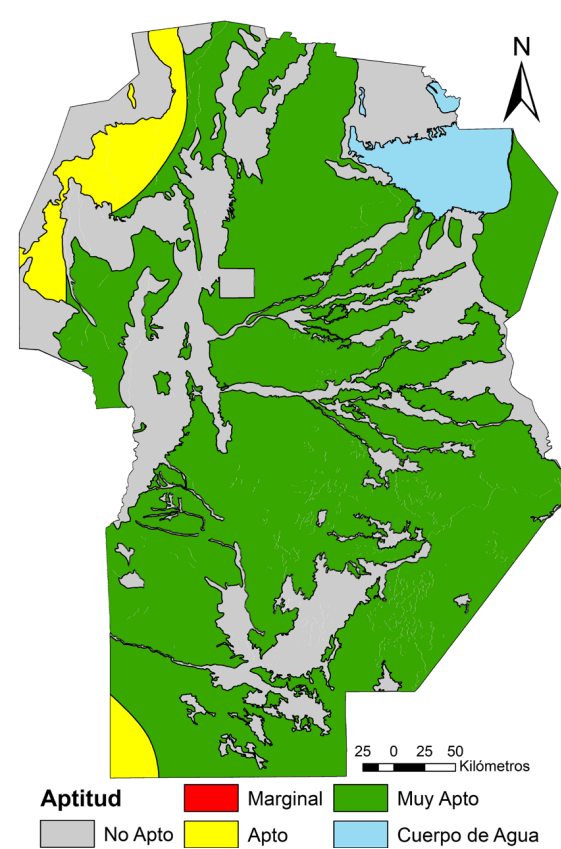


Figura 3. Mapa de la distribución potencial de Al-morta en la provincia de Córdoba.

Nombre científico: *Cynara cardunculus*
Nombre vulgar: Cardo comestible
Síntesis botánica: es una planta herbácea, perenne que puede alcanzar 1-2,5 m de altura y un diámetro de 60-100 cm. Sus hojas se agrupan en rosetas basales, lobuladas, pueden alcanzar hasta 2 m pero generalmente no superan los 80 cm, poseen espinas naranjas de 0,5-2 cm de largo. La cara inferior está densamente cubierta por pelos. Las hojas del tallo son alternas y de menor tamaño que las basales. En las variedades utilizadas para consumo directo, las hojas superiores poseen muy pocas espinas o ninguna. Las

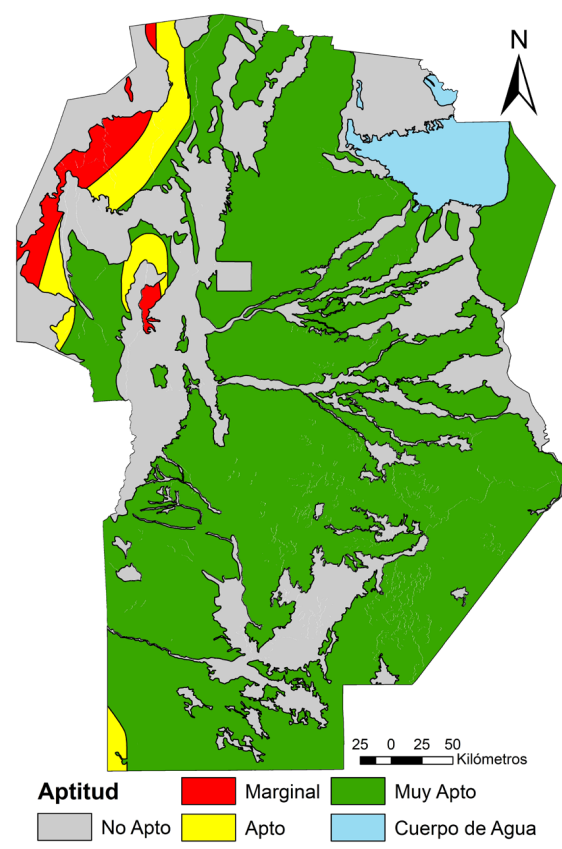


Figura 4. Mapa de la distribución potencial del cultivo de cardo comestible en la provincia de Córdoba.

flores son solitarias de color púrpura y rara vez blancas, al secarse le aportan valor ornamental a la planta. También atraen a una gran cantidad de abejas. Los frutos son pequeños aquenios cónicos. Los rendimientos de materiales mediterráneos son de alrededor de 47 t ha⁻¹ de biomasa aérea acumulada en tres años, de los cuáles el 6,3 % corresponde al grano (FAO, 2003; Raccuia y Melilli, 2007).
Usos: La aplicación tradicional de este cultivo es como alimento, especialmente sus tallos blanqueados y sus flores para la fabricación de queso, siendo una alternativa al cuajo. Adicionalmente, el cardo comestible

Tabla 2: Requerimientos climáticos del Cardo comestible.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
150	300	-10	7	14	28	36	450	550	800	1000

puede ser cultivado con fines energéticos e industriales. Como cultivo energético se explota en forma perenne, especialmente enfocado en la producción de biomasa. La parte cosechable corresponde a toda la biomasa aérea producida. Ésta se discrimina en dos: la biomasa lignocelulósica y las semillas con alto contenido de aceite (El Bassam, 2010). La lignocelulosa es un combustible sólido que puede ser utilizado de forma directa para producir calor o energía eléctrica. Las semillas representan un 13 % del total de la biomasa y debido a su alto contenido de aceite, pueden ser utilizadas para la producción de biodiesel (El Bassam, 2010). Además se puede utilizar como forraje para rumiantes, para la producción de pulpa de papel y para la extracción de metabolitos de uso en la industria farmacéutica (Fernández *et al.*, 2006).

Requerimientos climáticos: en la Tabla 2 se detallan los requerimientos climáticos del Cardo comestible (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 4 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Especies adaptadas a suelos bien drenados. *Grado de adaptabilidad medio*

Nombre científico: *Borago officinalis*

Nombre vulgar: Borraja

Síntesis botánica: Es una planta anual, herbácea, erecta, puede ser ramificada, pilosa que alcanza los 20-100 cm de altura. Las hojas son de ovadas a lanceoladas, las basales pecioladas formando una roseta, crecen hasta 25 cm de largo. Las flores son brillantes de un color azulado y se ubican en la sección terminal de las ramificaciones. La variedad cultivada tiene flores blancas mientras que la silvestre tiene flores azules (Pieszak *et al.*, 2012; Asadi-Samani *et al.*, 2014). Posee propiedades medicinales y es muy atractiva para las abejas. Los rendimientos varían entre 25-100 kg ha⁻¹ (FAO, 2003; De la Fuente *et al.*, 2006).

