



AVANCE DE LA FRONTERA URBANA A EXPENSAS DE BOSQUES NATIVOS EN DIFERENTES CATEGORÍAS DE PROTECCIÓN EN EL VALLE DE TRASLASIERRA, CÓRDOBA (ARGENTINA)

URBAN BOUNDARY ADVANCE AT THE EXPENSE OF NATIVE FORESTS IN DIFFERENT PROTECTION CATEGORIES IN TRASLASIERRA VALLEY, CÓRDOBA (ARGENTINA)

Laura Cavallero^{1,2*}, Francisco G. Alaggia^{2,3} & Dardo R. López²

1. CCT CONICET, Córdoba, Argentina
2. INTA-Estación Forestal Villa Dolores (EEA Manfredi), Villa Dolores, Córdoba, Argentina
3. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi, INTA, Manfredi, Córdoba, Argentina

*cavallero.lauri@gmail.com

Citar este artículo

CAVALLERO, L., F. G. ALAGGIA & D. R. LÓPEZ. 2024. Avance de la frontera urbana a expensas de bosques nativos en diferentes categorías de protección en el valle de Traslasierra, Córdoba (Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 59: 33-50.

 DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v59.n1.42560>

Recibido: 13 Abr 2023
Aceptado: 23 Dic 2023
Publicado en línea: 8 Mar 2024
Publicado impreso: 31 Mar 2024
Editora: Lía Montti¹

ISSN versión impresa 0373-580X
ISSN versión on-line 1851-2372

SUMMARY

Background and aims: The advance of the urban frontier has caused the loss of natural ecosystems. In the mountain sector of Traslasierra (Córdoba, central Argentina), the population has increased in recent years. In this work, we analyzed the advance of urbanization in Villa de Las Rosas (VLR) and San Javier-Yacanto (SJY) towns concerning their impact on native vegetation, environmental fragility and conservation category according to Law 26,331 ("Forests Law").

M&M: Through satellite images we georeferenced all buildings before and after the promulgation of the Forests Law for VLR and SJY. Then, we analyzed the type of vegetation, the proximity to water courses/bodies, the terrain slope and the forest conservation category in which were located the buildings that appeared until 15 years after the promulgation of the Forests Law.

Results: In both towns the number of buildings doubled during the study period. More than 80% of buildings advanced at the expense of native forests; less than 15% were located on the banks of water courses/bodies, while more than a half of them were located on sloping or very sloping terrain. The proportion of buildings located in areas of high conservation value increased after the promulgation of Forests Law.

Conclusions: Urbanization advance at the expense of native forests could be due to the scarce regulation about land use at the municipal level, to tourism promotion policies, and to urban-rural migration.

KEY WORD

Land use change, National Forests Law 26,331, urban-forest interface, urbanization.

RESUMEN

Introducción y objetivos: El avance de la frontera urbana ha causado la pérdida de ecosistemas naturales. En el sector serrano del valle de Traslasierra (Córdoba, centro de Argentina), la población aumentó en los últimos años por lo que en este trabajo analizamos el avance de la urbanización en relación a la vegetación nativa, la fragilidad ambiental y la categoría de conservación según la Ley 26.331 ("Ley de bosques") en dos municipios: Villa de Las Rosas (VLR) y San Javier-Yacanto (SJY).

M&M: A través de imágenes satelitales georreferenciamos todas las edificaciones previas y posteriores a la sanción de la Ley de bosques para VLR y SJY. Además, analizamos el tipo de vegetación, la proximidad a cursos/cuerpos de agua, la pendiente del terreno y la categoría de conservación en la que se ubicaron las edificaciones que aparecieron hasta 15 años después de la promulgación de la Ley de bosques.

Resultados: En ambos municipios el número de edificaciones se duplicó durante el período de estudio. Más del 80% de las edificaciones avanzó sobre comunidades boscosas, menos del 15% se ubicaron en la ribera de cursos/cuerpos de agua, y más de la mitad se localizó en terrenos inclinados o muy inclinados. Finalmente, la proporción de construcciones ubicadas en áreas de alto valor de conservación se incrementó luego de la promulgación de la Ley de bosques.

Conclusiones: El avance de la urbanización sobre los bosques nativos podría deberse a la escasa regulación a nivel municipal sobre usos del suelo, a la promoción del turismo, y a la migración urbano-rural.

