



# CARACTERIZACIÓN Y ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA VEGETACIÓN DEL EXTREMO SUR DE LAS SIERRAS DE COMECHINGONES (CÓRDOBA, ARGENTINA)

## CHARACTERIZATION AND CONSERVATION STATUS OF THE VEGETATION FROM SOUTHERN COMECHINGONES RANGES (CÓRDOBA, ARGENTINA)

Evangelina, Natale<sup>\*1,2</sup>, Gonzalo Martínez<sup>1</sup>, Marcelo Arana<sup>1,3</sup> y Antonia Oggero<sup>1</sup>

### SUMMARY

1. Instituto de Ciencias de la Tierra, Biodiversidad y Ambiente (ICBIA), Universidad Nacional de Río Cuarto, Departamento Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas, Fscs-Qcas y Naturales, CONICET, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

2. Fundación Conservación y Desarrollo (ConyDes), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

3. UICN-SCC Temperate South American Plants Specialist Group.

\*enatale@exa.unrc.edu.ar

### Citar este artículo

NATALE, E., G. MARTÍNEZ, M. ARANA y A. OGGERO. 2020. Caracterización y estado de conservación de la vegetación del extremo sur de las Sierras de Comechingones (Córdoba, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 55: 253-271.

DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v55.n2.25530>

[org/10.31055/1851.2372.v55.n2.25530](https://doi.org/10.31055/1851.2372.v55.n2.25530)

Recibido: 30 Septiembre 2019

Aceptado: 25 Marzo 2020

Publicado: 30 Junio 2020

Editor: Omar Varela

ISSN versión impresa 0373-580X

ISSN versión on-line 1851-2372

**Background and aims:** Recognizing the relationship among the composition, structure and functionality of an ecosystem leads us to deduce that the services derived from them are vulnerable to changes in land use. Owing to that, the sustainable development of populations cannot only be achieved with the management of economic and social capitals but must be integrated with an adequate management of natural capital. In the mountain ranges of the south of Córdoba (Argentina), the accelerated anthropization process has modified the natural landscape of the upper basin of the Río Cuarto river, reducing ecosystem services, so this study aims to characterize its vegetation and assess its conservation status.

**M&M:** Vegetation censuses were carried out in the different environments and the environmental units were digitized. Then, the Integral Environmental Assessment Index was applied in order to define the conservation value.

**Results:** Seven vegetation units belonging to the biogeographic province of Chaco and three to Comechingones were defined. One hundred ninety-six environmental units (UA) were digitized, 8% of which were in very good condition covering large areas. Thirty-nine percent of the defined UA were in poor condition and are located below 850 meters above sea level.

**Conclusions:** These results allowed us to generate new knowledge to complete the landscape scenario of one of the most important basins in the Córdoba province as well as providing higher resolution information to be used by conservation agency in the implementation of Law 9814 on the territorial planning of the native forests.

### KEY WORDS

Conservation, native vegetation, territorial planning, watershed.

### RESUMEN

**Introducción y Objetivos:** Reconocer la relación existente entre la composición, estructura y funcionalidad de un ecosistema lleva a deducir que los servicios derivados de ellos son vulnerables al cambio de uso de la tierra. Es por esto que el desarrollo sustentable de las poblaciones no puede lograrse solamente con el manejo de los capitales económicos y sociales, sino que debe de integrarse con un manejo adecuado del capital natural. En las sierras del sur de Córdoba (Argentina) el acelerado proceso de antropización ha modificado el paisaje natural de la cuenca alta del río Cuarto, disminuyendo los servicios ecosistémicos, por lo que en este trabajo se propuso caracterizar su vegetación y evaluar su estado de conservación.

**M&M:** Se realizaron censos de vegetación en los diferentes ambientes y se digitalizaron las unidades ambientales; luego se calculó el Índice Integral de Evaluación Ambiental para definir el valor de conservación.

**Resultados:** Se definieron 7 unidades de vegetación pertenecientes a la provincia biogeográfica del Chaco y 3 a la de Comechingones. Se digitalizaron 196 unidades de ambientales, de las cuales el 8% se encontró en muy buen estado de conservación abarcando grandes superficies. El 39% se encontró en mal estado y se concentró por debajo de los 850 msnm.

**Conclusiones:** Estos resultados permitieron generar nuevos conocimientos para completar el escenario paisajístico de una de las cuencas más importantes de la provincia de Córdoba, además de brindar información cartográfica de mayor resolución para ser utilizada por las agencias de conservación en la implementación de la Ley 9814 sobre el ordenamiento territorial de los bosques nativos.

### PALABRAS CLAVE

Conservación, cuencas hidrográficas, ordenamiento territorial, vegetación nativa.

## INTRODUCCIÓN

Está demostrado que los servicios que los ecosistemas brindan derivan de condiciones ambientales mantenidas dentro de un equilibrio dinámico a través de procesos ecológicos e interacciones bióticas determinando una funcionalidad específica para cada uno de los sistemas naturales en donde estos suceden (MAE, 2005; Balvanera *et al.*, 2006; Lovelock, 2007). Así, la provisión de dichos servicios son el reflejo de las interacciones entre un conjunto amplio de factores geológicos, topográficos, climáticos y bióticos que se desarrollan dentro de los ecosistemas (Hofer *et al.*, 2009; Pozo & Elosegi, 2009; Gaspari, 2013).

En lo que se refiere a los factores bióticos, la vegetación posee un importante rol influyendo principalmente en la partición de las precipitaciones en “flujos evapotranspirativos”, que retornan a la atmósfera, y “flujos líquidos”, que alimentan cuerpos superficiales y subterráneos de agua que, eventualmente, alcanzan el océano (Jackson *et al.*, 2001; Bradshaw *et al.*, 2007). La relación entre los flujos evapotranspirativos y líquidos depende de un conjunto de características inherentes a la vegetación, tales como la estacionalidad del follaje, el área foliar, la estructura vertical de la biomasa tanto a nivel subterráneo como aéreo, la tasa de evapotranspiración y el tipo de hojarasca disponible, entre otros (Allan, 2004; Jobbágy, 2011). La evolución de estas características dentro de un ecosistema nativo tiende a prolongar el efecto de las precipitaciones y a retener el agua de lluvia durante mayor tiempo dentro de la cuenca. Así, el balance adecuado entre flujos evapotranspirativos y líquidos (infiltración subterránea y escurrimiento superficial) facilita la recarga de los acuíferos y la liberación lenta del agua retenida después de las lluvias contribuyendo a mantener el caudal base de los ríos y a reducir la erosión, evitando las pérdidas de nutrientes y sedimentos (Primack & Joandomènc, 2002; Elosegi & Diez, 2009; Gaspari, 2013).

De esta manera, al reconocer la relación que existe entre la composición, estructura y funcionalidad de un ecosistema (Ladle & Whitaker, 2011), es posible deducir cuales de los servicios derivados de ellos son vulnerables al cambio de uso de la tierra, debido a que esto altera la estructura y composición original de los mismos, atentando

contra su funcionalidad (Metzger *et al.*, 2006). Por lo tanto, dependiendo del grado de estrés, degradación y modificación que un ecosistema alcance, con el paso del tiempo y aumento de entropía, dejará progresivamente de proveer servicios generando una reducción de la capacidad inherente al mismo de sostener no sólo las actividades económicas sino también la calidad de vida humana. Bajo estos antecedentes, es imprescindible reconocer que el desarrollo sustentable de las poblaciones humanas no puede lograrse solamente con el manejo de los capitales económicos y sociales; también debe de integrarse un manejo adecuado del capital natural que regule el nivel de degradación de los ecosistemas para garantizar la sostenibilidad de sus procesos ecológicos y los beneficios derivados de ellos (Holling, 1973; Natale *et al.*, 2019).

Las áreas boscosas de Argentina no son ajenas a los procesos globales de degradación, la reducción de la cobertura de bosques nativos es atribuible a una compleja combinación de factores sociales, económicos y naturales, que incluyen desmontes por avance de la frontera agropecuaria, explotación forestal no sostenible, urbanización sin planificación, invasión de especies exóticas e incendios forestales descontrolados (Oggero *et al.*, 2014; MAyDS, 2016; Natale *et al.*, 2019). En este contexto se enmarca la situación ambiental de la Cuenca del río Cuarto, situada al sur de la provincia de Córdoba, Argentina, donde esta problemática ha llevado a la conversión de los hábitats naturales cambiando la composición de los ecosistemas que conforman el paisaje. Estudios realizados en la cuenca media, han arrojado que, debido al avance de la frontera agrícola-urbana, los únicos relictos de vegetación nativa que quedan se encuentran asociados a las márgenes del río Chocancharava cubriendo tan sólo el 8% de la superficie original, donde más del 50% de los parches presentaron altos grados de degradación antrópica, superficies menores a 10 ha e importantes procesos de invasión por especies exóticas que han reemplazado casi totalmente a la vegetación nativa (Natale *et al.*, 2019).

En este sentido, y considerando que en el eje fluvial se produce una sucesión continua de cambios desde la cabecera hacia la desembocadura (Elosegi & Sabater, 2009), para tener una visión integrada del estado actual del sistema fluvial del río Cuarto es importante continuar con la

evaluación del estado de conservación a lo largo de su dimensión longitudinal. Al igual que lo que sucede en el río Chocancharava, sus tributarios presentan gran parte de sus superficies afectadas por el avance de la frontera agropecuaria, siendo reemplazada su cobertura natural por cultivos estacionales en la zona baja y por pinares en la zona alta, a lo que se suma la presión por sobrepastoreo y el desarrollo cada vez más rápido de las zonas urbanas destinadas al turismo. Debido a esto, en este trabajo se plantearon como objetivos evaluar el estado de conservación de la vegetación asociadas a la cuenca alta del río Cuarto (Chocancharava), mediante la aplicación del Índice Integral de Evaluación Ambiental (IIEA) (Natale *et al.*, 2019) y contribuir a la caracterización de la vegetación de toda la cuenca del río Chocancharava, con la finalidad de continuar brindando información de base, que permita integrar el componente ambiental en la planificación territorial, tanto en el área rural como en el desarrollo urbano incipiente. A esto se suma que podrá ser una herramienta de gran importancia para la actualización del ordenamiento territorial de los bosques nativos de la provincia de Córdoba, de acuerdo a lo estipulado en la ley de presupuesto mínimos de protección ambiental de los bosques nativos (Ley Nacional 26331).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de estudio comprende la cuenca alta del río Cuarto, ubicada sobre el faldeo oriental de las sierras de Comechingones (Córdoba, Argentina), ocupando un rango altitudinal que va desde los 600 msnm hasta los 1900 msnm, entre los 32°35'41,23" y 33° 2'53,11" S y los 65° 1'33,05" y 64°30'6,12" O. Está constituida por cuatro subcuencas que alimentan el caudal del río Chocancharava o Cuarto, la del río Piedras Blancas, la del río Las Cañitas o Las Tapias, la del San Bartolomé o de La Invernada y finalmente la del río de las Barrancas. Este último, al penetrar en la llanura luego, de haber atravesado la localidad de Alpa Corral, permuta su nombre a río Seco una vez que se infiltra totalmente, recargando al acuífero libre (Vázquez *et al.*, 1979, Poveda *et al.*, 2014) (Fig. 1). El clima es templado, con una temperatura media del mes más cálido (enero) entre los 22-24 °C, y una temperatura

media del mes más frío (julio) entre 6-9 °C. Las precipitaciones oscilan entre los 800 y 900 mm anuales (Arana & Bianco, 2011).