Usos: Los usos de la borraja pueden resumirse en aquellos relacionados con la extracción del aceite, uso gastronómico y propiedades medicinales (Bermejo y León, 1994). Sus semillas son la fuente natural de ácido gama linolénico (GLA) más abundante que se conoce ya que contiene entre un 17-28 % de dicho ácido graso (Janick *et al.*, 1989; Berti *et al.*, 2002; De la Fuente *et al.*, 2006). El aceite de borraja se utiliza como suplemento para aquellas personas que tienen deficiencias de dicho ácido graso (Asadi-Samani *et al.*, 2014). En cuanto a su uso culinario, la borraja se consume como vegetal fresco en ensaladas, como potajes y sopas o como guarnición. Tradicionalmente es utilizada por sus propiedades medicinales, consumiéndose sus flores y hojas en infusiones (Bermejo y León, 1994).

Requerimientos climáticos: En la Tabla 3 se detallan los requerimientos climáticos del cultivo de Borraja (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 5 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Nombre científico: *Coriandrum sativum*

Nombres vulgares: Cilantro, coriandro

Síntesis botánica: Es una planta herbácea, erecta, glabra, que alcanza una altura de 0,4-0,6 m. Las hojas inferiores son compuestas, de aspecto redondeado a lobado, mientras que las superiores están finamente divididas en segmentos muy angostos. Las flores son pequeñas, de color rosado y se insertan en umbelas que pueden alcanzar los 4 cm de diámetro. Los frutos son globulares y consisten de dos segmentos que se rompen a la madurez, cada uno conteniendo una semilla. Los frutos al separarse consisten de una superficie interna cóncava y un pericarpio áspero (Luayza *et al.*, 1996; FAO, 2003; Mandal y Mandal, 2015).

Usos: Un aceite esencial es extraído del fruto y es usado por sus propiedades medicinales, también es utilizado en cosmética y

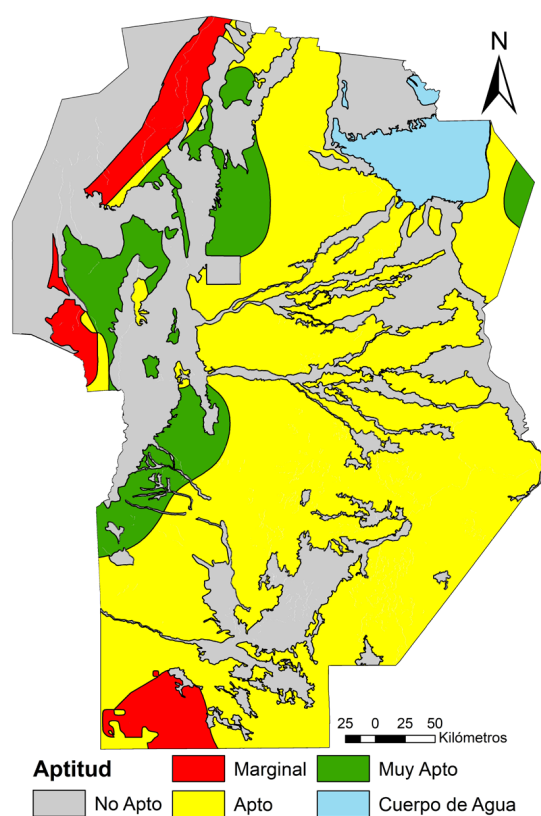


Figura 5: Mapa de la distribución potencial del cultivo de Borraja en la provincia de Córdoba.

perfumería o en gastronomía. El aceite incoloro o ligeramente amarillento es rico en limoneno, α -pineno, linalool, entre otros compuestos que le brindan una gran estabilidad (Zeb, 2016). La gran cantidad de antioxidantes lo hacen atractivo como aditivo de alimentos para preservar su calidad y también como suplemento en salud humana (Zeb, 2016). También posee propiedades antibacterianas

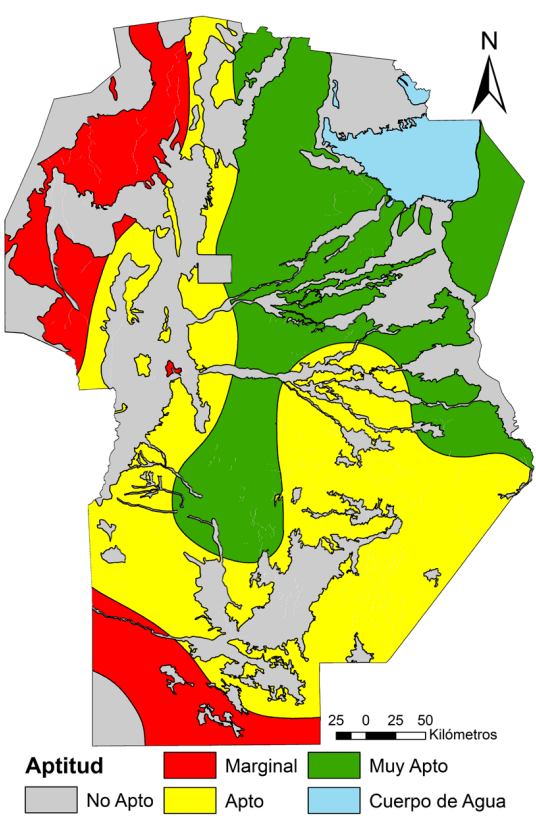


Figura 6: Mapa de la distribución potencial del cultivo de Coriandro en la provincia de Córdoba.

y antifúngicas muy promisorias (Laribi *et al.*, 2015; Mandal y Mandal, 2015). El fruto puede ser deshidratado y utilizado en *curries*. Las semillas son usadas como especias y las partes vegetativas para saborear preparaciones. El coriandro ha sido utilizado en la medicina tradicional desde tiempo de Hipócrates (460-377 a.C.) (Mandal y Mandal, 2015), aunque

Tabla 3: Requerimientos climáticos de la Borraja.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
150	180	-5	4	15	22	26	300	500	1000	1300

Tabla 4: Requerimientos climáticos del Coriandro.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
35	140	-10	4	15	25	32	300	500	1400	2600

no hay reportes de su efectividad (Laribi *et al.*, 2015).

Requerimientos climáticos: En la Tabla 4 se detallan los requerimientos climáticos del cultivo de Coriandro (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 6 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Especies adaptadas a suelos bien drenados. *Grado de adaptabilidad bajo*

Nombre científico: *Amaranthus cruentus*

Nombre vulgar: Amaranto

Síntesis botánica: Es una planta herbácea anual de hasta 1 m de altura. Las hojas son lanceoladas, usualmente decumbentes en la base, de color verde grisáceo. Las flores se agrupan en racimos de color rosa oscuro, florece desde mediados de verano a otoño. Las flores son unisexuales aunque las femeninas y masculinas se presentan en el mismo pie. El período de crecimiento es muy corto, de 30-50 días. Si la planta no es arrancada en la cosecha puede continuar creciendo por 120-300 días y proveer varias cosechas. Es una especie adaptada a situaciones de escasa oferta hídrica. Los rendimiento suelen ubicarse en torno a los 800-1200 kg ha⁻¹ aunque si se utilizan fertilizantes, éstos pueden alcanzar los 3000 kg ha⁻¹ (Bermejo y León, 1994; FAO, 2003; Amicarelli y Camaggio, 2012).