PALABRAS CLAVE

Cambio de uso del suelo, interfase urbano-forestal, Ley Nacional de Bosques 26.331, urbanización.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años, las áreas urbanas se expandieron significativamente a expensas de los ecosistemas naturales. A una escala global, la urbanización, ya sea directa o indirectamente, ha causado la pérdida de al menos 29 millones ha de vegetación boscosa entre 1992 y 2015 (van Vliet, 2019). Específicamente, en 23 años la urbanización provocó la pérdida directa de 3,3 millones ha de bosque y 4,6 millones ha de matorral a nivel mundial. Asimismo, se estima que al menos 15 millones ha de bosque y 6,1 millones ha de matorral se perdieron indirectamente, mediante la conversión de áreas cultivadas a áreas urbanizadas, lo que produjo la habilitación de nuevas tierras para cultivo a expensas de áreas naturales boscosas para compensar las pérdidas en la producción de alimentos u otros bienes (van Vliet, 2019). Esta tendencia también se registra a escala regional (UN, 2009). Por ejemplo, en Latinoamérica, se estima que el avance de la frontera urbana causó la pérdida directa e indirecta de 2,2 millones ha de vegetación boscosa entre 1992 y 2015 (i.e., 1,4 millones ha de bosque y 800.000 ha de matorrales) (van Vliet, 2019). Este drástico avance de las áreas urbanizadas a expensas de la vegetación natural tiene consecuencias a nivel ambiental y, por ende, sobre las funciones y servicios que dichos ecosistemas proveen a las sociedades.

Uno de los principales impactos ambientales asociados a la urbanización es el aumento de la superficie cubierta por materiales impermeables como asfalto y hormigón, lo cual produce cambios térmicos, físicos y químicos en la superficie terrestre (Kant *et al.*, 2018). El aumento en la superficie cubierta por estructuras artificiales cambia la conductividad térmica, el albedo, y el intercambio de agua y energía entre la tierra y la atmósfera (de Oliveira *et al.*, 2020). Específicamente, la gran proporción de suelo cubierto por materiales con gran capacidad de absorción de calor (asfalto, hormigón) aumenta la temperatura máxima y media de las áreas urbanizadas en comparación con áreas cubiertas por vegetación natural (Chakraborty & Lee 2019; Lee *et al.*, 2019). Además, al aumentar la superficie impermeabilizada, la urbanización modifica la dinámica hidrológica, disminuyendo la infiltración de agua en el suelo y la recarga de acuíferos subterráneos, lo que a su vez se asocia con un incremento en la frecuencia e intensidad de inundaciones (Barchuk *et al.*, 2014; Jobbágy *et*

al., 2011, 2018), así como también con deficiencias en la provisión de agua durante la estación seca (He & Hogue, 2012; Giraldo, 2015). Por otro lado, la urbanización dispersa en áreas boscosas, donde las casas entran en contacto con la vegetación natural (i.e., interfase urbano-forestal), incrementa la probabilidad de ocurrencia de incendios forestales (ej., Syphard *et al.*, 2007; Badia *et al.*, 2011; Argañaraz *et al.*, 2017). En este sentido, se ha registrado que la probabilidad de incendios depende de diversos aspectos como la densidad poblacional (Padilla & Vega-García, 2011), la distancia a rutas y caminos, centros industriales, y áreas de recreación o turismo (Calef *et al.*, 2008; Narayanaraj & Wimberly, 2012). Finalmente, la urbanización también causa contaminación, emisión de gases de efecto invernadero, e introducción de especies exóticas (Montoya, 2016). En un escenario en que se prevé que la población mundial se incremente en más de un tercio en los próximos 30 años (UN, 2019), y en su mayoría esté concentrada en centros urbanizados, es necesario contar con un marco normativo que regule el avance de la frontera urbana sobre los ecosistemas naturales.

En Argentina, la Ley Nacional 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (de aquí en más “Ley de bosques”, o también llamada “Ley de bosques nativos”) (Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 2007) regula cambios en el uso del suelo en áreas ocupadas por bosque nativo (García Collazo *et al.*, 2013). Dicha ley se sancionó en el año 2007 y establece “presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, la conservación, el aprovechamiento y el manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad” a nivel nacional. La Ley de bosques obliga a cada provincia (i.e. 24 subdivisiones político-administrativas que conforman Argentina como estado federal) a realizar un Ordenamiento Territorial de sus Bosques Nativos (OTBN), clasificándolos en tres categorías. Categoría I (rojo): Sectores de muy alto valor de conservación que no deben transformarse (no admite cambio de uso del suelo). Incluyen áreas que, por sus ubicaciones relativas a reservas, su valor de conectividad, la presencia de valores biológicos sobresalientes y la protección de cuencas que ejercen, ameritan su persistencia como bosque a perpetuidad, aunque estos sectores pueden ser hábitat de comunidades indígenas y ser objeto de investigación científica.