Los ambientes naturales de estas cuatro subcuencas forman parte de una variedad de unidades biogeográficas de diferente origen evolutivo, que se intercalan entre sí, en general siguiendo un gradiente principalmente altitudinal (Arana *et al.*, 2017). En los sectores de llanura (que corresponden a los de menor altitud sobre el nivel del mar) se encuentran ambientes de origen Neotropical que pertenecen al distrito biogeográfico del Espinal, perteneciente a la provincia Pampeana. Este distrito se caracteriza fisonómicamente por un bosque xerófilo abierto, cuyos elementos arbóreos característicos son *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco), *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld. (quebracho blanco), *Schinus fasciculatus* (Griseb.) I.M. Johnst. (moradillo), *Celtis tala* Gillies ex Planch. (tala) y *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart (chañar). Al avanzar en altitud hacia los faldeos de las Sierras Pampeanas aparece el distrito biogeográfico del Chaco Occidental perteneciente a la provincia Chaqueña, caracterizado por bosques xerófilos más cerrados que los del Espinal, y cuyos elementos representativos son, en el sector norte de las serranías cordobesas, *Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl. (quebracho colorado), *Aspidosperma quebracho-blanco* (quebracho blanco), *Sarcomphalus mistol* (Griseb.) Hauenschild (mistol), *Parkinsonia praecox* (Ruiz & Pav. ex Hook.) Hawkins (brea), mientras que en los sectores central y del sur predominan *Vachellia aroma* (Gillies ex Hook. & Arn.) Seigler & Ebinger (tusca), *Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger (espinillo), *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron. (algarrobo negro), *Prosopis alba* (algarrobo blanco), *Opuntia quimilo* K. Schum. (quimilo), *Schinus fasciculatus* (moradillo), *Celtis tala* (tala) y *Geoffroea decorticans* (chañar). Sobre los cordones serranos del oeste del distrito Chaco occidental, aparecen *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. (molle), *Zanthoxylum coco* Gillies ex Hook. f. & Arn. (coco) y *Kageneckia lanceolata* Ruiz & Pav. (durazno del campo). Finalmente, en las áreas de mayor altitud de la cuenca alta del río Chocancharava, se encuentran ambientes que pertenecen a la provincia Comechingones, con orígenes mixtos Andinos y Neotropicales, los que ubican a esta provincia biogeográfica dentro de la Zona de Transición

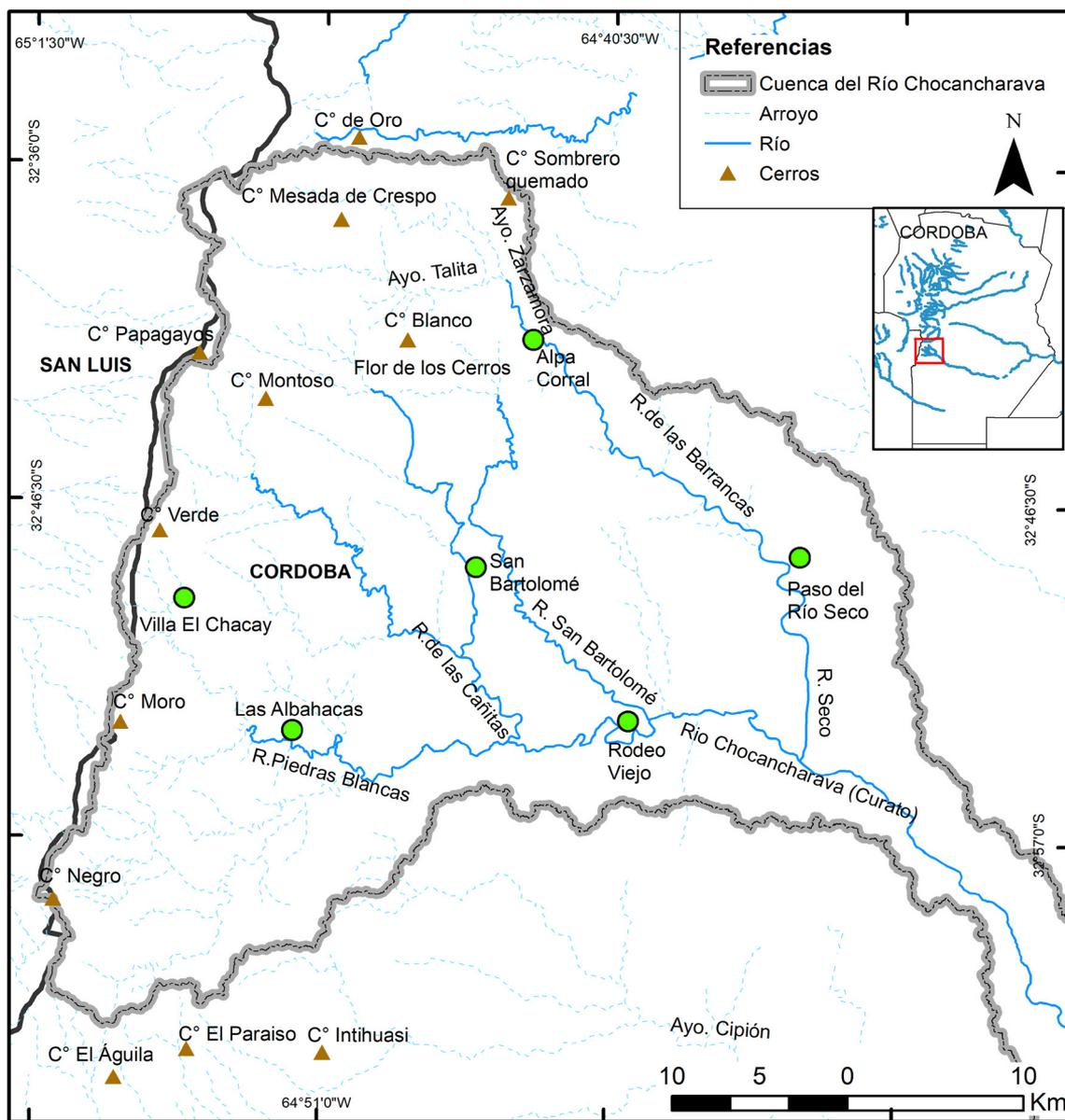


Fig. 1. Ubicación geográfica de la Cuenca alta del río Cuarto, Córdoba, Argentina (río Chocancharava).

Sudamericana. Esta provincia se caracteriza fisonómicamente por poseer pastizales de altura dominados fundamentalmente por especies de los géneros *Festuca* L. y *Nassella* Desv., que alternan en su distribución con bosquesillos de altura, que ocupan las quebradas húmedas, constituidos por *Polylepis australis* Bitter (tabaquillo) y *Maytenus boaria* Molina (maiten) (Martínez *et al.*, 2017).

*Método*

Para la caracterización de la vegetación se aplicó el método fitosociológico de Braun-Blanquet (1979) en ambientes florística, fisonómico y ecológicamente homogéneos, donde se efectuaron censos durante el inicio y la finalización del periodo activo de crecimiento de la vegetación. El tamaño de las unidades de muestreo se determinó

por el método de área mínima con la corrección propuesta por Cain (1938), la que resultó de 5,39 m<sup>2</sup> para la vegetación herbácea y de 100 m<sup>2</sup> para las especies leñosas. Se realizaron diez censos distribuidos al azar en cada una de las subcuencas estudiadas, donde se registró presencia y cobertura-abundancia por especie utilizando la escala de Braun Blanquet (1979). Se colectaron ejemplares botánicos cuyas identidades fueron confirmadas y/o determinadas en el laboratorio de Plantas Vasculares del Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC); utilizando para ello claves convencionales y microscopio estereoscópico binocular; luego fueron herborizadas y depositadas en el herbario RCVC (Thiers, 2019). Posteriormente se procedió a la confección de la lista florística, siguiendo la clasificación de ordenamiento APG IV (Byng *et al.*, 2016) y sus correspondientes análisis taxonómicos indicando la unidad de vegetación donde se encontraban, los endemismos específicos y las entidades exóticas.

La cartografía de base se construyó mediante la utilización de imágenes satelitales obtenidas de Google Earth Pro 7.3.2 (Google inc, 2019) (acceso: años 2017-2019), con tamaño pixel 0,5 m<sup>2</sup> donde se identificaron los diferentes componentes ambientales de la cuenca alta del río Chocancharava (ríos, arroyos, vías de comunicación, zonas urbanas, zonas rurales, etc.). Para la confección del mapa de vegetación se realizó una clasificación visual y verificación a campo que permitió cartografiar las diferentes unidades de vegetación caracterizadas anteriormente.

De la misma forma, para el análisis del estado de conservación, siguiendo lo sugerido por Gómez Orea & Gómez Villarino (2013), se delimitaron unidades ambientales (UA); definidas como espacios territoriales relativamente homogéneos que representan externamente el ecosistema subyacente permitiendo un entendimiento más operativo del medio físico. Estas se adoptan como sectores geográficos básicos en los diagnósticos territoriales para los procesos de toma de decisiones. En función de dichas unidades se valoraron los méritos de conservación del medio físico y el grado de degradación por los impactos existentes. De esta manera, dentro del área de estudio, desde los 900 msnm se utilizó un criterio funcional para la delimitación de las UA, determinado por el

comportamiento hidrológico homogéneo de las áreas (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013). Para ello se dividió toda la cuenca alta en las cuatro subcuencas y, dentro de cada una, se identificaron subcuencas de menor jerarquía, conformadas por la presencia de un colector principal de hasta orden dos como mínimo. Dicha delimitación se realizó utilizando un modelo digital de elevación del terreno obtenido del sitio de la U.S. Geological Survey (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) y, luego, se procedió al cálculo de la red de drenaje y delimitación de cuencas utilizando las herramientas Hydrology del módulo Spatial Analyst Tools del software ArcGIS 10.5 (ESRI, Redlands, CA, USA). Para el área por debajo de los 900 msnm, donde el avance de la frontera agrícola-urbana sobre los ambientes naturales ha disminuido considerablemente la superficie de los sistemas naturales de las subcuencas, haciendo que se pierda la homogeneidad del sistema a evaluar, se procedió a definir las UA utilizando un criterio fisonómico-estructural. Una vez obtenido el mapa de unidades ambientales se procedió a calcular el índice integral de evaluación ambiental (IIEA) definido por Natale *et al.* (2019) (Anexo I).

Por último, para la evaluación del riesgo de cada unidad ambiental, se realizó un análisis de componentes principales categórico utilizando el programa IBM SPSS Statistics 20. En dicho análisis se utilizaron las variables incluidas en el índice Integral de Evaluación Ambiental (Anexo I), las cuales fueron recodificadas como variables categóricas considerando la totalidad de las unidades ambientales, identificadas previamente, como casos.

## RESULTADOS

### *Caracterización de los parches de vegetación de la cuenca alta del río Cuarto*

Se determinó un total de 80006 hectáreas de vegetación natural y seminatural en el área ocupada por la cuenca alta del río cuarto, distribuidas en 408 parches que se presentaron de manera continua en las zonas de mayor altitud y relativamente fragmentados en las zonas más bajas. La vegetación relevada correspondió a bosques y arbustales del Chaco y del Espinal y a bosques y pastizales de Comechingones (Oggero & Arana, 2012; Arana

*et al.*, 2017). Según su fisonomía, estructura y composición se definieron las siguientes unidades de vegetación para las diferentes áreas biogeográficas de la cuenca alta, en las cuales quedaron incluidos la totalidad de los parches relevados (Fig. 2, 3). Es importante aclarar que la terminología empleada para designar bosques primarios o secundarios hace referencia al estado de madurez sucesional que las formaciones vegetales presentaron en el área de estudio, indicada por la composición florística; principalmente por la presencia de especies que se consideran clásicamente parte de un estado sucesional más tardío en un área geográfica específica.

**Distrito del Espinal:** Estas unidades de vegetación se concentraron en la zona baja del área de estudio limitando con las definidas por Natale *et al.* (2019) la cuenca media del río Chocancharava. En esta zona solo se definieron las unidades de bosque pampeano secundario y Arbustal pampeano, ambas con sus variantes abierta y cerrada.