Uso: Este tipo de amaranto es un pseudocereal del cual se utilizan las hojas y las semillas. Las primeras se asemejan a la espinaca, tienen un alto contenido de Vitamina A, calcio y potasio y son consumidas tal como se lo hace con la espinaca. Las semillas se consumen como un cereal, son muy nutritivas, contienen hasta un 15 % de proteínas y se consumen en-

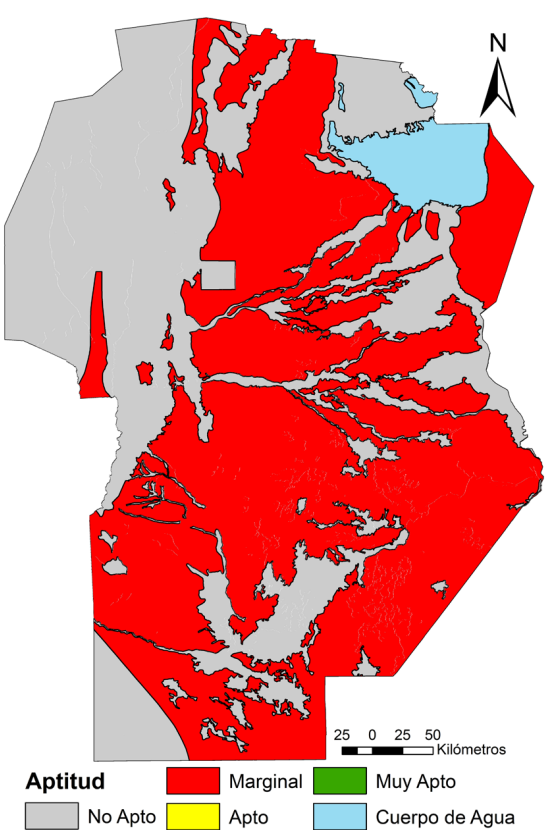


Figura 7: Mapa de la distribución potencial del cultivo de Amaranto en la provincia de Córdoba.

terras o se muelen para producir harina. Es importante destacar la ausencia de gluten (gliadina) en la fracción proteica del grano, por lo que su harina es un potencial reemplazo a la harina de trigo para las personas que sufren de celiaquía. Sus flores también son utilizadas como colorantes para alimentos. El amaranto también tiene un atractivo uso industrial. La fracción oleosa del grano es inusualmente alta en escualeno, químico de muy alto valor (Myers, 1996). Al igual que la quínoa, posee gránulos de almidón muy pequeños, de alrededor de un décimo del diámetro de los gránulos del maíz.

Tabla 5: Requerimientos climáticos del Amaranto.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días	días			°C				mm	mm	
30	300	4	10	22	28	45	500	2000	2400	4000

Esta característica física le confiere un interesante potencial industrial (Myers, 1996; Kong *et al.*, 2009). El almidón de amaranto tiene una gran capacidad de absorber agua, baja temperatura de gelatinización, y buena estabilidad al congelamiento-descongelamiento, todas estas características son muy apreciadas por la industria alimentaria (Amicarelli y Camaggio, 2012). Las semillas también pueden ser utilizadas para producir bebidas destiladas, como tradicionalmente se realiza en Perú con la chicha. Dada su alta producción de biomasa en ambientes marginales, es una atractiva alternativa para la producción de biocombustibles (Viglasky *et al.*, 2009).

Requerimientos climáticos: En la Tabla 5 se detallan los requerimientos climáticos del cultivo de Amaranto (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 7 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Nombre científico: *Triticum spelta*

Nombres vulgares: Espelta, Trigo espelta

Síntesis botánica: Es una planta anual, herbácea, de tallo erecto, que alcanza los 100-120 cm de altura. Es una especie muy emparentada al cultivo de trigo, aunque tiene mejor comportamiento ante enfermedades y condiciones de estrés. Existen variedades primaverales e invernales. Se siembra aproximadamente en la misma fecha que el trigo, pero se cosecha un poco después. La cosecha es inferior a la de trigo y por las características del grano exige un pre procesamiento (Campbell K.G., 1997; Small, 1999; FAO, 2003).

Uso: Es una alternativa al cultivo de trigo para regiones más marginales dada su rusti-

cidad. Se utilizan sus granos para la elaboración de harina destinada a la producción de panes, galletas y otros derivados o para la elaboración de bebidas alcohólicas (Muñoz-Insa *et al.*, 2013).

Requerimientos climáticos: En la Tabla 6 se detallan los requerimientos climáticos del cultivo de Espelta (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 8 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

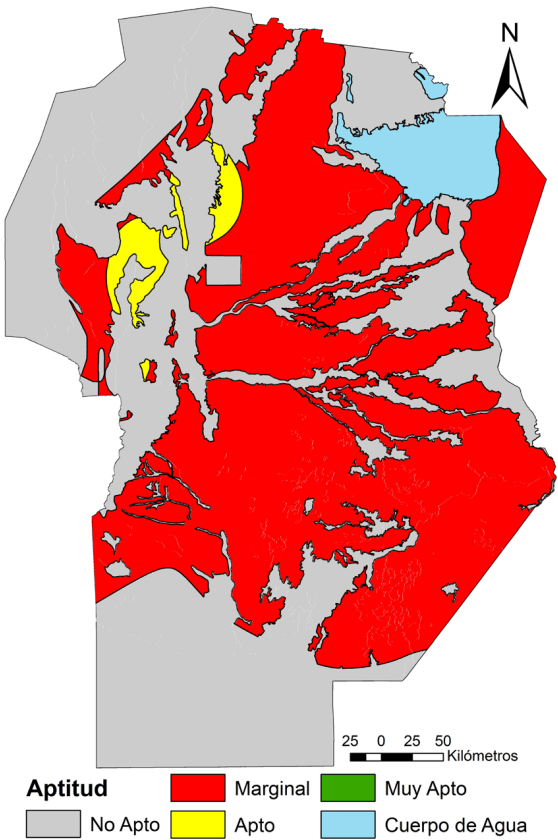


Figura 8: Mapa de la distribución potencial del cultivo de Espelta en la provincia de Córdoba.