Categoría II (amarillo): Sectores de mediano valor de conservación que pueden estar degradados pero que, con la implementación de actividades de restauración, pueden tener un valor alto de conservación, que podrán ser sometidos a los siguientes usos: aprovechamiento sostenible, turismo, recolección e investigación científica (no permite cambio de uso del suelo). Categoría III (verde): Sectores de bajo valor de conservación que pueden transformarse parcialmente o en su totalidad, aunque dentro de los criterios de la presente ley (permite cambio de uso del suelo).

La Ley de bosques representó un avance en la protección de los bosques nativos de Argentina. Desde su sanción se ha registrado una disminución en la tasa anual de deforestación (pasando de ser 0,88% a 0,50%; Mónaco *et al.*, 2020). Sin embargo, la deforestación persiste ya que en 2018 el 50% de la pérdida de bosque se registró en zonas categorizadas como I (rojo) y II (amarillo). Muchos desmontes en zonas I y II correspondieron a la aplicación de procedimientos administrativos provinciales mediante los cuales se permitieron cambios de uso del suelo. Esto sugiere que la interpretación sobre lo que se considera cambio de uso del suelo depende de la autoridad de aplicación local. Por lo tanto, se han detectado problemas en la implementación de esta ley (Di Pangrazio *et al.*, 2020).

Uno de los problemas asociados a la implementación de la Ley de bosques es el avance de la frontera urbana sobre bosques nativos en categorías de protección I y II. La urbanización a expensas de bosques nativos ha sido registrada en varias provincias como Buenos Aires, Chubut, Córdoba, Jujuy, Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego (MAyDS, 2017; Di Pangrazio *et al.*, 2019). Esto sugiere que hay autoridades de aplicación que no consideran a la urbanización como cambio de uso del suelo, por lo que muchos de los desmontes realizados con fines urbanísticos no son multados ni suspendidos por los organismos de fiscalización y control.

En el sector serrano de Traslasierra (oeste de Córdoba, centro de Argentina), la población aumentó drásticamente en los últimos 15 años. Específicamente, la población de dos municipios de esta región, Villa de Las Rosas y San Javier-Yacanto, aumentó un 162 y 166% en 10 años (Censo Nacional de Población y Vivienda, 2001, 2010; INDEC, 2001, 2010). Este crecimiento demográfico posiblemente fue impulsado por dos factores: (i) la compra de lotes o campos para lotear por parte de personas o grupos con suficiente

poder adquisitivo en busca de una mejor calidad de vida que la ciudad ya no les ofrece, o bien para la construcción de casas de veraneo; y (ii) la creciente demanda turística por parte de las personas que viven en las grandes ciudades (ej. Córdoba, Buenos Aires) (López *et al.*, 2017; Martina *et al.*, 2020) que representa una alternativa económica rentable para el desarrollo de complejos de cabañas, hosterías, o alojamientos de diferentes categorías, así como también de locales gastronómicos y otros servicios asociados al turismo. En este contexto, la hipótesis de trabajo es que el crecimiento demográfico se tradujo en un marcado avance de la frontera urbana sobre la vegetación nativa, principalmente bosques y matorrales en distintas categorías de protección según la Ley de bosques. Para testear la hipótesis, analizamos el avance de la urbanización desde la sanción de la Ley de bosques (2007) y su posterior reglamentación (2010) utilizando como caso de estudio dos municipios del valle de Traslasierra: Villa de Las Rosas (VLR) y San Javier-Yacanto (SJY). Específicamente, nos planteamos los siguientes interrogantes: (1) ¿Qué tipo de vegetación fue reemplazada por la urbanización? (2) ¿En qué medida la urbanización avanzó sobre áreas ambientalmente frágiles (i.e., próximas a cursos de agua y/o con elevada pendiente del terreno)? y (3) ¿La urbanización avanzó sobre áreas categorizadas como I y II según la Ley de bosques?