#### Bosque pampeano secundario cerrado:

Caracterizado por un estrato de leñosas con una altura de hasta 4 m, en el cual se observaron, como especies más comunes, a *Vachellia caven* (espinillo), *Celtis tala* (tala), *Schinus fasciculatus* (moradillo) y *Geoffroea decorticans* (chañar), mientras que en el estrato arbustivo se encontraron *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers. (chilca), *Lippia turbinata* Griseb. (poleo), *Lycium cestroides* Schltld. (talilla), *Lycium ciliatum* Schltld. (piquillín de víbora), *Ephedra triandra* Tul. emend. J.H. Hunz. (pico de loro), *Erythrostemon gilliesii* (Wall. ex Hook.) Klotzsch var. *gilliesii* (lagaña de perro), *Cestrum parqui* L' Hér. (duraznillo negro), *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. var. *gratissima* (palo amarillo), *Senecio pampeanus* Cabrera (sombra de liebre) y enredaderas como *Araujia odorata* (Hook. & Arn.) Fontella & Goyder (tasi), *Clematis montevidensis* Spreng. var. *montevidensis* (cabello de ángel) y *Passiflora caerulea* L. (pasionaria). En el estrato herbáceo abundaron las orquídeas como *Sacoila lanceolata* (Aubl.) Garay, eudicotiledóneas como *Dichondra microcalyx* (Hallier f.) Fabris (oreja de ratón), *Salpichroa organifolia* (Lam.) Baill. (huevito de gallo), *Sphaeralcea crispa*

Hook. & Baker f. (malvavisco) y varias especies de Poaceae como *Botriochloa springfieldii* (Gould) Parodi, *Chascolytrum subaristatum* (Lam.) Desv., *Nassella neesiana* (Trin. & Rupr.) Barkwoth y *Paspalum dilatatum* Poir. ssp. *dilatatum*. Esta unidad cubre una superficie de 2290,88 ha en 37 parches distribuidos en tres de las subcuencas estudiadas, encontrándose ausente en el río Piedras Blancas.

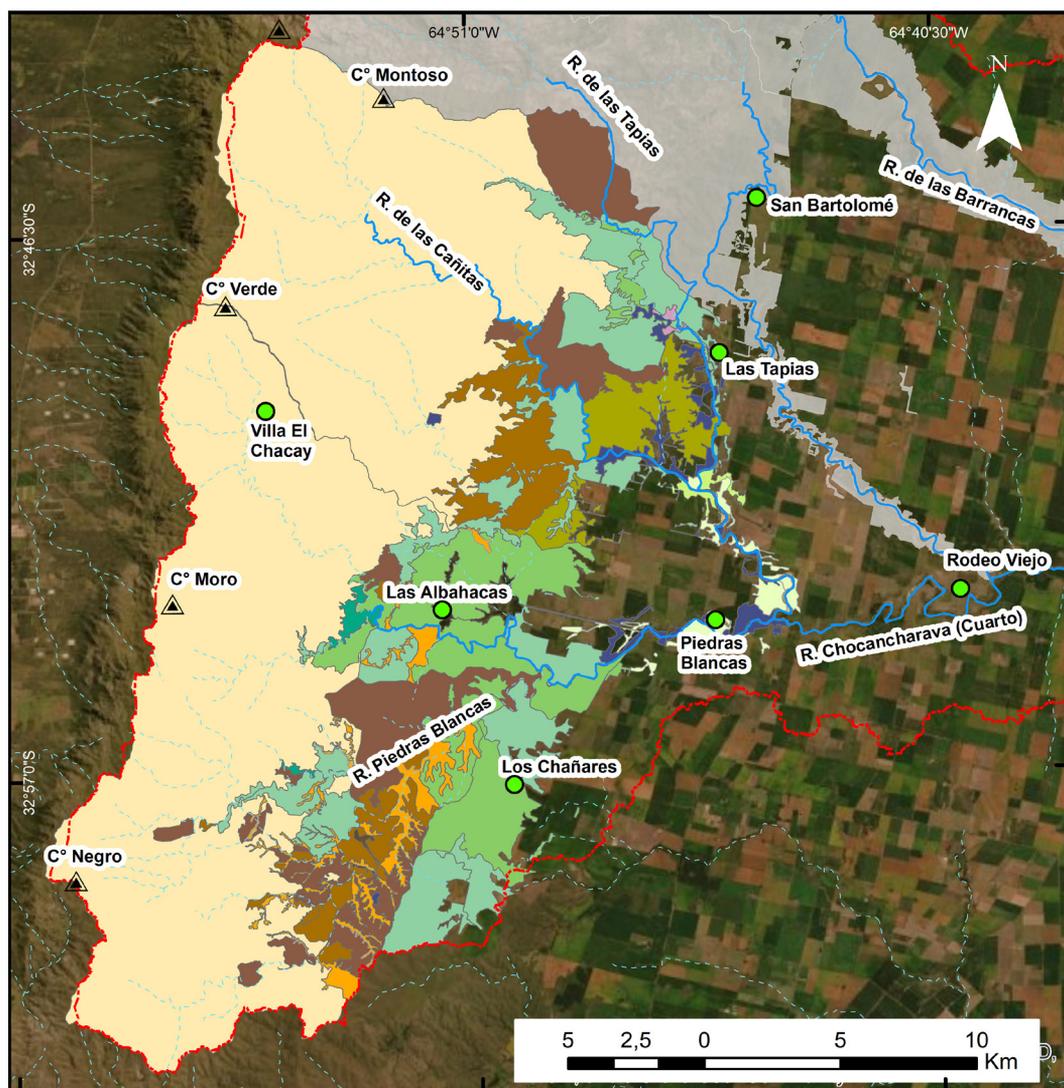
**Bosque pampeano secundario abierto:** Caracterizado por la presencia de árboles bajos aislados de *Vachellia caven* (espinillo) de hasta 2 m de altura; en el estrato arbustivo se encontraron *Lippia turbinata* (poleo) y *Baccharis salicifolia* (chilca). Mientras que en el estrato herbáceo abundaron cactáceas como *Opuntia sulphurea* Gillies ex Salm-Dyck var. *pampeana* (Speg.) Backeb., *Cereus aethiops* Haw. (hachón) y plantas semileñosas como *Ephedra triandra* (pico de loro). También se observaron *Cortaderia selloana* (Schult. & Schult. f.) Asch. & Graebn. (cortadera) y *Cyperus rotundus* L. (cebollín). En el área de estudio esta unidad cubre una superficie de 19997,58 ha incluidas en 41 parches sobre los cuatro afluentes.

**Arbustal pampeano abierto:** Ambientes con predominio de pastos tales como *Cortaderia selloana* (cortadera) y con escasos arbustos aislados de *Baccharis salicifolia* (chilca). Se la encontró poco representada en el área de estudio, ocupando tan solo unas 8,93 ha en 4 parches concentrados en las subcuencas de los ríos Las Barrancas y Las Cañitas.

**Arbustal pampeano cerrado:** Predominio de vegetación arbustiva leñosa cubierta con individuos de las especies *Lippia turbinata* (poleo), *Baccharis salicifolia* (chilca) y *Aloysia gratissima* (palo amarillo). Al igual que la variante anterior solo ocupa 27,75 ha en 3 parches sobre el río Las Barrancas.

**Distrito Chaqueño Occidental:** Ocupa altitudes intermedias entre el Distrito Espinal de la provincia Pampeana y la provincia Comechingones, hasta una altitud de 1000 msnm.

**Bosque chaqueño primario cerrado:** Presente entre los 700 y 1100 msnm con un estrato leñoso que alcanza aproximadamente los 10 m de altura y dominado por *Zanthoxylum coco* (coco) y

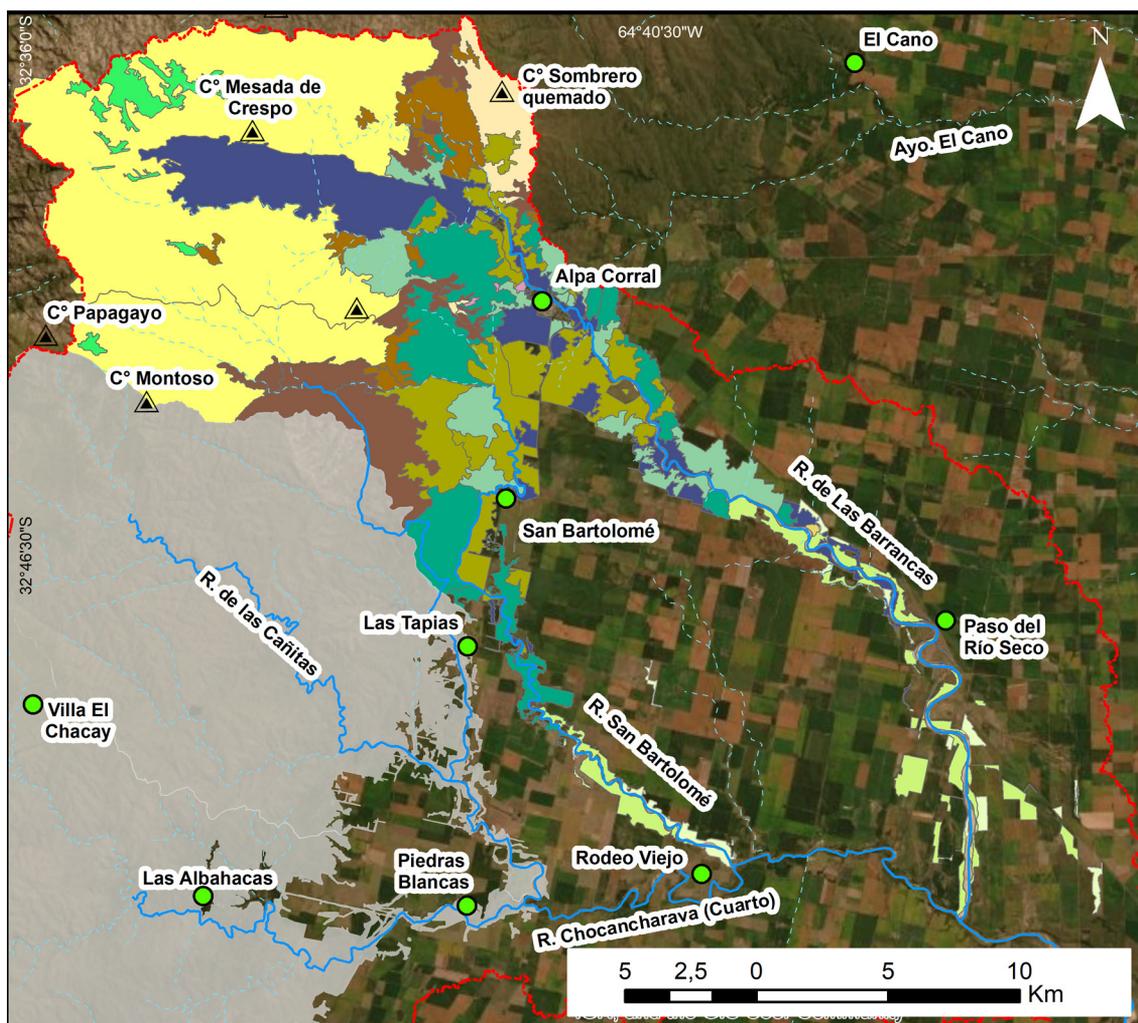


**Referencias**

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| Cuenca del Río Cuarto              | Arbustal chaqueño cerrado  |
| Bosque pampeano secundario abierto | Arbustal chaqueño abierto  |
| Bosque pampeano secundario cerrado | Pastizal de altura cerrado |
| Arbustal pampeano cerrado          | Pastizal de altura abierto |
| Arbustal pampeano abierto          | mallín                     |
| Bosque chaqueño secundario abierto | Bosque de altura           |
| Bosque chaqueño secundario cerrado | Bosque introducido         |
| Bosque chaqueño primario abierto   | Arbustal introducido       |
| Bosque chaqueño primario cerrado   | Arroyo                     |
|                                    | Río                        |



**Fig. 2.** Unidades de vegetación de la cuenca alta del río Cuarto (río Chocancharava). Sector Arroyo Piedras Blancas y Arroyo Las Cañitas. Imagen base: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.