Tabla 6: Requerimientos climáticos de Espelta.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
120	180	0	4	10	17	24	300	700	1000	1600

Especies adaptadas a regiones mal drenadas. *Suelos pobremente drenados y conductividad eléctrica (CE) mayor a 10 ds/m*

Nombre científico: *Agrostis stolonifera*

Nombres vulgares: agrostis, agróstide rastrera o estolonífera

Síntesis botánica: Se trata de una planta herbácea, perenne, estolonífera, cespitosa. Los tallos son de 35-80 cm ascendentes, glabros, tienen 8-10 cm de longitud y poseen 2-5 nudos, emitiendo raíces a partir de los basales. Las hojas se disponen en la base de la planta. La lámina de la hoja tiene entre 10-14 cm de largo y 0,5-5 mm de ancho, con extremos subagudos. La inflorescencia es una panícula que puede presentarse de forma laxa o compacta. Las espiguillas son solitarias, las fértiles son pediceladas. El fruto es un cariopse con el pericarpio adherido, de forma elipsiode e isodiamétrico (FAO, 2003; Clayton *et al.*, 2006).

Usos: Es un cultivo alternativo con un gran potencial futuro para la producción de bioenergía, sobre todo en ambientes marginales dónde no compite con los cultivos tradicionales para la producción de alimentos (Choukr-Allah *et al.*, 1995; El Bassam, 2010; Akinshina *et al.*, 2014). Esta especie también tiene potencial para remediar suelos con un alto tenor salino (Hasanuzzaman y Nahar, 2014) y suelos con metales pesados (Porter y Peterson, 1975; Jiang *et al.*, 2015).

Requerimientos climáticos: En la Tabla 7 se detallan los requerimientos climáticos del cultivo de *Agrostis stolonifera* (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 9 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Tabla 7: Requerimientos climáticos de *Agrostis stolonifera*.

LGP _{MIN}	LGP _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
120	180	-30	4	9	22	45	200	500	800	1800

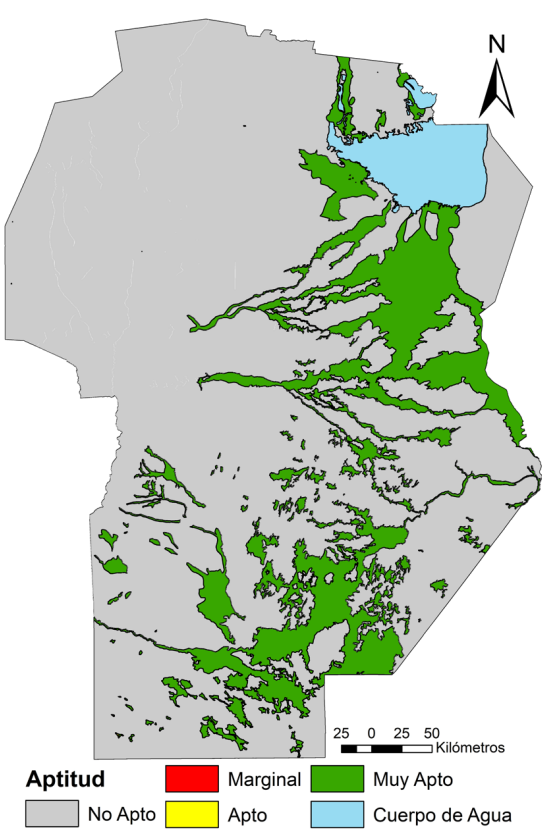


Figura 9: Mapa de la distribución potencial del cultivo de *Agrostis stolonifera* en la provincia de Córdoba.

Nombre científico: *Atriplex nummularia*

Nombres vulgares: Atriplex, tiple

Síntesis botánica: Es una especie de comportamiento arbustivo, ramificada, especialmente en su zona basal, pudiendo alcanzar los 3 metros de altura y 4 metros de ancho (Florabank, n.d.). Las hojas son aovadas hasta casi circulares de alrededor de 25 cm de largo. La inflorescencia es una panícula. Las espiguillas son unisexuales, generalmente se agrupan en pies diferentes por lo que se la considera una especie dioica (PlantNET, n.d.).

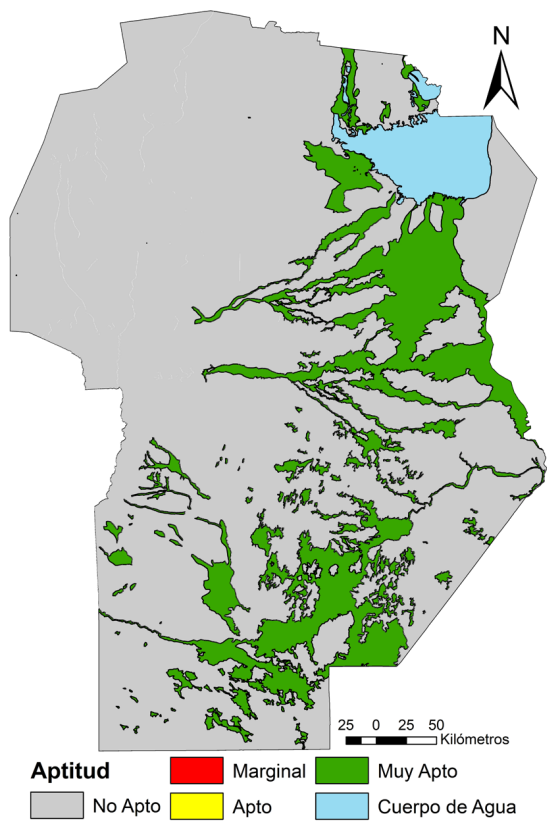


Figura 10: Mapa de la distribución potencial del cultivo de *Atriplex nummularia* en la provincia de Córdoba.

Uso: Esta especie tiene diversos usos como forrajera (Santa Cruz, 2001; Meneses *et al.*, 2012), estabilizando suelos con riesgos de erosión (Zucca *et al.*, 2013). En su centro de origen era consumida como alimento humano. Su cultivo está más concentrado en zonas áridas pero tolera anegamientos estacionales. Como forrajera se la puede combinar en pasturas con nopal para la cría de ganado caprino (Ben Salem *et al.*, 2005). Actualmente, está ganando importancia como especie productora de lignocelulosa para su transformación en combustibles líquidos y gaseosos (El Bassam, 2010; George y Nicholas, 2012;

Shahid *et al.*, 2013). *Atriplex* es muy utilizada en áreas que no son aptas para cultivos tradicionales, permitiendo la extracción de sales para mejorar la productividad de las tierras (de Souza *et al.*, 2014; Tawfik *et al.*, 2015).

Requerimientos climáticos: En la Tabla 8 se detallan los requerimientos climáticos del cultivo de *Atriplex nummularia* (FAO, 2003), utilizados en el modelo EcoCrop, y en la Figura 10 su distribución potencial en la provincia de Córdoba.

Alcance y limitaciones del estudio

Este estudio es de tipo exploratorio, dada la escala de trabajo seleccionada para su realización. Esto significa que a la hora de iniciar un emprendimiento en una zona catalogada *a priori* como apta, será necesario un acercamiento más directo en el terreno para analizar las características particulares de cada ambiente.