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en el Valle Traslasierra (Córdoba, Argentina). Este valle se ubica entre las sierras centrales o sierras grandes (sierras de los Comechingones) y las sierras de Pocho y Altautina. Se caracteriza por paisajes de serranías, con valles fértiles y laderas rocosas, frecuentemente afectado por períodos de sequía. Esta región posee un marcado gradiente ambiental determinado por la presencia de las altas cumbres de las sierras centrales de Córdoba cuya altura oscila entre 2790 m s.n.m., en su punto más elevado, hasta 500 m s.n.m., en los llanos occidentales. Las precipitaciones medias anuales disminuyen en sentido E-O de 900 mm en las altas cumbres, hasta 500 mm en las planicies. En la llanura occidental la temperatura media estival es de 26 °C y la invernal de 17 °C, disminuyendo a 17 °C y 8 °C a los 1000 m s.n.m. En las altas cumbres, durante gran parte

del año, se registran temperaturas por debajo de 0 °C. El clima en general es templado, las precipitaciones se concentran entre los meses de septiembre y marzo (Karlin *et al.*, 1994; Demaio *et al.*, 2002). Esta zona se caracteriza por poseer una gran variabilidad climática, con una alta frecuencia de sequías en primavera y comienzo del verano (Giorgis *et al.*, 2011).

Dentro del valle de Traslasierra, seleccionamos dos municipios: Villa de Las Rosas (VLR) y San Javier-Yacanto (SJY). Estos municipios se ubican al oeste del departamento San Javier y tienen una superficie aproximada de 45.600 km². La vegetación es muy heterogénea debido a la gran diversidad de ambientes propia de las zonas serranas (Cingolani *et al.*, 2022). Los municipios de VLR y SJY se encuentran en un ecotono en sentido este-oeste que va desde las sierras grandes ocupadas principalmente por pastizales y bosques de altura, pasando por el faldeo, ocupado principalmente por bosques y matorrales, hasta sitios llanos o levemente ondulados ocupados por bosques nativos, matorrales y cultivos. A escala local se registran complejos mosaicos de vegetación compuestos por diversas fisonomías como parches de bosques, pastizales e incluso roquedales inmersos en una matriz de matorrales. De hecho, los matorrales nativos ocupan la mayor proporción del área de estudio (56,7%). Este tipo de fisonomía se caracteriza por poseer entre 30 y 60% de cobertura arbustiva, mayormente espinillo (*Vachellia caven* (Molina) Seigler & Ebinger), piquillín (*Condalia microphylla* Cav.) y distintas especies del género *Baccharis* L., entre muchas otras, y menos del 25% de cobertura arbórea. Estas fisonomías representan mayormente estados inmaduros o degradados de los bosques nativos. Por su parte, los bosques nativos ocupan un 21,1% del área de estudio y poseen más de 40% de cobertura de árboles, que pueden alcanzar hasta 15 m de altura, de especies tales como molle (*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.), orco quebracho (*Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl.), tala (*Celtis tala* Gillies ex Planch.), quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco* Schltdl.), algarrobo chileno (*Neltuma chilensis* (Molina) C.E. Hughes & G.P. Lewis), y algarrobo dulce (*N. flexuosa* (DC.) C.E. Hughes & G.P. Lewis). En las áreas de interfase urbano-rural pueden encontrarse cuatro tipos de coberturas: (i) Vegetación leñosa, que ocupa un 4,8% del área de estudio y son comunidades principalmente dominadas por especies nativas, aunque pueden aparecer especies exóticas como moras, siempreverdes, olivos, olmos, frutales