**Referencias**

- Cuenca del Río Cuarto
- Bosque pampeano secundario abierto
- Bosque pampeano secundario cerrado
- Arbustal pampeano cerrado
- Arbustal pampeano abierto
- Bosque chaqueño secundario abierto
- Bosque chaqueño secundario cerrado
- Bosque chaqueño primario abierto
- Bosque chaqueño primario cerrado
- Arbustal chaqueño cerrado
- Arbustal chaqueño abierto
- Pastizal de altura cerrado
- Pastizal de altura abierto
- mallin
- Bosque de altura
- Bosque introducido
- Arbustal introducido
- Arroyo
- Río



**Fig. 3.** Unidades de vegetación de la cuenca alta del río Cuarto (río Chocancharava). Sector Arroyo San Bartolomé y Arroyo Las Barrancas. Imagen base: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

*Lithraea molleoides* (molle), los cuales algunas veces forman bosques con dominancia exclusiva de una de las dos especies, mientras que otras veces se presentan de manera conjunta, sin establecer dominancia neta. Se encuentran acompañadas por *Vachellia caven* (espinillo) y *Celtis tala* (tala). En el estrato arbustivo aparecen *Acanthostyles buniifolius* (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob. (romerito), *Lantana camara* L. (bandera española), *Cestrum parqui* (duraznillo negro), *Lippia junelliana* (Moldenke) Tronc. (salvilora), *Baccharis articulata* (Lam.) Pers. (carquejilla), *Acalypha multicaulis* Müll. Arg. (albaquilla del campo), *Lepechinia floribunda* (Benth.) Epling (salvia meona), *Minthostachys verticillata* (Griseb.) Epling (peperina) y *Berberis ruscifolia* Lam. (espinina amarilla). En el estrato herbáceo se encuentran *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC. (marcela), *Tarenaya cordobensis* (Eichler ex Griseb.) Arana & Oggero, *Sida rhombifolia* L., *Clitoria cordobensis* Burkart, *Vernonanthura nudiflora* (Less.) H. Rob. f. *nudiflora*, *Solanum sisymbriifolium* Lam. (revienta caballos), *Commelina erecta* L. (flor de Santa Lucia), *Parietaria debilis* G. Forst., *Dichondra microcalyx* (oreja de ratón), *Cantinoa mutabilis* (Rich.) Harley & J.F.B. Pastore (salvia azul), *Solanum pseudocapsicum* L. (tomatito de campo), *Ipomoea purpurea* (L.) Roth. (campanita), *Xanthium spinosum* L. var. *spinosum* y *Carduus acanthoides* L. (cardo). En el área de estudio se la registró en tres de las subcuencas, Las Barrancas, Piedras Blancas y San Bartolomé, ocupando 3685 ha distribuida en un total de 26 parches.

Bosque chaqueño primario abierto: Registrado entre los 700 y 950 msnm, presenta un estrato superior de leñosas de hasta 10 m de altura dominado por *Zanthoxylum coco* (coco) y *Lithraea molleoides* (molle), pero a diferencia del bosque chaqueño primario cerrado, las mismas se distribuyen por el espacio de una manera más dispersa sin conformar una cobertura continua. El estrato arbóreo inferior alcanza aproximadamente hasta los seis metros de altura y se presenta de manera continua; está compuesto por *Vachellia caven* (espinillo), *Celtis tala* (tala), *Schinus fasciculatus* (moradillo), *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Jodina rhombifolia* (Hook. & Arn.) Reissek subsp. *rhombifolia* (peje). En el estrato arbustivo

se presentan *Porlieria microphylla* (Baill.) Descole, O'Donnell & Lourtieg (cucharero), *Solanum pseudocapsicum* (tomatito de campo), *Ephedra americana* Humb. & Bonpl. ex Willd. (pico de loro), *Acanthostyles buniifolius* (Hook. & Arn.) R.M. King & H. Rob. (romerito), *Aloysia gratissima* (palo amarillo), *Baccharis articulata* (carquejilla), *Lepechinia floribunda* (salvia meona), *Cestrum parqui* (duraznillo negro) y *Sida rhombifolia*. Mientras que en el estrato herbáceo se puede citar a *Zinnia peruviana* L. (flor de papel), *Commelina erecta* (flor de Santa Lucia), *Acalypha multicaulis* (albaquilla del campo), *Tagetes minuta* L. (suico), *Cantinoa mutabilis* (salvia azul), *Achyrocline satureoides* (Lam.) DC. (marcela), *Glandularia tenera* (Spreng.) Cabrera, *Ipomoea purpurea* (L.) Roth (campanita) y *Solanum sisymbriifolium* (revienta caballos). Esta variante solo se la encuentra en las subcuencas de los ríos Las Cañitas y Piedras Blancas abarcando una superficie de 4450,32 ha distribuida en 24 parches.

Bosque chaqueño secundario cerrado: Se desarrolla entre los 700 y 1000 msnm. El estrato superior de leñosas alcanza aproximadamente los cinco metros de altura y está caracterizado por la presencia, de *Vachellia caven* (espinillo), *Celtis tala* (tala), *Schinus fasciculatus* (moradillo), *Zanthoxylum coco* (coco), *Geoffroea decorticans* (chañar) y *Jodina rhombifolia* subsp. *rhombifolia* (peje). El estrato arbustivo se encuentra representado por *Porlieria microphylla* (cucharero), *Solanum pseudocapsicum* (tomatito de campo), *Ephedra americana* (pico de loro), *Condalia montana* A. Cast. (piquillín), *Acanthostyles buniifolius* (romerito), *Aloysia gratissima* (palo amarillo), *Baccharis articulata* (carquejilla), *Lepechinia floribunda* (salvia meona), *Heimia salicifolia* (Kunth) Link (quebra arado), *Lippia junelliana* (salvia lora), *Lantana camara* (bandera española), *Cestrum parqui* (duraznillo negro), *Sida rhombifolia* y *Lantana grisebachii* Seckt; mientras en el estrato herbáceo se encuentran *Schkuhria pinnata* (Lam) Kuntze ex Thell. (matapulga), *Zinnia peruviana* (flor de papel), *Commelina erecta* (flor de Santa Lucia), *Acalypha multicaulis* (albaquilla del campo), *Tagetes minuta* (suico), *Cantinoa mutabilis* (salvia azul), *Achyrocline satureoides* (marcela), *Glandularia tenera*, *Ipomoea purpurea*

(campanita) y *Solanum sisymbriifolium* (revienta caballos). Esta unidad ocupa 8607 ha distribuida en 41 parches sobre los ríos Las Barrancas, Las Cañitas y San Bartolomé.

Bosque chaqueño secundario abierto: También se encuentra entre los 700 a 1100 msnm y está caracterizado por el dominio exclusivo de *Vachellia caven* (espinillo) en el estrato superior con una altura máxima de dos metros, y escasa cobertura. En algunas oportunidades se observó un estrato inferior de leñosas arbustivas dominado, en su mayoría, por *Baccharis articulata* (carquejilla) y en otras por *Acanthostyles buniifolius* (romerito), acompañadas por *Lepechinia floribunda* (salvia meona) y *Cestrum parqui* (duraznillo negro). En el estrato herbáceo aparecen *Solanum sisymbriifolium* (revienta caballos), *Zinnia peruviana* (flor de papel), *Cantinoa mutabilis* (salvia azul), *Vernonanthura nudiflora*, *Achyrocline satureoides* (marcela), *Tagetes minuta* (suico), *Commelina erecta* (flor de Santa Lucia) y *Xanthium spinosum*. Ocupa 8745,34 ha distribuidas en 57 parches a lo largo de las cuatro subcuencas.

Arbustal chaqueño cerrado: Aparece mayormente sobre roca granítica entre los 900 msnm y los 1300 msnm. La especie dominante es *Baccharis aliena* (Spreng.) Joch. Müll. (romerillo). También acompañan otras arbustivas como *Baccharis articulata* (carquejilla), *Acalypha multicaulis* (albaquilla del campo) y *Acanthostyles buniifolius* (romerito). Ocupa un área de 2644 ha incluidas en 38 parches a lo largo de las cuatro subcuencas.

Arbustal chaqueño abierto: Se encuentra entre los 900 y 1100 msnm, a diferencia de la variante anterior el estrato arbustivo posee menor cobertura y la especie dominante es *Acanthostyles buniifolius* (romerito), acompañada por *Baccharis aliena* (romerillo), *Colletia spinosissima* J.F. Gmel. (tola tola) y *Baccharis articulata* (carquejilla). Esta unidad ocupa una superficie de 6599 ha incluidas en 33 parches a lo largo de toda el área de estudio.

Mallín: Esta unidad solo fue identificada, con un tamaño considerable según la escala de este trabajo, en la subcuenca del río Piedras Blancas entre los 800 a 1100 msnm; en fondos de valles, donde se evidencia la formación de una capa edáfica importante. Se encuentra caracterizada

por herbáceas graminoides principalmente de las familias Poaceae, Juncaceae y Cyperaceae, con una altura menor a 15cm y cobertura mayor a 60%. La sumatoria de los 20 parches registrados para esta unidad de vegetación abarcó una totalidad de 1273,2 ha.

*Provincia Comechingones*: Ocupa todo el sector comprendido por encima de los 1000 msnm y está compuesta por dos unidades de vegetación.

Pastizales de altura: Caracterizados por la presencia de especies de la familia Poaceae, principalmente de los géneros *Festuca* y *Nassella*. Está formada, a su vez, por dos variantes:

Pastizal de altura cerrado: Se desarrolla sobre roca metamórfica, aproximadamente por sobre los 1000 msnm sin poseer límite altitudinal. Se reconoce por que el estrato de herbáceas posee abundante cobertura, dominado principalmente por *Festuca hieronymi* Hack. var. *expansa* (St.-Yves) Türpe y *Festuca hieronymi* Hack. var. *hieronymii*, con la presencia esporádica de ejemplares de *Baccharis aliena* (romerito) y *Acanthostyles buniifolius* (romerito). Esta unidad de vegetación cubre una superficie de 20958 ha en 10 parches a lo largo de toda el área estudiada.

Pastizal de altura abierto: Se distribuye por sobre los 1000 msnm asociado al batolito granítico Cerro Áspero – Alpa Corral y tampoco presentó variación altitudinal. Se diferencia de la unidad anterior en que predomina la roca granítica expuesta, la cual en algunos sectores aparece parcialmente cubierta por un estrato de herbáceas. Ocupa 14025 ha en tan sólo 2 parches ubicados sobre los ríos San Bartolomé y las Barrancas.

Bosque de altura: Esta unidad se desarrolló entre las quebradas protegidas y húmedas a partir de los 1400 metros de altitud y llegando hasta las máximas alturas de la cuenca. Se encuentra caracterizado por un estrato leñoso dominado por *Polylepis australis* (tabaquillo), acompañado por *Maytenus boaria* (maiten) y *Escallonia cordobensis* (Kuntze) Hosseus. La superficie cubierta por esta unidad de vegetación es de 694,27 ha en 9 parches sobre dos de las subcuencas, Las Barrancas y San Bartolomé.

En ocasiones, las unidades de vegetación

definidas anteriormente, se encontraron reemplazadas por formaciones leñosas de especies exóticas invasoras; dentro del área de estudio se definieron dos variantes.

**Bosque introducido:** Representa unidades de vegetación dominadas por especies exóticas invasoras que han reemplazado a las especies nativas características de las unidades anteriormente descritas. Pueden estar compuestas por forestaciones de *Pinus L. spp* (pino) o por dominancia de otras especies como *Ligustrum lucidum Ait.* (siempre verde), *Gleditsia triacanthos L.* (acacia negra), *Eucalyptus L'Her. spp* (eucaliptos) y *Ulmus pumila L.* (olmo). El conjunto de estas unidades abarca 9065,4 ha, 64 parches, a lo largo de toda el área estudiada, siendo la subcuenca más afectada la de Las Barrancas.

**Arbustal introducido:** Esta unidad de vegetación se encuentra caracterizada por la dominancia de especies del género *Rubus L.* (zarzamora) y cubre una superficie de 952,16 ha (5 parches) sobre los ríos Las Barrancas y Las Cañitas.