El modelo EcoCrop se caracteriza por su simpleza, atributo que le brinda ventajas comparativas notables frente a otros modelos disponibles (Morales-Salinas *et al.* 2015). Sin embargo, esa ventaja puede también ser considerada una debilidad si se tiene en cuenta que el modelo se basa solamente en la temperatura y la precipitación para el cálculo del índice de aptitud. Si bien hay otros factores que tienen influencia en el desarrollo de un cultivo, como las temperaturas vernalizantes o el fotoperiodo (Satorre *et al.*, 2004), la temperatura y la oferta hídrica son de carácter universal y las principales determinantes del éxito de un cultivo. Esta característica ha propiciado el uso del mismo en una gran cantidad de trabajos a nivel mundial, principalmente en regiones tropicales.

Tabla 8: Requerimientos climáticos de *Atriplex nummularia*.

LGP _{MIN}	LGG _{MAX}	K _{TMP}	T _{MIN}	T _{OPMIN}	T _{OPMAX}	T _{MAX}	R _{MIN}	R _{OPMIN}	R _{OPMAX}	R _{MAX}
días				°C				mm		
90	150	-15	3	16	28	36	150	200	600	800

Otro punto a considerar es la variabilidad interanual. En el análisis realizado se empleó la media mensual de cada variable obtenida a partir de la serie de tiempo 1950-2000. Dichos valores no contemplan los cambios en los datos medios ocurridos en estos últimos 18 años y, al utilizar promedios, la variabilidad interanual puede quedar enmascarada. Trabajos recientes han establecido que casi un 30 % de los cambios en el rendimiento a nivel global, se deben a la variabilidad interanual (Ray *et al.*, 2015). Para los cultivos tradicionales de la región, como maíz, trigo y soja, dichos autores detectaron que entre 15-45 % de la variabilidad observada en los rendimientos se debió a la inestabilidad climática.

El análisis de las variables edáficas también merece mención ya que la resolución con la que se realizó el mismo no contempla la variabilidad local que se observa en muchos ambientes de la provincia de Córdoba, en particular aquellos dónde la pendiente es escasa y el mosaico de tipos de suelo es notable. Esto también amerita un análisis *in situ* en aquellas regiones que presenten esas características.

Si bien las salvedades mencionadas deben ser consideradas, el análisis aquí presentado provee al tomador de decisiones un panorama del potencial agroecológico de una determinada región. Es importante mencionar, además, que en este caso sólo se seleccionó una cantidad acotada de las 2500 especies vegetales que pueden ser simuladas con este modelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Córdoba Ambiente. 2006. *Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000*. Córdoba.
- Akinshina, N., Toderich, K. y Azizov, A. 2014. Halophyte Biomass: A Promising Source of Renewable Energy. *Journal of Arid Land*, 24, 215–219.
- Amicarelli, V. y Camaggio, G. 2012. Amaranthus: a crop to rediscover. In *Forum Ware International* (Vol. 2, pp. 4–11).
- Asadi-Samani, M., Bahmani, M. y Rafieian-Kopaei, M. 2014. The chemical composition, botanical characteristic and biological activities of Borage officinalis: a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 7, Supplem, S22–S28.
- Austin, M. P. 2002. Spatial prediction of species distribution: an interface between ecological theory and statistical modelling. *Ecological Modelling*, 157(2-3), 101–118.
- Austin, M. P. 2007. Species distribution models and ecological theory: A critical assessment and some possible new approaches. *Ecological Modelling*, 200(1–2), 1–19.
- Ben Salem, H., Abdouli, H., Nefzaoui, A., El-Mastouri, A. y Salem, L. Ben. 2005. Nutritive value, behaviour, and growth of Barbarine lambs fed on oldman saltbush (*Atriplex nummularia* L.) and supplemented or not with barley grains or spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) pads. *Small Ruminant Research*, 59(2-3), 229–237.
- Bermejo, J. E. H., y León, J. 1994. *Neglected crops: 1492 from a different perspective*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Berti, M., Wilckens, R., Fischer, S., y Araos, R. 2002. Borage: A new crop for Southern Chile. In *Trends in new crops and new uses: Strength in diversity* (pp. 501–505). Alexandria, Virginia, USA: ASHS Press.
- Bowen, C. R. y S.E. Hollinger. 2002. Alternative Crops Web Site. Retrieved from <http://www.sws.uiuc.edu/data/altcrops>
- Busby, J. 1991. BIOCLIM-a bioclimate analysis and prediction system. *Plant Protection Quarterly (Australia)*.
- Calderón, F. J., Vigil, M. F., Nielsen, D. C., Benjamin, J. G. y Poss, D. J. 2012. Water use and yields of no-till managed dryland grasspea and yellow pea under different planting configurations. *Field Crops Research*, 125, 179–185.
- Campbell, C. G. 1997. *Grass pea, Lathyrus sativus* L. (Vol. 18). Bioversity International.
- Campbell, K. G. 1997. Spelt: agronomy, genetics, and breeding. *Plant Breeding Reviews*, 15, 187–214.