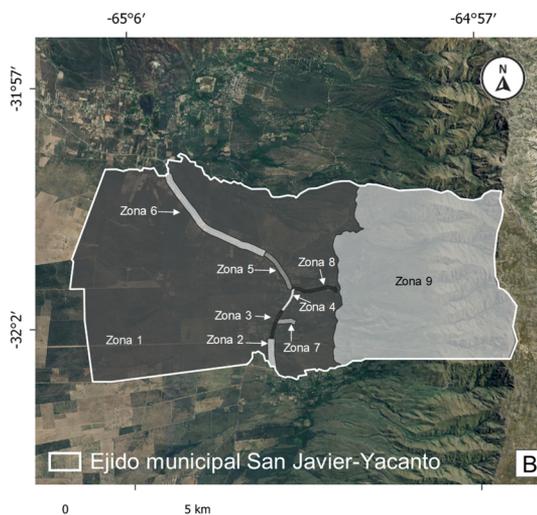
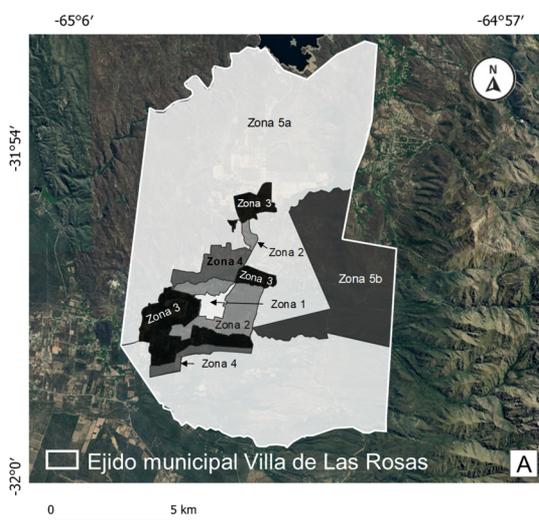
de carozo o pepita, etc.; (ii) Vegetación herbácea, que ocupa un 0,5%; (iii) Mosaico de edificaciones y vegetación, que incluye principalmente zonas residenciales con arboledas y parques ocupando un 0,4%; y (iv) Áreas urbanizadas, que ocupan un 0,1% del área de estudio e incluyen edificaciones, calles y suelo descubierto sin vegetación. Los bosques exóticos ocupan un 2,7% del área de estudio y en su composición dominan las especies exóticas como *Pinus* spp. y *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton, entre otras. Las áreas cultivadas ocupan un 2% del área de estudio. Este tipo de coberturas suelen ser más frecuentes por debajo de los 1500 m s.n.m. (Cingolani *et al.*, 2022). Los pajonales de *Festuca hieronymi* Hack. o *Poa stuckertii* (Hack.) Parodi ocupan un 6,8% del área de estudio; mientras que los pastizales con roca ocupan un 3,9% y suelen estar dominados por *Deyeuxia hieronymi* (Hack.) Türpe, *Festuca* spp, *Sorghastrum pellitum* (Hack.) Parodi y/o *Jarava juncooides* Speng. Finalmente, los céspedes ocupan un 1% del área de estudio, y se componen de distintas especies de gramíneas y dicotiledóneas herbáceas, incluyendo *Lachemilla pinnata* (Ruiz & Pav.) Rothm., *Piptochaetium montevidense* (Spreng.) Parodi, *Dichondra* spp, *Krapovickasia flavescens* (Cav.) Fryxell. Este tipo de comunidades principalmente herbáceas son más abundantes por encima de los 1300 m s.n.m. y hasta los 2790 m s.n.m. (Cingolani *et al.*, 2022).

Marco regulatorio del uso y la ocupación del suelo

Durante el período de estudio tanto VLR como SJY poseían códigos de edificación y planeamiento urbano. En el caso de VLR, la habilitación de obras particulares se basó en la ordenanza N°1088 según la cual el ejido pretendido se divide en cinco zonas: área central, área residencial, área suburbana, área rural, y área de reserva (Fig. 1A). En estas zonas varían cuatro aspectos que se asocian con diferente densidad de edificaciones: (i) las dimensiones mínimas de fraccionamiento de lotes, (ii) el FOS (factor de ocupación de suelo), (iii) el FOT (factor de ocupación total), y (iv) parámetros arquitectónicos como los retiros de frente, laterales y de fondo (Fig. 1C). La altura máxima de las edificaciones es la misma en todo el ejido pretendido (< 7m). En SJY, la habilitación de obras se realizó en base a la ordenanza N°270, que divide al ejido pretendido en 10 zonas: área residencial, siete corredores (Acceso norte, El pueblito, Central, camino al Champaquí,

Cuatro vientos, Yacanto y Acceso sur), área del faldeo y área general (Fig. 1B). En estas zonas varían las dimensiones mínimas de fraccionamiento. A su vez, el FOT y los retiros de frente, laterales y de fondo, varían en función de las dimensiones de los lotes, disminuyendo el FOT y aumentando los retiros a medida que aumentan las dimensiones mínimas de los lotes (Fig. 1D). La altura máxima de las edificaciones es la misma en todo el ejido pretendido (< 7m). En ninguna de las dos ordenanzas vigentes en ambos municipios se hace referencia a la Ley 9.814/10 que es la que reglamenta la Ley de bosques en la provincia de Córdoba.