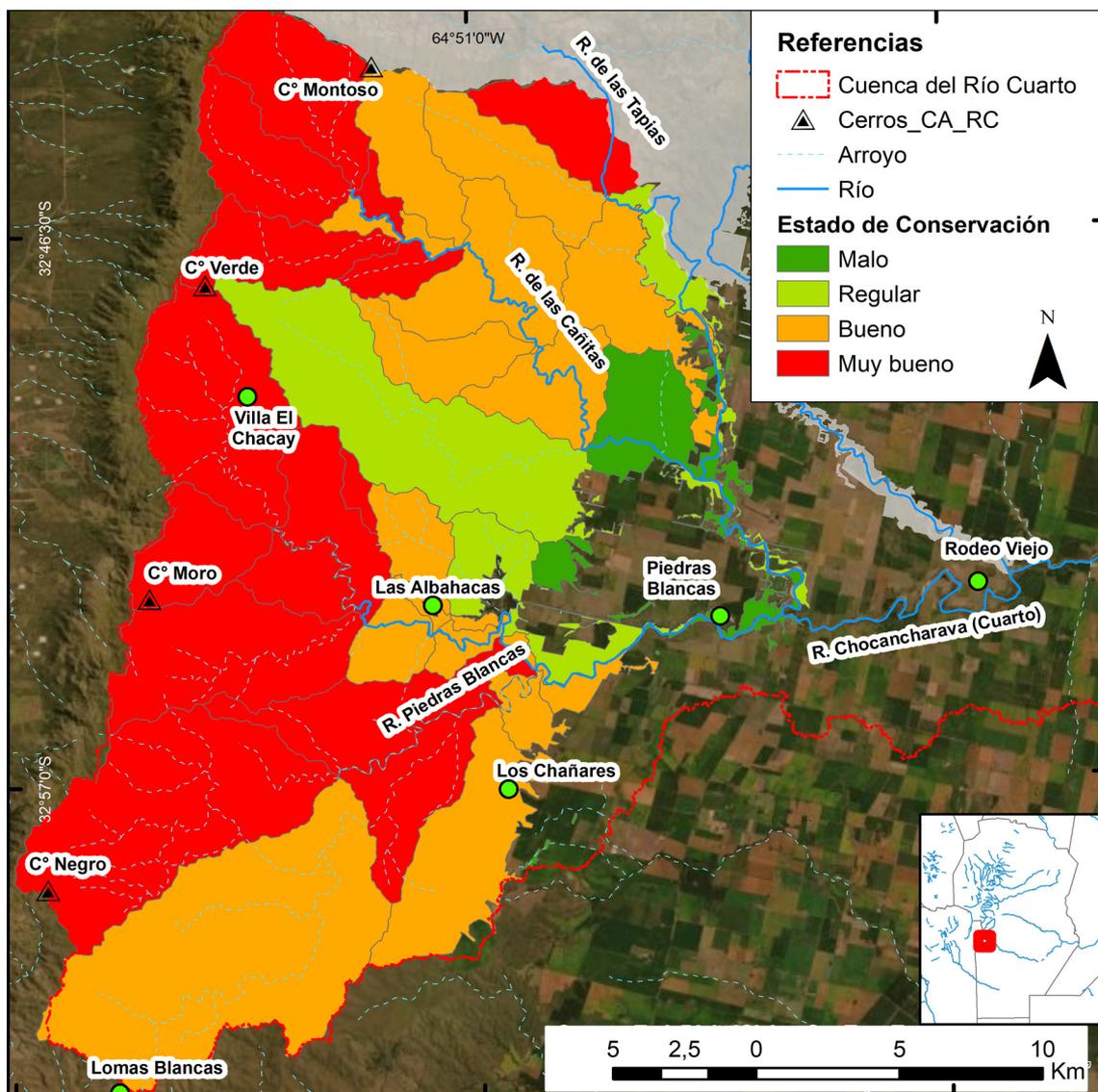
*Estado de conservación de las unidades ambientales de la cuenca alta del río Cuarto*

Se determinó un total de 196 Unidades ambientales (UA) en toda el área de estudio, 43 para la subcuenca del río Piedras Blancas, 58 para la subcuenca del río Las Cañitas, 40 para la subcuenca del río San Bartolomé y 55 para la subcuenca del río Las Barrancas-Seco. La aplicación del IIEA arrojó que el 8% (16) de las UA se encontraron en muy buen estado de conservación, el 26% (50) en buen estado, el 27% (53) en estado regular y un 39% (77) en mal estado de conservación. Estas últimas se distribuyeron a lo largo de todas las subcuencas estudiadas, mientras que las UA en muy buen estado de conservación solo se encontraron asociadas a los afluentes Piedras Blancas y las Cañitas, siendo el primero el que presenta mayor proporción de superficie en esta categoría (Tabla 1, Figs. 4,5).

A partir de la superposición de los mapas de vegetación y estado de conservación se pudo determinar el estado de conservación de las distintas unidades de vegetación (Tabla 2). Para

**Tabla 1.** Estado de conservación de las unidades ambientales (UA) definidas para la totalidad de los afluentes de la cuenca alta del río Cuarto.

	Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
<b>Piedras Blancas</b>				
UA	10	13	5	15
Superficie (ha)	17948.24	12357.65	1247.14	487.24
<b>Las Cañitas</b>				
UA	6	11	15	23
Superficie (ha)	6360.02	9220.4	5584.73	1692.48
<b>Las Barrancas</b>				
UA		14	23	18
Superficie (ha)		15146.41	5246.3	3336
<b>San Bartolo</b>				
UA		11	10	19
Superficie (ha)		6168.16	4212.28	303
<b>Totales</b>				
UA	16	50	53	77
Superficie (ha)	24308.26	43034.72	16290.45	5650.34

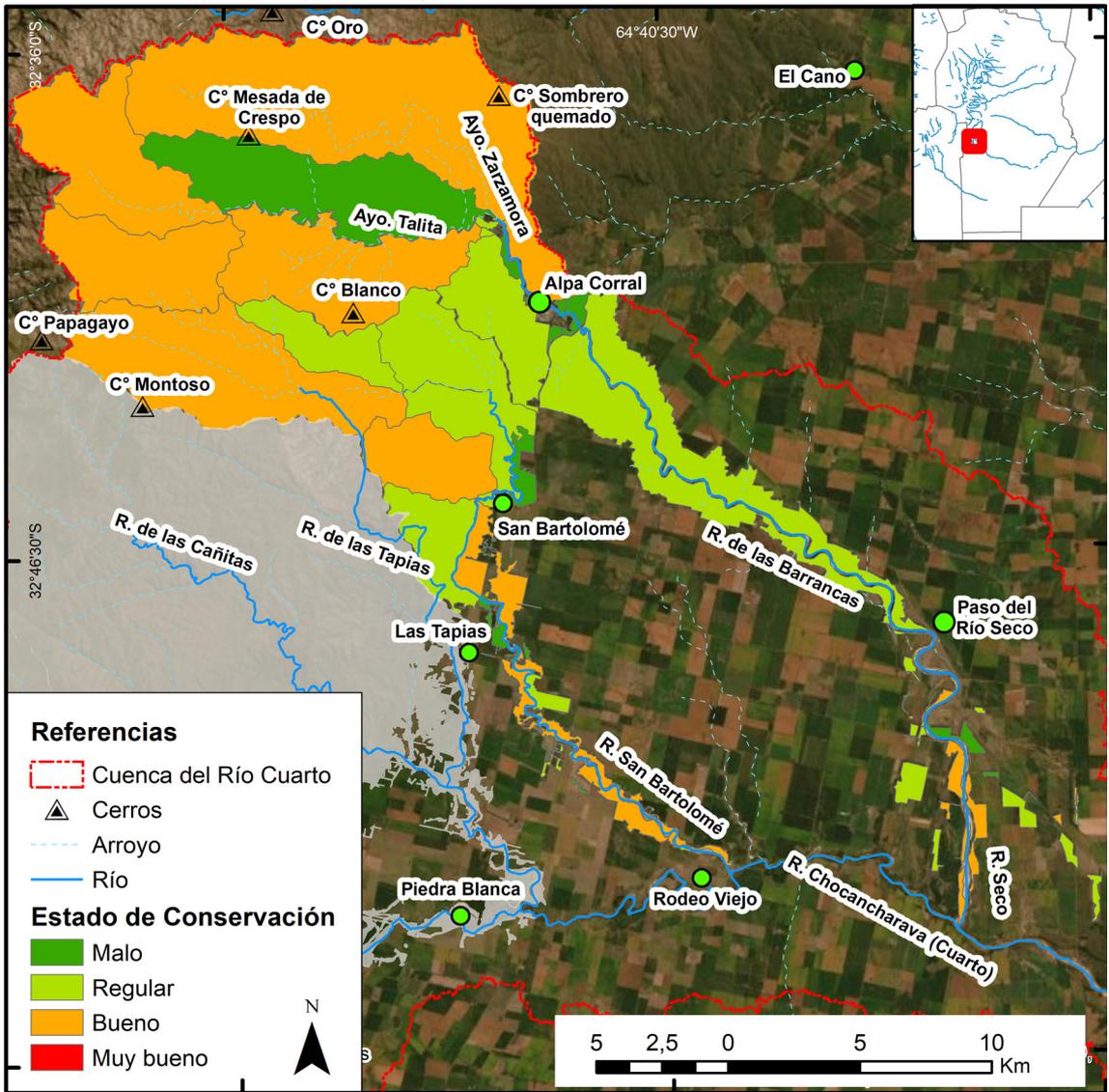


**Fig. 4.** Estado de Conservación de las unidades ambientales asociadas a la cuenca alta del río Cuarto (río Chocancharava). Sector Arroyo Piedras Blancas y Arroyo Las Cañitas. Imagen base: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

el caso de los mallines se calculó un 97% de su superficie en buen y muy buen estado; luego le siguió el pastizal de altura cerrado con un 88%, entre ambas categorías; sin embargo, se detectó un 10% en mal estado, coincidiendo con el avance de los procesos de invasión sobre las subcuencas de los ríos Las Barrancas y San Bartolomé (Fig. 5). Los pastizales de altura abiertos no presentaron

superficies en muy buen estado de conservación, aunque el 89% está en buen estado.

Algo importante de resaltar es que el bosque pampeano secundario cerrado presentó más del 50% de su superficie en estado regular de conservación y tan solo un 21% en buen estado, lo que difiere sustancialmente con el bosque pampeano secundario abierto donde se



**Fig. 5.** Estado de Conservación de las unidades ambientales asociadas a la cuenca alta del río Cuarto (río Chocancharava). Sector Arroyo San Bartolomé y Arroyo Las Barrancas. Imagen base: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community.

incluyó en la categoría de muy bueno casi el 50% de su superficie, siendo que esta última formación representa un estado de regeneración más temprana. Respecto a los bosques chaqueños secundarios, ambas variantes tuvieron comportamiento similar ya que las mayores superficies se encontraron incluidas dentro de las categorías bueno y regular. El bosque chaqueño

primario cerrado solo presentó un 4% de su superficie en muy buen estado de conservación siendo la categoría regular la más representada, con un 68%; mientras que el bosque chaqueño primario abierto presentó más de la mitad de su superficie (55%) en buen estado de conservación. Finalmente, la totalidad de los bosques de altura fue categorizada en buen estado.

**Tabla 2.** Estado de conservación de las unidades de vegetación (UV) definidas para la totalidad de los afluentes de la cuenca alta del río Cuarto.