- Ceballos-Silva, A. y López-Blanco, J. 2003. Delineation of suitable areas for crops using a Multi-Criteria Evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 77(2), 117–136.
- Chase, J. y Leibold, M. 2003. *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. Vasa.
- Choukr-Allah, R., Malcolm, C. y Hamdy, A. 1995. *Halophytes and biosaline agriculture*. Marcel Dekker Inc.
- Clayton, W. D., Vorontsova, M. S., Harman, K. T. y Williamson, H. 2006. GrassBase - The Online World Grass Flora. Retrieved February 20, 2016, from <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>.
- de Fina, A. L. 1966. *Difusión geográfica de cultivos índices en la provincia de Córdoba y sus causas*. Secretaría de Estado de Agricultura y Ganadería de la Nación, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Instituto de Suelos y Agrotecnia.
- De la Fuente, E. B., Gil, A., Gimenez, P. I., Kantolic, A. G., Lopez Pereira, M., Plos Chuk, E. L., Windauer, L. B. 2006. *Cultivos industriales*. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- de Souza, E. R., Freire, M. B. G. dos S., de Melo, D. V. M., y Montenegro, A. de A. A. 2014. Management of *Atriplex nummularia* Lindl. in a salt affected soil in a semi arid region of Brazil. *International Journal of Phytoremediation*, 16(1), 73–85.
- Duke, J. 2012. *Handbook of legumes of world economic importance*. Springer Science y Business Media.
- El Bassam, N. 2010. *Handbook of bioenergy crops: a complete reference to species, development and applications*. Routledge.
- Eliasson, Å., Jones, R. J. A., Nachtergaele, F., Rossiter, D. G., Terres, J.-M., Van Orshoven, J., ... Le Bas, C. 2010. Common criteria for the redefinition of Intermediate Less Favoured Areas in the European Union. *Environmental Science y Policy*, 13(8), 766–777.
- ESRI, E. y Redlands, C. A. 2006. ArcGIS. Environmental Scientific Research Institute Redlands.
- FAO, 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ecocrop 1: the crop environmental requirements database.
- FAO, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT database. Retrieved February 2, 2016, from <http://faostat.fao.org/site/362/>
- Fern, K. 1997. Plants for a future. *Edible y Useful Plants for a Healthier World*. Perm. Publ.
- Fernandez, J., Curt, M. D. & Aguado, P. L. 2006. Industrial applications of *Cynara cardunculus* L. for energy and others uses. *Industrial Crops and Products*, 24 (3), 222–229.
- Florabank. (n.d.). *Atriplex nummularia*. Retrieved February 20, 2016, from http://www.florabank.org.au/lucid/key/species_navigator/media/html/Atriplex_nummularia.htm
- Fowler, C. y Mooney, P. R. 1990. *Shattering: Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity*. University of Arizona Press.
- Franklin, J. 1995. Predictive vegetation mapping: geographic modelling of biospatial patterns in relation to environmental gradients. *Progress in Physical Geography*, 19(4), 474–499.
- Franklin, J. 2009. *Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction*. Cambridge University Press.
- George, B. H. y Nicholas, I. D. 2012. *Developing Options for Integrated Food-Energy Systems. Volume I: Rationale for industry development, species criteria and selection*. IEA Bioenergy.
- Grinnell, J. 1917. The Niche-Relationships of the California Thrasher. *The Auk*, 34(4), 427–433.
- Guisan, A. y Zimmermann, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2–3), 147–186.
- Guo, Q. y Liu, Y. 2010. ModEco: an integrated software package for ecological niche modeling. *Ecography*, 33 (4), 637–642.
- Harlan, J. R. 1975. *Crops and man*. American Society of Agronomy.
- Hasanuzzaman, M., y Nahar, K. 2014. Potential use of halophytes to remediate saline soils. *BioMed Research International*.
- Heywood, V. H. 1999. Conservation of germplasm of wild species. *Conservation of Biodiversity for*

- Sustainable Development. Scandinavian University Press, Oslo*, 189–203.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., y Jarvis, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978.
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Cruz, M., y Rojas, E. 2001. Computer tools for spatial analysis of plant genetic resources data: 1. DIVA-GIS. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 15–19.
- Hood, A., Cechet, B., Hossain, H., y Sheffield, K. 2006. Options for Victorian agriculture in a “new” climate: Pilot study linking climate change and land suitability modelling. *Environmental Modelling y Software*, 21(9), 1280–1289.
- INTA, 1990. *Atlas de Suelos de la República Argentina* (2 volúmenes). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Retrieved from <http://geointa.inta.gov.ar>
- Janick, J., Simon, J. E., Quinn, J., y Beaubaire, N. 1989. Borage: A source of gamma linolenic acid. *Craker, L. E., Simon, J. E Ed (s). Herbs, Spices, and Medicinal Plants: Recent Advances in Botany, Horticulture, and Pharmacology*, 4, 145–168.
- Jarvis, A., Lane, A., y Hijmans, R. J. 2008. The effect of climate change on crop wild relatives. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 126(1–2), 13–23.
- Jiang, Y., Lei, M., Duan, L., y Longhurst, P. 2015. Integrating phytoremediation with biomass valorisation and critical element recovery: A UK contaminated land perspective. *Biomass and Bioenergy*, 83, 328–339.
- Jing-Song, S., Guang-Sheng, Z., y Xing-Hua, S. 2012. Climatic suitability of the distribution of the winter wheat cultivation zone in China. *European Journal of Agronomy*, 43(0), 77–86.
- Khoury, C. K., Bjorkman, A. D., Dempewolf, H., Ramirez-Villegas, J., Guarino, L., Jarvis, A., ... Struik, P. C. 2014. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(11), 4001–4006.
- Klingebiel, A. 1961. Land-capability classification. En: <http://www.sidalc.nt/cgi-bin/wxis.exe/?Iis-Script=ORTON.xis&B1=Buscar&formato=1&-cantidad=50&expresion=KLINGEBIEL>, A.A. Consultado: 26/02/2016
- Kong, X., Bao, J., y Corke, H. 2009. Physical properties of Amaranthus starch. *Food Chemistry*, 113 (2), 371–376.
- Kunkel, G. 1984. *Plants for human consumption; an annotated checklist of the edible phanerogams and ferns*. Koenigstein (Germany, F.R.): Koeltz Scientific Books.
- Laderach, P., y Eitzinger, A. 2013. Ecocrop suitability modeling Data Analysis. In *Data Analysis Workshop and Adaptation Strategy Development* (p. 20).
- Lambers, H., Chapin, F. S., y Pons, T. L. 2008. *Plant Physiological Ecology*. Springer.
- Larbi, A., Hassan, S., Kattash, G., Abd El-Moneim, A. M., Jammal, B., Nabil, H., y Nakkul, H. 2010. Annual feed legume yield and quality in dryland environments in north-west Syria: 2. Grain and straw yield and straw quality. *Animal Feed Science and Technology*, 160(3–4), 90–97.
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., y Bettaieb, T. 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, 103, 9–26.
- Lenihan, J. M. 1993. Ecological response surfaces for North American boreal tree species and their use in forest classification. *Journal of Vegetation Science*, 4(5), 667–680.
- Luayza, G., Brevedan, R., y Palomo, R. 1996. *Coriander under irrigation in Argentina*. (C.- CONICET, Ed.). ASHS Press.
- Mackey, B. G. 1994. Predicting the potential distribution of rain-forest structural characteristics. *Journal of Vegetation Science*, 5(1), 43–54.
- Mandal, S., y Mandal, M. 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(6), 421–428.
- Morales-Salinas, L., Acevedo, E., Castellaro, G., Román-Osorio, L., Morales-Inostroza, J. y Alonso, F. 2015. A simple method for estimating suitable territory for bioenergy species in Chile. *Ciencia E Investigación Agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de La Agricultura*, 42 (2), 227–242.
- Muñoz-Insa, A., Selciano, H., Zarnkow, M., Becker, T., y Gastl, M. 2013. Malting process optimiza-