Cabe aclarar que durante el período de estudio ambos municipios contaban con ejidos municipales ‘pretendidos’, es decir, su territorio no poseía límites definidos. La gestión municipal en territorios que no poseen límites claramente definidos ocasiona numerosos problemas en la reglamentación de los usos. En zonas alejadas de las tramas urbanas de municipios que no cuentan con sus ejidos aprobados, muchas veces existen vacíos legales (“zonas grises”) y conflictos que son resueltos por la Comunidad Regional Departamental. Para que los municipios puedan gestionar el uso y la ocupación del territorio es necesario que el ejido municipal sea “aprobado” por el



Zona	FOT	Superficie predial mínima
ZONA 1 - Área central	≤0,6 (residencial)	500 m ²
	≤0,9 (comercial-institucional-servicios)	
ZONA 2 - Área residencial o jardín	≤0,6 (residencial)	800 m ²
	≤0,7 (comercial-institucional-servicios)	
	≤0,4 (uso residencial turístico)	
ZONA 3 - Área suburbana	≤0,35 (residencial)	1250 m ²
	≤0,3 (comercial-institucional-servicios)	
	≤0,6 (uso residencial turístico)	
ZONA 4 - Área rural	≤0,2 (residencial)	5000 m ²
	≤0,1 (comercial-institucional-servicios)	
ZONA 5a - Área rural	≤0,1 (residencial)	10000 m ²
	≤0,075 (comercial-institucional-servicios)	
ZONA 5b - Zona de reserva	≤0,0075	50000 m ²

Zona	FOT	Superficie predial mínima
ZONA 1 - Área general	≤ 0,15	3400 m ²
ZONA 2 - Corredor acceso sur	≤ 0,07	10000 m ²
ZONA 3 - Corredor Yacanto	≤ 0,2*	2300 m ²
ZONA 4 - Corredor central	≤ 0,4*	1100 m ²
ZONA 5 - Corredor El Pueblito	≤ 0,125	4500 m ²
ZONA 6 - Corredor acceso norte	≤ 0,07	10000 m ²
ZONA 7 - Corredor al paraje Cuatro Vientos	≤ 0,09	6800 m ²
ZONA 8 - Corredor camino al Champaquí	≤ 0,2*	2300 m ²
ZONA 9 - Faldeo	≤ 0,007	50000 m ²

* Valores de FOT no especificados en la ordenanza 270/2012. El FOT que figura en la tabla es estimativo.

Fig. 1. Zonificación de los ejidos municipales. **A:** Villa de Las Rosas. **B:** San Javier-Yacanto. **C:** Factor de Ocupación Total (FOT) y dimensiones mínimas de fraccionamiento según las zonas para Villa de Las Rosas. **D:** Factor de Ocupación Total (FOT) y dimensiones mínimas de fraccionamiento según las zonas para San Javier-Yacanto.

Ministerio de Gobierno de Córdoba. En marzo de 2022 y en julio de 2021 se aprobaron los ejidos municipales de VLR y SJY, respectivamente. Si bien antes de la aprobación de los ejidos, ambos municipios contaban con códigos de edificación y planeamiento urbano, en la práctica se registraron diversos incumplimientos a dichos marcos normativos (Cavallero L., obs. pers.).

Análisis de datos

Para estimar el avance de la urbanización, georreferenciamos todas las edificaciones ubicadas dentro de los ejidos municipales de VLR y SJY considerando dos momentos (dependiendo de la disponibilidad de imágenes satelitales): antes y después de la sanción/reglamentación de la Ley de bosques. La georreferenciación de cada edificación se realizó utilizando como base las imágenes satelitales de alta resolución disponibles en Google Earth provistas por los satélites QuickBird (año 2006), WorldView-1 (año 2010), y por los satélites SPOT 6, SPOT 7, Pleiades-1A y Pleiades-1B (año 2021). En todos los casos, las imágenes utilizadas presentan una resolución espacial mayor a 2,5 m, lo que permitió identificar con gran precisión las edificaciones en el área de estudio. Para la selección del momento inicial del estudio (antes de la sanción de la Ley de bosques) se evaluaron varias fechas y se seleccionó la imagen completa, de cada ejido municipal, que fuera más cercana al año 2007. Así, para VLR la única imagen previa a la sanción de la Ley de bosques que representó el ejido municipal completo corresponde al año 2006. En cambio, para SJY la única imagen del ejido completo cuya fecha se aproximó más a la sanción de la Ley de bosques corresponde al año 2010. No obstante, cabe aclarar que en la provincia de Córdoba la Ley de bosques se reglamentó en el año 2010, con lo cual la imagen disponible para el ejido de SJY puede considerarse como previa a la sanción de la Ley, ya que a partir de la sanción de la Ley nacional en el año 2007, rigió una veda a los desmontes hasta la reglamentación (i.e., OTBN) en cada provincia. Para el momento final del estudio se trabajó con imágenes correspondientes a diciembre del año 2021 para ambos municipios. Por lo tanto, para VLR se cuenta con un período de 15 años (2007-2021), y para SJY con un período de 11 años (2011-2021). Para los dos sets de imágenes se digitalizó y georreferenció manualmente cada edificación. Para realizar georreferenciación de las edificaciones con la mayor precisión posible, los ejidos de ambos municipios se grillaron con un