	Muy bueno Ha (%)	Bueno Ha (%)	Regular Ha (%)	Malo Ha (%)
Arbustal Chaqueño abierto	1810 (27)	3568,51 (54)	497,63 (8)	722,85 (11)
Arbustal Chaqueño cerrado	443,54 (17)	1956,8 (74)	215,14 (8)	28,54 (1)
Arbustal Pampeano abierto		0,23 (2)	0,15 (2)	8,54 (96)
Arbustal Pampeano cerrado		3,39 (12)	16,65 (60)	7,71 (28)
Bosque Chaqueño primario cerrado	164,67 (4)	847,03 (23)	2508,97 (68)	161,34 (4)
Bosque Chaqueño primario abierto	908,59 (20)	2467,99 (55)	790,27 (18)	283,47 (6)
Bosque Chaqueño secundario abierto	515,06 (6)	3312,16 (39)	2243,95(26)	2509,19 (29)
Bosque Chaqueño secundario cerrado	38,26 (1)	1447,55(33)	2109,93 (49)	732,01 (17)
Bosque de altura		670,45 (100)		
Bosque pampeano secundario abierto	946,85 (47)	159,03 (8)	484,97 (24)	406,73(20)
Bosque pampeano secundario cerrado		475,86 (21)	1330,64 (58)	484,39 (21)
Pastizal de altura abierto		12541,33 (89)	709,18 (5)	774,91 (6)
Pastizal de altura cerrado	13768,27 (66)	5976,39 (28)	21,41 (0,1)	1191,96 (6)
Mallín	616,34 (48)	627,78 (49)	25,73 (2)	3,32 (0,2)

En cuanto a las formaciones de arbustal pampeano, como se puede observar en la tabla 2, las dos variantes se encontraron poco representadas en el sistema de cuenca alta, y, casi la totalidad de su superficie, quedó incluida en condiciones de mal estado de conservación. Para el caso del arbustal chaqueño, tanto la variante abierta como la cerrada presentaron entre el 81 y 88% de su superficie en las categorías muy buen y buen estado de conservación; aunque para el arbustal chaqueño abierto se encontró un 11% de su superficie en mal estado.

*Evaluación del riesgo de las unidades ambientales*

En el análisis de componentes principales (ACP) de las variables de integridad ecológica se observó que las categorías de conservación del IIEA se separan claramente (Fig. 6), las UA de condiciones muy buenas presentaron mayores asociaciones con condiciones de alta pristinidad, tales como, tipo de parche “ambiental” y contactos y formas de parche de tipo “naturales”. El buen estado de conservación estuvo principalmente asociado a unidades mayores a 51 hectáreas, pero con asociaciones a condiciones

antrópicas de la variable forma de parche. La categoría regular es la que presentó la mayor diversidad de relaciones entre las variables, pero principalmente se observó asociada con tipos de parche “remanentes” y de “regeneración”, condiciones intermedias de tamaño (entre 10 a 21 ha) y con formas de parche “alargado antrópico”. Finalmente, las UA de condición mala presentaron procesos degradativos tales como tipos de parches introducidos, unidades de pequeñas dimensiones y contactos estructurales antrópicos y florístico introducido.

En el análisis de las variables de contexto antrópico (Fig. 7) las condiciones de muy buen estado de conservación se asociaron con bajos porcentajes de superficie invadida y desmonte, y valores intermedios de raleo; mientras que las condiciones de mal estado se relacionaron íntimamente con el avance de las invasiones biológicas. A diferencia del ACP de las variables de integridad ecológica, las condiciones intermedias (bueno y regular) no pudieron ser separadas por las variables de contexto. A excepción de las invasiones, el resto de los impactos considerados

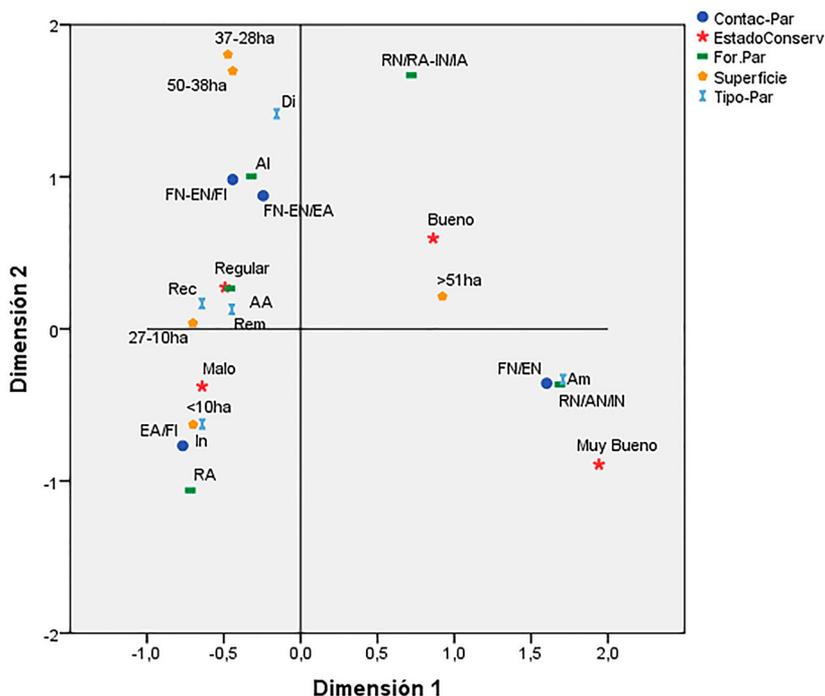


Fig. 6. CCA categóricas con las variables de integridad ecológica utilizadas en el Índice Integral de Evaluación (IIEA).

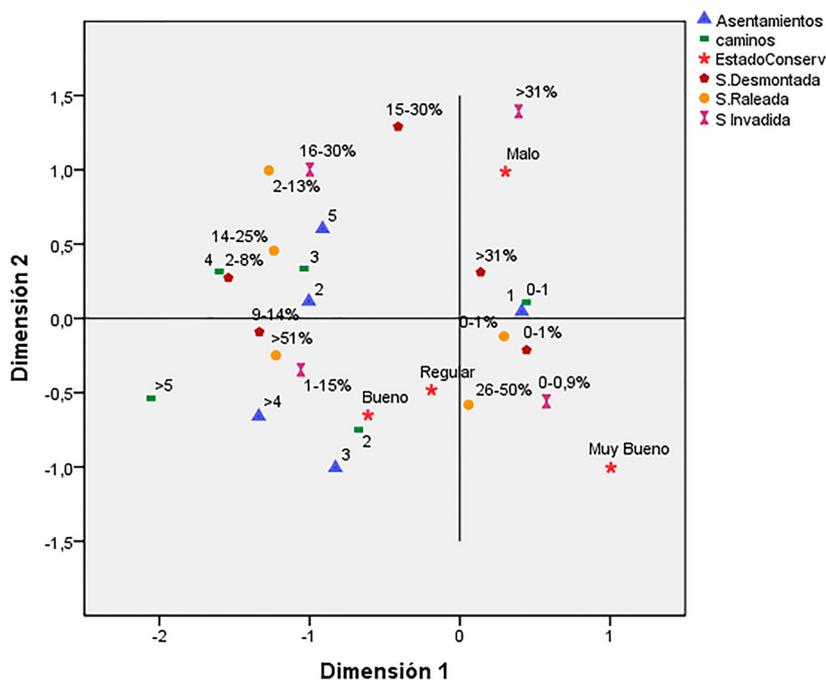
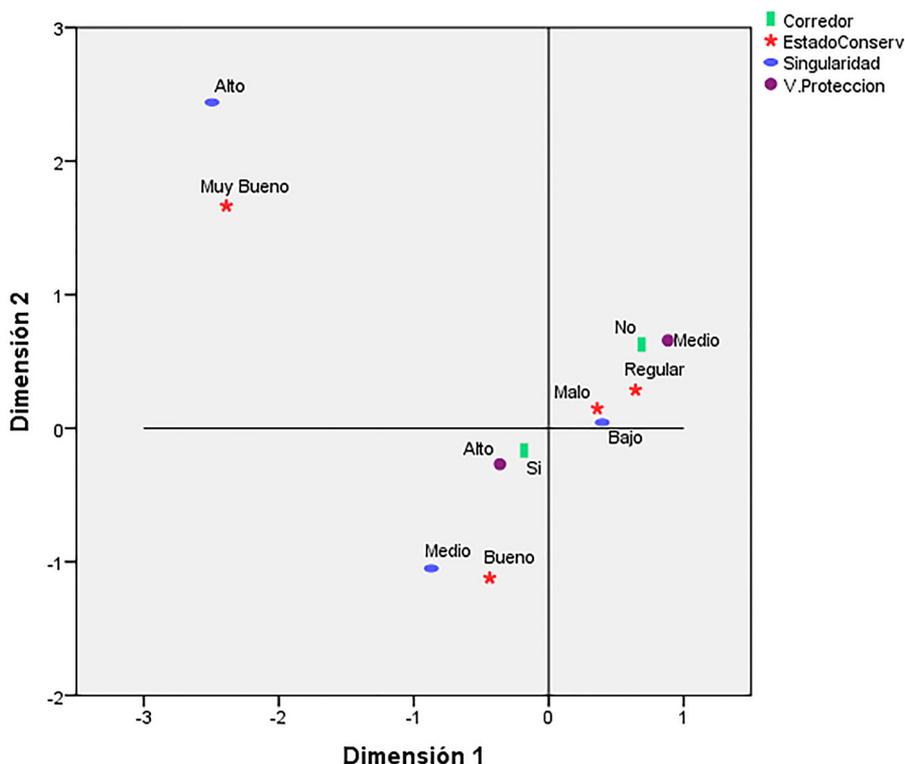


Fig. 7. CCA categóricas con las variables de impacto antrópico utilizadas en el Índice Integral de Evaluación (IIEA).

no presentaron valores significativos asociados a las diferentes categorías de conservación.

En el ACP de las variables geológicas y funcionalidad ecológica, los estados de conservación

muy bueno y bueno se asociaron con valores altos y medios de singularidad, respectivamente; es decir que tienen la potencialidad de funcionar como humedales en algún momento del año (Fig. 8).



**Fig. 8.** CCA categóricos con las variables de geológicas y de funcionalidad utilizadas en el Índice Integral de Evaluación (IIEA).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

El 62% de la superficie de la cuenca alta del Río Cuarto (Chocancharava) se encuentra cubierta por diferentes coberturas de vegetación nativa que, siguiendo un gradiente altitudinal descendiente, van desde los pastizales y bosques de altura hasta los bosques y arbustales pampeanos. Este escenario difiere significativamente con la situación de la cuenca media presentada por Natale *et al.* (2019), donde tan solo un 8% se encontró cubierta de vegetación natural o seminatural. Sumado a esto, la cuenca alta, en general, presentó un estado de conservación mayor, aunque sólo el 8% de las

unidades ambientales mostraron un elevado nivel de pristinidad, concentrándose en las zonas más altas de las subcuencas de los ríos Piedras Blancas y Las Cañitas. Es importante destacar que este porcentaje incluyó unas 24308 ha que representan un 16% de la superficie total del área estudiada, mientras que el 39% de las UA que se encontraron en mal estado de conservación abarcaron tan solo 5650 ha, representando un 0,06% de la superficie analizada. Esta superficie distribuida en una gran cantidad de UA, concentradas por debajo de los 850 msnm, estaría siendo afectada por procesos de fragmentación, haciendo que los remanentes que escapan a los impactos queden desconectados entre sí y poco funcionales dentro del paisaje. A

esto se le suma un incremento del efecto borde, por presentar un mayor contacto con una matriz adversa, lo que favorece el avance e introducción de las especies exóticas. Esto es apoyado por los resultados obtenidos del análisis de componentes principales, en donde los parches en mal estado de conservación se encuentran asociados a procesos de invasión, contactos de tipo estructurales antrópicos e introducidos, unidades de pequeñas dimensiones y nula función de corredor. En base a lo expuesto, acordamos con lo expresado por Gómez Orea & Gómez Villarino (2013) en cuanto a la ausencia del componente ambiental en la planificación del desarrollo urbano en las ciudades asociadas a los cursos principales de la cuenca alta. En este sentido, al igual que en la cuenca media (Natale *et al.*, 2019), los impactos más relevantes detectados fueron el avance de las invasiones biológicas conjuntamente con la frontera productiva y urbana.