- tion of spelt (*Triticum spelta* L.) for the brewing process. *LWT - Food Science and Technology*, 50(1), 99–109.
- Myers, R. L. 1996. Amaranth: New crop opportunity. *Progress in New Crops*. ASHS Press, Alexandria, VA, 207–220.
- Oelke, E. A., Oplinger, E. S., Putnam, D. H., Durgan, B. R., Doll, J. D., y Millets, D. J. U. 1992. Alternative field crops manual. *University of Wisconsin Cooperative Extension Service, University of Minnesota Extension Service, Centre for Alternative Plant and Animal Products*.
- Ogle, B. M., y Grivetti, L. E. 1985. Legacy of the chameleon: Edible wild plants in the Kingdom of Swaziland, Southern Africa. A cultural, ecological, nutritional study. Part II - demographics, species availability and dietary use, analysis by ecological zone. *Ecology of Food and Nutrition*, 17(1), 1–30.
- Ortega Huerta, M., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., y Ortega Huerta, M. 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distributions: a test of six presence-only methods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(1), 205–216.
- Padulosi, S., Hodgkin, T., Williams, J. T., Haq, N., Engles, J. M. M., Rao, V. R., ... Jackson, M. T. 2002. *30 Underutilized Crops: Trends, Challenges and Opportunities in the 21st Century*. CABI New York, USA.
- Paroda, R. S., y Mal, B. 1989. New plant sources for food and industry in India. *New Crops for Food and Industry (GE Wickens, N. Haq and P. Day, Eds.)*. Chapman and Hall, London, 135–149.
- Peterson, A. T., Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., y Araújo, M. B. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.
- Phillips, S. J. 2006. A brief tutorial on Maxent. ATyT Research.
- Pieszak, M., Mikolajczak, P. L., y Manikowska, K. 2012. Borage (*Borago officinalis* L.)-a valuable medicinal plant used in herbal medicine. *Herba Polonica*, 58(4).
- PlantNET. (n.d.). *Atriplex nummularia*. Retrieved March 25, 2016, from <http://plantnet.rbgsyd.nsw.gov.au/cgi-bin/NSWfl.pl?page=nswflyl-vl=spynome=Atriplex~nummularia>
- Porter, E., y Peterson, P. 1975. Arsenic accumulation by plants on mine waste (United Kingdom). *Science of the Total Environment*.
- Raccuia, S. A., y Melilli, M. G. 2007. Biomass and grain oil yields in *Cynara cardunculus* L. genotypes grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 101(2), 187–197.
- Ramirez-Villegas, J., Jarvis, A., y Läderach, P. 2013. Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum. *Agricultural and Forest Meteorology*, 170(0), 67–78.
- Rao, V. R., Brown, A. H. D., y Jackson, M. 2001. *Managing Plant Genetic Diversity*. CABI.
- Ray, D. K., Gerber, J. S., MacDonald, G. K., y West, P. C. 2015. Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nature Communications*, 6.
- Razon, L. 2009. Alternative crops for biodiesel feedstock. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 4(056).
- Ripley, B. D. 2001. The R project in statistical computing. *MSOR Connections. The Newsletter of the LTSN Maths, Stats y OR Network*, 1(1), 23–25.
- Rischkowsky, B., y Pilling, D. 2007. *The state of the world's animal genetic resources for food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Satorre, E. H., Benech Arnold, R. L., Slafer, G. A., de la Fuente, E. B., Miralles, D. J., Otegui, M. E., y Savin, R. 2004. *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Shahid, S., Abdelfattah, M., y Taha, F. 2013. Developments in soil salinity assessment and reclamation: innovative thinking and use of marginal soil and water resources in irrigated agriculture. *International Journal of Biometeorology*, 58(7), 1433 – 1441.
- Small, E. 1999. New crops for Canadian agriculture. *Perspectives on New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA. USA, 15–52.

- Stockwell, D. 1999. The GARP modelling system: problems and solutions to automated spatial prediction. *International Journal of Geographical Information Science*, 13(2), 143–158.
- Tachikawa, T., Hato, M., Kaku, M. & Iwasaki, A. 2011. Characteristics of ASTER GDEM version 2. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2011 IEEE International* (pp. 3657–3660). IEEE
- Tawfik, M. M., Haggag, W. M., y Mirvat, E. 2015. Determination of nutritional value and lignocellulosic biomass of six halophytic plants grown under saline irrigation in South Sinai. *International Journal of ChemTech Research*, 8(9), 37 – 42.
- Viglasky, J., Andrejcek, I., Huska, J., y Suchomel, J. 2009. Amaranth (*Amarantus L.*) is a potential source of raw material for biofuels production. *Agronomy Research*, 7(2), 865–873.
- von Maydell, H. J. 1989. Criteria for the selection of food producing trees and shrubs in semi-arid regions. *New Crops for Food and Industry*. Chapman and Hall, London, 66–75.
- Woodward, F. I. 1987. *Climate and Plant Distribution*. Cambridge University Press.
- Zeb, A. 2016. Chapter 40 - Coriander (*Coriandrum sativum*) Oils A2 - Preedy, Victor R. BT - Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety (pp. 359–364). San Diego: Academic Press.
- Zucca, C., Pulido-Fernández, M., Fava, F., Desseena, L., y Mulas, M. 2013. Effects of restoration actions on soil and landscape functions: *Atriplex nummularia L.* plantations in Ouled Dlim (Central Morocco). *Soil and Tillage Research*, 133, 101–110.

AUTORES Y REVISORES DE LOS CAPÍTULOS

1. GEOLOGÍA

Autores: Dr. Roberto Donato Martino^{1,2}
Dra. Alina Beatriz Guerreschi^{1,2}
Dr. Claudio Alejandro Carignano^{1,2}
Dr. Jorge Alberto Sfragulla^{1,3}
Dr. Aldo Antonio Bonalumj^{1,3}

Revisores: Dr. Raúl Lira^{1,4}
Ing. Geól. José Enrique Sánchez Rial³

¹ Departamento de Geología Básica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

² Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA, CONICET-UNC).

³ Secretaría de Minería de la Provincia de Córdoba.

⁴ Museo de Mineralogía y Geología Alfredo Stelzner. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

2. SUELO

Autores: M.Sc. Geól. Juan Gorgas¹
Ing. Agr. José Tassile²
Dr. Eduardo Zamora¹
Sra. Verónica Bustos¹
Ing. Agr. Mariana Carnero²

Revisores: Ing. Agr. Pablo Benicio²
Dr. Jorge Sanabria³

¹ EEA Manfredi, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

² Ministerio de Agua, Ambiente y Energía de Córdoba.

³ Departamento de Geología Básica, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

3. VEGETACIÓN

Autores: Dr. Marcelo Román Zak^{1,2}
Dr. Juan José Cantero^{1,3}
Dra. Laura Hoyos¹
Dr. César Núñez³
Dr. Marcelo Rubén Cabido¹

Revisores: Dra. Gloria Estela Barboza^{1,4}
Dr. Eduardo Enrique Martínez Carretero⁵

¹ Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal (IMBIV, CONICET-UNC).

² Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

³ Departamento de Biología Agrícola, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

⁴ Departamento de Ciencias Farmacéuticas, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba.

⁵ Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA, CONICET).