tamaño de celda de 1 km x 1 km. Esto aseguró el rastillaje sistemático de toda el área de estudio. Las edificaciones georreferenciadas fueron chequeadas por dos observadores distintos. Para estimar el avance de la urbanización, el set de puntos con todas las edificaciones en el momento inicial (2006 para VLR, y 2010 para SJY) se restó al set de puntos con todas las edificaciones en el momento final (2021 para ambos municipios) utilizando la herramienta “Difference” del programa QGis (QGis.org).

Para estimar sobre qué tipo de vegetación avanzaron las edificaciones se utilizó el mapa de vegetación de las sierras de Córdoba de Cingolani *et al.* (2022) correspondiente al año 2009. Este mapa clasifica la cobertura del suelo en 15 categorías: (1) Bosques nativos, (2) Bosques exóticos, (3) Matorrales nativos, (4) Pajonales, (5) Céspedes, (6) Pastizales con roca y/o suelo desnudo, (7) Roquedales, (8) Cuerpos de agua, (9) Zonas frecuentemente inundables, (10) Zonas ocasionalmente inundables, (11) Cultivos, (12) Zonas urbanas con vegetación leñosa, (13) Zonas urbanas con vegetación herbácea, (14) Zonas urbanas con un mosaico de edificaciones y vegetación, y (15) Zonas urbanas completamente edificadas. El mapa posee una elevada precisión (82,6%) y resolución (imágenes Landsat 4-5 TM 30m), y se realizó a partir de numerosos relevamientos a campo (792 parcelas de muestreo; Cingolani *et al.*, 2022). Si bien el mapa corresponde a la vegetación del año 2009 consideramos que es adecuado para caracterizar la vegetación al momento inicial del estudio. Esto se debe a que según la Serie Histórica Anual de Mapas de Cobertura y Uso de la tierra “Mapbiomas”, las transiciones de cobertura de la vegetación entre 2006 (momento inicial para VLR) y 2009 (año del mapa de vegetación de Cingolani *et al.*, 2022) afectaron a una superficie menor al 2% del ejido de VLR (Mapbiomas, 2006, 2009). Dado que el mapa de vegetación de Cingolani *et al.* (2022) posee mayor precisión para el área de estudio, debido a un mayor chequeo de campo a escala local, que la serie anual provista por Mapbiomas, que posee una escala regional (región del Gran Chaco Americano), consideramos más apropiado utilizar el mapa de Cingolani *et al.* (2022) para estimar qué tipo de vegetación fue reemplazada por el avance de la urbanización. Además, las clases de vegetación leñosa de la serie Mapbiomas son más generales que las clases de vegetación del mapa de Cingolani *et al.* (2022). Por ejemplo, la vegetación leñosa en la serie Mapbiomas se divide en dos clases:

Leñosas cerradas (cobertura de especies leñosas entre 20 y 100%) y leñosas abiertas (cobertura de especies leñosas < 20%). La clase “leñosas cerradas” puede incluir tanto bosques como matorrales con especies nativas o exóticas. En cambio, en el mapa de Cingolani *et al.* (2022) la vegetación leñosa se diferencia en cuatro clases, y permite la distinción entre bosques nativos, matorrales nativos, bosques exóticos, y vegetación leñosa de interfase, lo que permite una mejor interpretación del reemplazo de la vegetación a expensas de la urbanización. Para estimar qué clase de cobertura vegetal fue reemplazada por las edificaciones se utilizó la herramienta “Join attributes by spatial location” del programa QGIS.