Respecto a la valoración de las diferentes unidades de vegetación (UV), se presentaron algunas situaciones importantes de destacar. En primer lugar, llama la atención la gran cantidad de hectáreas de Bosque primario chaqueño cerrado en estado regular de conservación. Si se considera que estos sistemas corresponden a situaciones de bosque maduro y, por lo tanto, poseerían un ordenamiento más complejo en su estructura y una mayor eficiencia en el uso de la energía siendo capaces de mantener la homeostasis y estabilidad interna frente a las perturbaciones medioambientales (Walker, 2005; Sánchez-Santillán *et al.*, 2007; Terradas, 2015), se esperaría encontrar a estas áreas categorizadas entre muy buen y buen estado de conservación. Un análisis más minucioso de los resultados demostró que estos bosques, por sobre los 850 msnm quedaron incluidos dentro de UA de mayor extensión debido al criterio funcional utilizado para la delimitación de las mismas; mientras que, por debajo de dicha altura, donde el criterio utilizado fue el fisonómico-estructural, los bosques primarios presentaron una continuidad con ambas variantes de bosque secundario con una diversidad de impactos antrópicos. Así, estos sistemas, de gran importancia para el mantenimiento de la biodiversidad, quedaron enmascarados en situaciones más degradadas. En este sentido se podría mejorar la performance del IIEA a través de la incorporación de variables que contemplen la riqueza, singularidad o diversidad alfa del sistema que subyace a la UA coincidiendo

con lo expuesto por Natale *et al.* (2015) donde ya se mencionaba la importancia de incluir la valoración de la composición florística del parche.

Una situación similar sucedió con los bosques de altura, que a pesar de ser considerados como el límite de distribución más austral de la especie *Polylepis australis* (tabaquillo), propia de los ambientes de altura de las sierras de Córdoba y otros cordones montañosos del noroeste de Argentina (sierras de Aconquija y sierras Subandinas), la totalidad de su superficie fue categorizada en buen estado de conservación. Esto se debió a su inclusión dentro de UA más grandes, en este caso pastizales de altura de las subcuencas de los ríos San Bartolomé y de Las Barrancas, que presentaron un valor de conservación bueno debido a un bajo valor de protección por presentar una relación agua superficial-agua subterránea indiferente. Sumado a esto, según Martínez *et al.* (2017) ambas formaciones son parte de una biota endémica propia de las sierras de Córdoba y San Luis conformada por elementos que poseen distintos orígenes evolutivos (Neotropical y Andino) de gran importancia para la conservación, situación que no se vería reflejada en el resultado del IIEA. Nuevamente estos datos apoyan la necesidad de incorporar la composición florística dentro del índice integral de evaluación ambiental, sobre todo considerando que las formaciones vegetales son utilizadas como indicadoras para predecir la presencia o diversidad de otros taxones, aparte de constituirse como componentes claves de hábitat (Nebbia & Zalba, 2007; Smith & Smith, 2007).

Respecto a los aportes que estos resultados proveen al proceso de ordenamiento territorial de los bosques nativos de la provincia de Córdoba, se puede decir que el mapa de vegetación presentado en este trabajo, y el publicado por Natale *et al.* (2019), brindan información actualizada de las formaciones boscosas presentes en la región sur de la provincia. Esto lo convierte en insumos fundamentales para el mejoramiento del mapa de ordenamiento territorial de los bosques nativos debido a que brinda una mayor precisión cartográfica, que puede ser utilizada por la autoridad de aplicación; tanto para responder a las denuncias de desmonte como en la evaluación de los planes de manejo para pagos por servicios ambientales. Sumado a esto, comparando el mapa de la ley provincial 9814/10 sobre el ordenamiento territorial de bosques nativos de la provincia de Córdoba y el presentado en este trabajo se observa

que los parches de bosque recientemente mapeados presentan mayor superficie que los identificados en el mapa de ordenamiento territorial. Finalmente, excepto en la zona sur (afluente Piedras Blancas) la mayoría de la zona roja del mapa de ordenamiento territorial presentó estados de conservación de malo a bueno, por lo que la identificación de los impactos permitiría generar recomendaciones de manejo específicas para aumentar el valor de conservación de las zonas, que el ordenamiento territorial de los bosques, determinó como prioritarias (rojas).

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

EN: Digitalización de las Unidades Ambientales, muestreos a campo, ejecución del Índice Integral de Evaluación Ambiental, análisis de componentes principales, redacción y revisión general del manuscrito. GM: Confección de cartografía de base, digitalización de las Unidades Ambientales, mapa de vegetación, muestreos a campo, ejecución del Índice Integral de Evaluación Ambiental. MA, AO: Muestreos de campo, análisis fitosociológicos, delimitación y caracterización de las comunidades, identificación de especies

## AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Río Cuarto (SecyT – UNRC) (Res. Rec. 161/16 - 242/16 - 331/2016,) por el subsidio otorgado a AO para financiar este trabajo y al CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina) por financiar a EN.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLAN, J. D. 2004. Landscapes and Riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 35: 257-284.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>  
APG IV, The Angiosperm Phylogeny Group, Chase M. W., M. J. M. Christenhusz, M. F. Fay, J. W. Byng, W. S. Judd, D. E. Soltis, D. J. Mabberley, A. N. Sennikov, P. S. Soltis, & P. F. Stevens. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for

the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn. Soc.* 181: 1-20.

<https://doi.org/10.1111/boj.12385>

ARANA, M. D. & C. A. BIANCO. 2011. *Helechos y licofitas del centro de la Argentina*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

ARANA, M. D., G. MARTINEZ, A. J. OGGERO, E. NATALE & J. J. MORRONE. 2017. Map and shapefile of the biogeographic provinces of Argentina. *Zootaxa* 4341: 420-422.

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4341.3.6>

BALVANERA, P., A. B. PFISTERER, N. BUCHMANN, J. HE, T. NAKASHIZUKA, D. RAFFAELLI, & D. B. SCHMID. 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecol. Lett.* 9: 1146-1156.

doi: 10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x

BRADSHAW, C., N. SODHI, K. PEH. & B. BROOK. 2007. Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Glob. Chang. Biol.* 13: 2379-2395.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x>

BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales* (3ra ed). H. Blume Ediciones, Barcelona, España.

CAIN, S. 1938. The species-area curve. *Amer. Midl. Natur.* 19: 573-581. <http://dx.doi.org/10.2307/2420468>.

ELOSEGI, A. & J. DIEZ. 2009. La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera. In: ELOSEGI, A. & S. SABATER (eds.), *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*, pp. 311-321. Fundación BBVA. España.

ELOSEGI, A. & S. SABATER. 2009. Presentación: Importancia de los ríos. In: ELOSEGI, A. & S. SABATER (eds.), *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*, pp. 15-21. Fundación BBVA. España.

GASPARI, F. J. 2013. El manejo de cuencas hidrográficas como unidad de planificación en Argentina. *Ecología*, 25: 99-108.

GÓMEZ OREA, D. & A. GÓMEZ VILLARINO. 2013. *Ordenación Territorial*. MundiPrensa, Madrid, España.

GOOGLE Inc. 2019. Google Earth Pro version 7.3. Google Inc., Mountain View, CA, USA. Disponible en: <http://www.google.com/earth/>

HOFER, T., V. A. PALMIERI, E. D. RODRÍGUEZ, J. D. SAHS, E. VALVERDE & M. VILLA ISSA. 2009. Por qué invertir en ordenación de las cuencas hidrográficas? *Agrociencia* 35: p. 51-61.

## E. Natale *et al.* - Caracterización ambiental de la Sierras de Comechingones

- HOLLING, C. S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4:1-23.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- JACKSON, R. B., S. R. CARPENTER, C. N. DAHM, D. M. MCKNIGHT, R. J. NAIMAN, S. L. POSTEL & S. W. RUNNING. 2001. Water in a changing world. *Ecol. Appl.* 11: 1027-1045. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011%5B1027:WIACW%5D2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011%5B1027:WIACW%5D2.0.CO;2)
- JOBBÁGY, E. G. 2011. Servicios hídricos de los ecosistemas y su relación con el uso de la tierra en la llanura chaco-pampeana. In: LATERRA, P., E. G. JOBBÁGY & J. M. PARUELO (eds.) *Valoración de servicios ecosistémicos*, pp. 163-183. INTA. Buenos Aires, Argentina.
- LADLE, R. & R. J. WHITTAKER. 2011. *Conservation biogeography*. Wiley Blackwell, Oxford, UK.
- LEY 26331. *Boletín Oficial de la República Argentina*, Buenos Aires, 26 de diciembre de 2007.
- LEY 9814. *Boletín Oficial del Gobierno de la Provincia de Córdoba*, 10 de agosto de 2010.
- LOVELOCK, J. E. 2007. *La venganza de la tierra: la teoría de Gaia y el futuro de la humanidad*. Planeta, México.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Opportunities and Challenges for Business and Industry*. World Resources Institute, Washington, DC.
- MARTÍNEZ, G. A., M. D. ARANA, A. J. OGGERO & E. S. NATALE. 2017. Biogeographical relationships and new regionalization of high-altitude grasslands and woodlands of the central Pampean Ranges (Argentina), based on vascular plants and vertebrates. *Aust. Syst. Bot.* 29:473-488. <http://dx.doi.org/10.1071/SB16046>
- MAyDS. 2016. *Monitoreo de la Superficie de Bosque Nativo en la República Argentina. Período 2014-2015. Regiones Forestales Parque Chaqueño, Yungas, Selva Paranaense y Espinal*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Buenos Aires, 93 pp.
- METZGER, M. J., M. D. A. ROUNSEVELL, L. ACOSTA-MICHLIK, R. LEEMANS & D. SCHROTER. 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosyst. Environ.* 114: 69-85.  
<http://10.1016/j.agee.2005.11.025>
- NATALE, E., G. VILLALBA, J. E. JUNQUERA & S. M. ZALBA. 2015. Assessment of the Conservation Status of Natural and Semi-Natural Patches Associated with urban Areas Through Habitat Suitability Indices. *Int. J. Environ. Res.* 9: 495-504.
- NATALE, E., M. ARANA, G. VILLALBA, H. REINOSO, M. DE LA RETA & A. OGGERO. 2019. Caracterización y estado de conservación de la vegetación ribereña de la cuenca media del río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Bol. Soc. Arg. Bot.* 54: 105-123.  
<http://dx.doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n1.23589>
- NEBBIA, A. J. & S. M., ZALBA. 2007. Designing nature reserves: traditional criteria may act as misleading indicators of quality. *Biodivers. Conserv.* 16:223-233.  
<http://10.1007/s10531-006-9139-1>
- OGGERO, A., N. DE LUCA, E. NATALE & M. ARANA. 2014. *Caracterización y situación actual de los bosques nativos en el centro sur de la provincia de Córdoba*. Voces en el Fénix, UNRC, Córdoba, Argentina.
- OGGERO A. J. & M. D. ARANA. 2012. Inventario de la Biodiversidad de Plantas Vasculares del sur de la zona serrana de Córdoba, Argentina. *Hoehnea* 39: 169-197.
- POZO, J. & A. ELOSEGI. 2009. El marco físico: La cuenca. En: ELOSEGI, A. & S. SABATER (eds.), *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*, pp. 39-48. Fundación BBVA. España.
- PPG I: The Pteridophyte Phylogeny Group. 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *J. Syst. Evol.* 54: 563-603.  
<http://10.1111/jse.12229>
- PRIMACK, R. B. & R. JOANDOMÉNEC. 2002. *Introducción a la Biología de la Conservación*. Ariel ediciones, Barcelona, España.
- POVEDA, L., M. BLARASIN & S. DEGIOVANNI. 2014. *Aptitudes de uso del acuífero freático zona rural del Río Seco*. UniRío ediciones. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- SÁNCHEZ-SANTILLÁN, N. & R. GARDUÑO-LÓPEZ. 2007. El clima, la ecología y el caos desde la perspectiva de la teoría general de sistemas. *Ing. Investig. Tecnol.* 8:183-195.
- SMITH, T. M. & R. L. SMITH. 2007. *Ecología*. Sexta edición. Pearson Educación, S.A, Madrid, España.
- TERRADAS, J. 2015. El pensamiento evolutivo de Ramón Margalef. *Rev. Ecosist.* 24:104-109.
- THIERS, B. [continuously updated]. 2019. Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. [Online]. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/ih> [Acceso: 5 octubre 2017].
- VÁZQUEZ, J. B., R. A. MIATELLO & M. E. ROQUÉ. 1979. *Geografía física de la Provincia de Córdoba*. Ira edición. Editorial Boldt. Buenos Aires. Argentina.
- WALKER, L. R. 2005. Margalef y la sucesión ecológica. *Rev. Ecosist.* 14: 66-78.