4. FAUNA

Autores: Dra. Margarita Chiaraviglio^{1,2}
Dr. Ricardo Torres^{1,2,3}
Dra. Gabriela Cardozo^{1,2}
Dra. Paula Cecilia Rivera^{1,2}
Dra. Cecilia Soledad Blengini¹
Dra. Cecilia Castilla^{2,3}
Biól. Lucila Belén Castro^{1,2}
Dra. Valeria Di Cola¹
Biól. Vanina Cecilia Fagnoni^{2,3}
Lic. Santiago Giayetto⁴
Biól. Ignacio Andrés Gutiérrez Karlsson¹
Lic. Natanael Griffa⁴
Biól. Sofía Lanfri¹
Biól. Martín Lepez¹
Dr. Sergio Naretto^{1,2}
Biól. Hugo Héctor Paulini³
Biól. Gisella María Peralta Gudiño³

Revisores: Dr. José Gustavo Haro¹
Biól. Claudia Zana⁵

¹ Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

² Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA, CONICET-UNC).

³ Museo de Zoología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba.

⁴ Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto.

⁵ Secretaría de Ambiente, Gobierno de la Provincia de Córdoba.

5. ARQUEOLOGÍA

Autores: Dra. Roxana Cattáneo^{1,2}
Dr. Andrés Izeta^{1,2}
Dr. Thiago Costa^{1,2}

Revisores: Lic. Nicolás Rabboni^{3,4}
Dr. Rafael Curtoni⁵

¹ Instituto de Antropología de Córdoba (IDACOR, CONICET-UNC).

² Departamento de Antropología, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

³ Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad Nacional de Córdoba.

⁴ Agencia Córdoba Cultura, Gobierno de la Provincia de Córdoba.

⁵ Instituto de Investigaciones Arqueológicas y Paleontológicas del Cuaternario Pampeano (INCUAPA, CONICET-UNICEN).

6. LEGISLACIÓN

Autores: Dra. Daniela María Tamburini^{1,2}
Biól. Cecilia Verónica Briguera^{1,2}

Revisores: Dra. Marta Susana Juliá³
Ab. Alejandro Orlando Vera⁴

¹ Centro de Ecología y Recursos Naturales Renovables (CERNAR, UNC).

² Instituto de Investigaciones Biológicas y Tecnológicas (IIByT, CONICET-UNC).

³ Centro de Investigaciones Jurídicas y Sociales, Facultad de Derecho, Universidad Nacional de Córdoba.

⁴ Facultad de Derecho, Universidad Nacional de Córdoba.

7. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Autores: M.Sc. Ing. Agr. Liliana Cristina Issaly¹
Ing. Agr. Víctor Hugo Becerra¹
Mgter. Ing. Agr. Alcides Ricotto¹

Revisores: Dra. Sonia Cecilia Calvo²
M.Sc. Jorge Luis Hernández³

¹ Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

² Departamento de Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

³ Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto.

8. AGRO-HIDROLOGÍA DE LAS CUENCAS DE LOS ARROYOS MENORES DEL SUR PROVINCIAL

Autores: Dr. José Manuel Cisneros¹
Mag. Lic. Jorge Gustavo González¹
Dr. Américo José Degioanni¹
Ing. Agr. Alejandro Diez¹
Ing. Agr. José Manuel Corigliano¹
Mag. Ing. Agr. Alberto Cantero Gutiérrez¹

Revisores: Dr. Juan Grau²
Dr. José Manuel Antón²

¹ Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.

9. PROBLEMAS DE EXPANSIÓN URBANA Y VISIONES ALTERNATIVAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN LA CIUDAD DE RÍO CUARTO

Autores: Dr. Jorge Dante de Prada¹
Dr. Américo José Degioanni²
Dr. José Manuel Cisneros²
Mag. Ing. Agr. Alberto Cantero Gutiérrez²
Dr. Horacio Alfredo Gil¹
Lic. Diego Sebastián Tello³
Ing. Agr. Víctor Hugo Becerra¹
M.Sc. Ing. Agr. Cecilia Pereyra¹
M.Sc. Ing. Agr. Oscar Giayetto⁴

Revisores: Evaluadores de la "Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa" (Vol. 26, 2018, España).

¹ Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

² Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

³ Departamento Humanístico y Formativo, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto.

⁴ Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

10. POLÍTICAS DE CONSERVACIÓN DEL BOSQUE DE CALDÉN. ANÁLISIS ECONÓMICO.

Autores: Lic. Diego Sebastián Tello¹
Dr. Jorge Dante de Prada²

Revisores: Dr. Silvina Cabrini³
Ing. For. Eduardo Manghi⁴

¹ Departamento Humanístico y Formativo, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Río Cuarto.

² Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

³ EEA Pergamino, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

⁴ Dirección de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación.

11. PAGO POR SERVICIOS DE REGULACIÓN HÍDRICA EN EL SUR DE CÓRDOBA

Autores: M.Sc. Lic. Estela Raquel Cristeche¹
Dr. Jorge Dante de Prada²

Revisores: Dr. Javier Salminis²
M.Sc. Ing. Agr. Jorge Díaz³
M.Sc. Ing. Agr. Jorge Baffi⁴

¹ Centro de Economía y Prospectiva, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

² Departamento de Economía Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

³ EEA San Luis, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

⁴ Dirección de Medioambiente, Municipalidad de General Deheza, Provincia de Córdoba.

12. CULTIVOS POTENCIALES PARA LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

Autores: Ing. Agr. Alessio Bocco¹
Dr. Américo José Degioanni¹
M.Sc. Ing. Agr. Oscar Giayetto²

Revisores: Dr. Federico Daniel Morla²
Dra. Marta Graciela Vinocur¹

¹ Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

² Departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

El futuro siempre llega... y las decisiones y acciones que lo anteceden inevitablemente lo afectan. ¿Cuál será el futuro de los distintos territorios de la provincia de Córdoba? ¿Cuál el de su gente, el de sus ambientes y recursos naturales, el de su producción agropecuaria e industrial, el de su actividad turística y el de la provisión de servicios? Estos, entre otros tantos interrogantes relativos al territorio cordobés y a su dinámica social, natural y económica, no tienen una sola respuesta, ni siquiera respuestas en una única dirección.

De tal manera, las perspectivas futuras de los territorios de la provincia de Córdoba pueden ser dejadas a su suerte, obligándonos permanentemente a encontrar soluciones parciales y provisionales ante las urgencias que se vayan presentando, o ser abordadas con responsabilidad, comprendiendo su gran complejidad y la necesidad de anticipar y tomar decisiones a partir de la participación colectiva de todos los actores pertinentes. En general, tal no ha sido el caso hasta ahora, en parte por falta de decisión o visión para hacerlo, aunque también por la falta de suficientes insumos de base sobre los que apoyar los análisis y debates necesarios. Este libro ofrece un aporte en tal sentido, organizado en capítulos que presentan muchas de las bases ambientales ineludibles (junto a algunos ejemplos de aplicación concretos) para, eventualmente, lograr el ordenamiento territorial de Córdoba.



UNC

Universidad
Nacional
de Córdoba



Ministerio de
**CIENCIA
Y TECNOLOGÍA**



GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE
CÓRDOBA



**ENTRE
TODOS**