## ANEXO I

*Descripción del índice integral de evaluación ambiental (IEEA) (Natale et al., 2015, 2019)*

Dicho índice está compuesto por tres componentes, la integridad ecológica (IE) conformada por variables de métricas del paisaje: tamaño (Ap), forma (Fp) y tipo de parche (Tp), tipo de contacto (Tc) y Funcionalidad ecológica (Fe) (Tabla 3); la importancia geológica (IG) dado por un valor de protección (Vp), constituido por las variables erodabilidad de márgenes, pendiente y relación agua superficial-agua subterránea, y un valor de singularidad (Vs) que en este caso se consideró la potencialidad de convertirse en humedal. Finalmente, también consideró variables de contexto (CA), referentes al impacto antrópico, que incluyeron la presencia de caminos (Pc), presencia de asentamientos (Pa), porcentaje de superficie raleada (Sr) y/o desmontada (Sd) y porcentaje de superficie invadida (Si). Las variables definidas en cada uno de estos componentes se integraron en una ecuación general que, mediante algoritmos matemáticos, intentan reflejar la interacción de las mismas (ecuaciones 1- 5).

A cada variable se le asignó un valor de aptitud de índice que va de 0 a 1 donde 0 es la peor condición y 1 la condición más adecuada (Figs. 9 y 10, Tablas 3 - 5).

$$IEEA = iP + (iP * 0,1 * Fe) \quad (1)$$

$$iP = (IE * IG * CA)^{1/3} \quad (2)$$

$$IE = [((Fp + Tp + Tc) / 3) * Ap]^{1/2} \quad (3)$$

$$IG = (Vp + Vs) / 2 \quad (4)$$

$$CA = [((Pc + Pa + Sr + Sd) / 4) * Si]^{1/2} \quad (5)$$

**Tabla 3.** Definición de las variables de integridad ecológica.

Variabes	Estados	Definición
Tipo de parche	Disturbio	Resulta de la alteración o disturbio de un área pequeña
	Remanente	Aparece como una pequeña área que escapó a algún disturbio de los alrededores
	Ambiental	Causada por las condiciones naturales del ambiente físico
	Regeneración	Aparece cuando la vegetación se ha recuperado después de un disturbio.
Forma del parche	Introducido	Generado por la acción del hombre a través de plantación de especies exóticas (ornamentales principalmente)
	Regular	Sin bordes intrincados y donde las dimensiones principales tienen una relación menor a 2:1 (puede ser natural o antrópico que se distinguen por la forma de los bordes; límites naturales son curvados mientras que los creados por el hombre tienen una o más líneas rectas)
	Irregular	Cantidad de lóbulos principales presentes, probablemente como resultado de la heterogeneidad espacial o temporal en los procesos de control (puede ser natural o antrópico que se distinguen por la forma de los bordes)
	Alargado	Se mide por la relación largo-ancho con una relación mayor a 2:1 sin bordes intrincados. (Puede ser natural o antrópico que se distinguen por la forma de los bordes)
Tipo de contacto	Florístico natural	Contacto gradual entre dos remanentes de vegetación nativa
	Florístico introducido	Contacto de un remanente de vegetación natural con remanentes introducidos
	Estructural natural	Contacto entre dos remanentes de vegetación natural pero en distintas etapas sucesionales (después de un disturbio antrópico)
	Estructural antrópico	Contacto de un remanente natural con sitios con disturbio antrópico (desmonte, raleo, fuego, etc.)
Funcionalidad ecológica	Corredor	Tipo de parche alargado
	No corredor	Todo parche que no posea forma alargada

**Tabla 4.** Valores de umbrales de las variables de susceptibilidad geológica (incluidas en el valor de protección) y singularidad geológica.

Susceptibilidad	Alta	Media	Baja
Erodabilidad de márgenes	Muy erodables	Parcialmente resistentes	Resistentes
Pendiente	>30%	30-10%	<10%
Relación agua superficial-agua subterránea	Freática influente o efluente con cursos superficiales		Indiferente
Singularidad			
Potencialidad de ser Humedal	Área que se anega periódicamente	Área de desborde	Baja o nula probabilidad de desborde

**Tabla 5.** Valores de índice de aptitud (SI) para las variables del componente geológico.

Variable	Alto (1)	Medio (0,5)	Bajo (0,2)
Singularidad geológica: Humedal	Área que se inunda/ anega periódicamente (cuenca baja y media)	Área de desborde (cuenca media)	Baja o nula probabilidad de desborde (cuenca alta)
Valor de protección	2 o más variables con valores altos de susceptibilidad	Dominio de valores medios de susceptibilidad o uno de cada categoría	2 o más variables con valores bajos de susceptibilidad

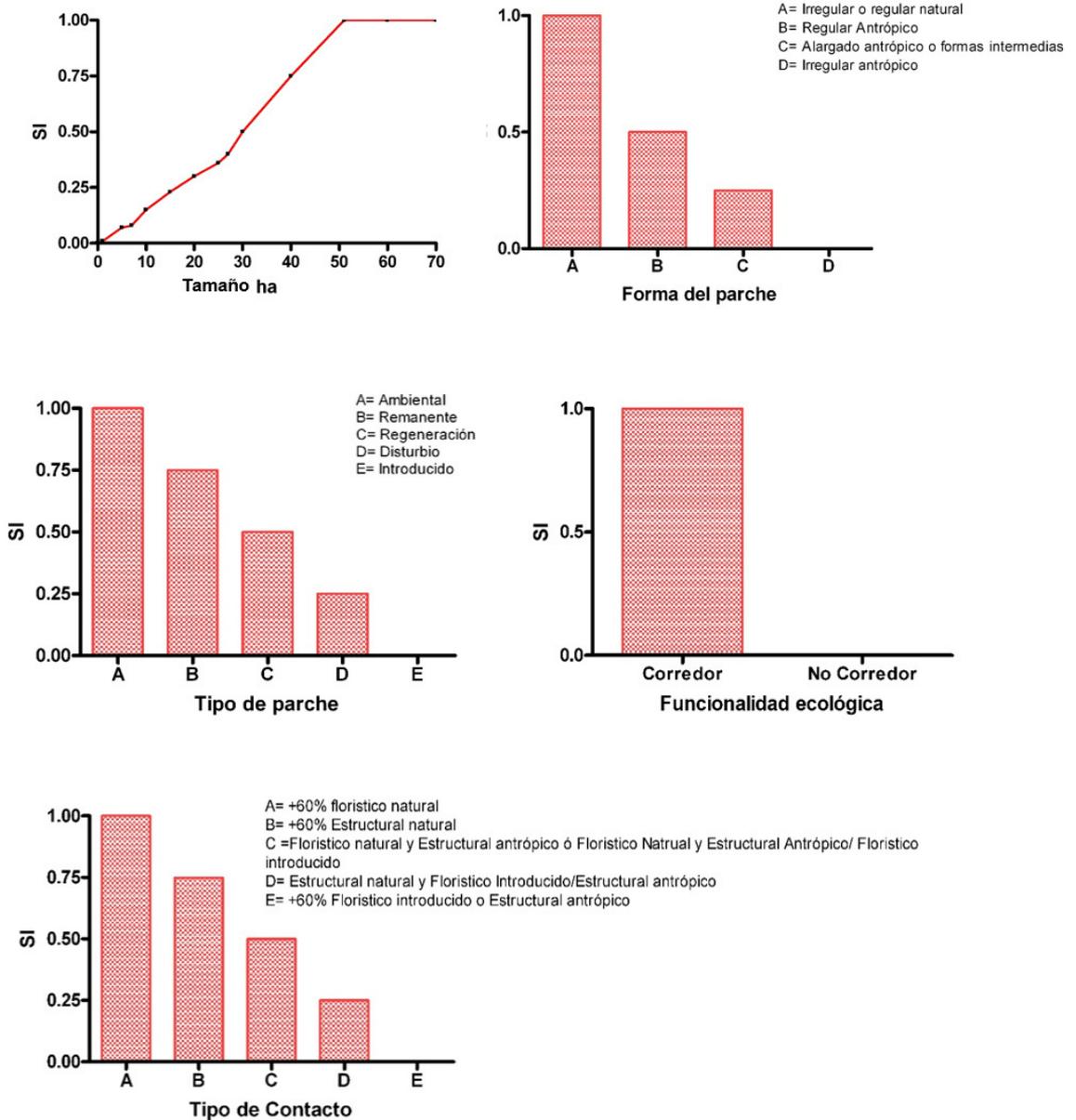


Fig. 9. Valores de índice de aptitud (SI) por variable de integridad ecológica.

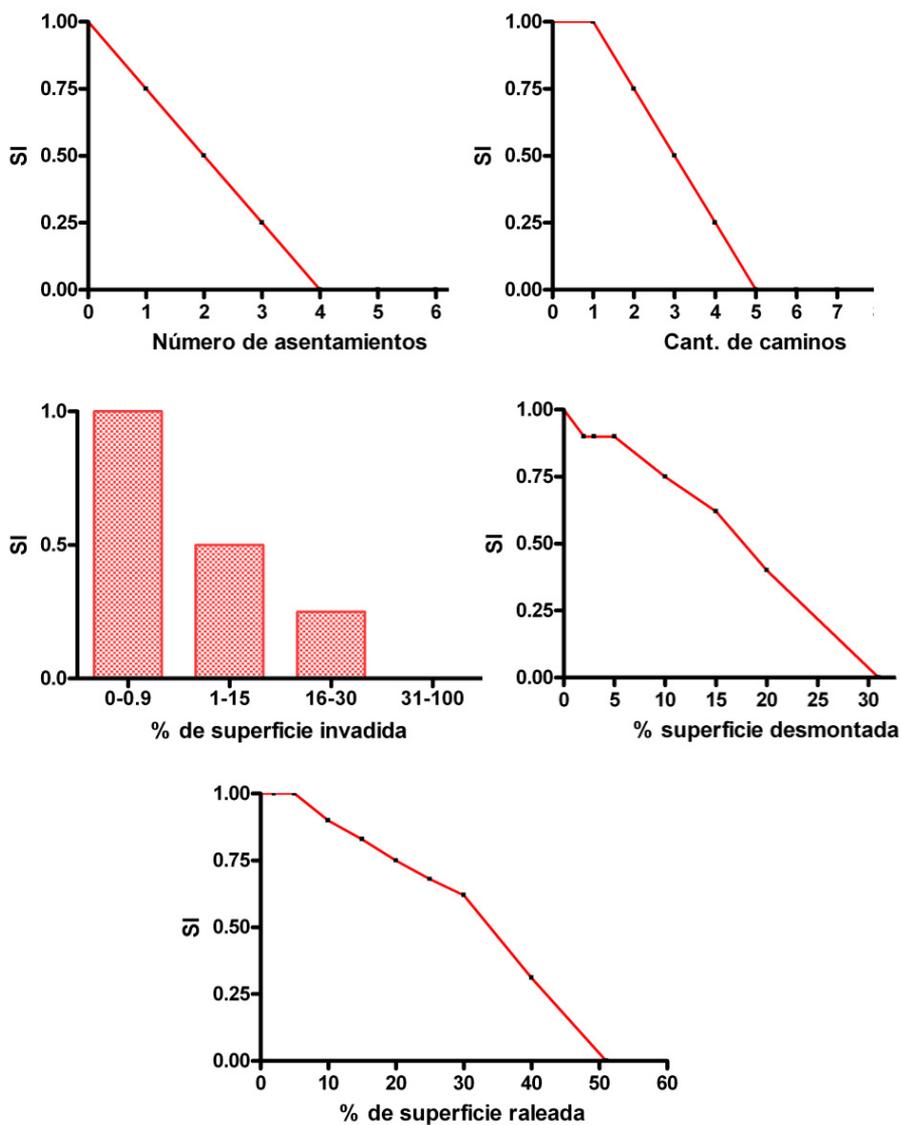


Fig. 10. Valores de índice de aptitud (SI) para variable de impacto antrópico.