Para evaluar en qué medida la urbanización avanzó sobre áreas ambientalmente frágiles cuantificamos la proporción de edificaciones nuevas localizadas en las proximidades de cursos o cuerpos de agua (permanentes o temporarios), y en zonas con diferentes categorías de inclinación del terreno. En primer lugar, utilizamos un mapa de cursos y cuerpos de agua, tanto permanentes como temporarios. Cada curso o cuerpo de agua posee una faja de amortiguamiento, que abarca la ribera, y cuyo ancho varía en función de la superficie de la cuenca de captación y tipo de flujo, siendo mayor el ancho a mayor superficie de captación (Gayoso *et al.*, 2000; Pineda Gonzalez, 2017; FAO). A su vez, la faja de amortiguamiento se divide en dos zonas: (i) Zona de Reserva de Ribera (ZRR), que es un área de protección estricta localizada a los costados de los cursos y cuerpos de agua; y (ii) Zona de Manejo de Cauce (ZMC) que es un área donde se admite el manejo sustentable de la vegetación y se localiza a los costados de la ZRR (ver más en Cavallero & López, 2023). En base a dicho mapa calculamos la proporción de edificaciones localizadas sobre ZRR y ZMC dentro de los ejidos de VLR y SJY. En segundo lugar, utilizamos un mapa en el cual la pendiente del terreno se divide en cuatro categorías: plano (pendientes menores al 3%), moderadamente inclinado (pendientes entre 3 y 5%), inclinado (pendientes entre 5 y 10%), y muy inclinado (pendientes mayores al 10%) (Cavallero & López, 2023). En base al mapa de pendientes calculamos la proporción de edificaciones localizadas en cada categoría.

Para analizar si la aplicación de la Ley de bosques indujo cambios en el patrón de urbanización, disminuyendo la cantidad de edificaciones en zonas categorizadas como I (rojo) o II (amarillo)

comparamos la proporción de edificaciones ubicadas en diferentes categorías de protección según el mapa de OTBN de la provincia de Córdoba (MAyDS, 2023) antes (2006/2010) y después (2021) de su sanción. Para ello, calculamos el número de edificaciones en las distintas categorías de OTBN antes y después de la sanción/reglamentación de la Ley de bosques. Un mayor número de edificaciones en categorías I y II luego de la sanción de la Ley de bosques indicaría fallas en su implementación.

RESULTADOS

Durante los últimos 15 años, se registró un gran crecimiento de la urbanización en el área de estudio. Hasta el año 2006, en el ejido de Villa de Las Rosas (VLR) detectamos 2187 viviendas, mientras que en el período 2007-2021, el número de edificaciones aumentó en un 118%, registrándose 2600 construcciones nuevas (Fig. 2). Asimismo, hasta el año 2010 en el ejido de San Javier-Yacanto (SJY) detectamos 1208 edificaciones, mientras que en un período de 11 años (2010-2021) el número de construcciones se duplicó (aumentó un 107%), con la aparición de 1299 construcciones (Fig. 3).

La urbanización avanzó significativamente a expensas de la vegetación leñosa. La mayor parte de las construcciones detectadas entre 2007 y 2021 en VLR se ubicaron en lugares ocupados anteriormente por vegetación leñosa (82%). Específicamente, el 38% de las edificaciones avanzó sobre vegetación leñosa aledaña a zonas urbanizadas (interfase urbano-forestal), el 23% de las mismas sobre matorrales nativos, principalmente de espinillo (*Vachellia caven*), piquillín (*Condalia microphylla*) y *Baccharis* spp, el 17% sobre bosques nativos dominados por tala (*Celtis tala*), molle (*Lithraea molleoides*), y en menor medida, orco quebracho (*Schinopsis lorentzii*); y el 4% restante sobre bosques exóticos, principalmente de siempreverde (*Ligustrum lucidum*). El resto de las construcciones avanzó sobre sitios ocupados anteriormente por pastizales con roca, pajonales y céspedes (5%), y otros tipos de cobertura mixta como mosaico de edificaciones y vegetación, cultivos, y suelo impermeabilizado (13%) (Fig. 4A). En el ejido de SJY detectamos la misma tendencia. El 88% de las construcciones detectadas después del 2010 se localizó en lugares que anteriormente estaban cubiertos por vegetación leñosa. En este caso, el

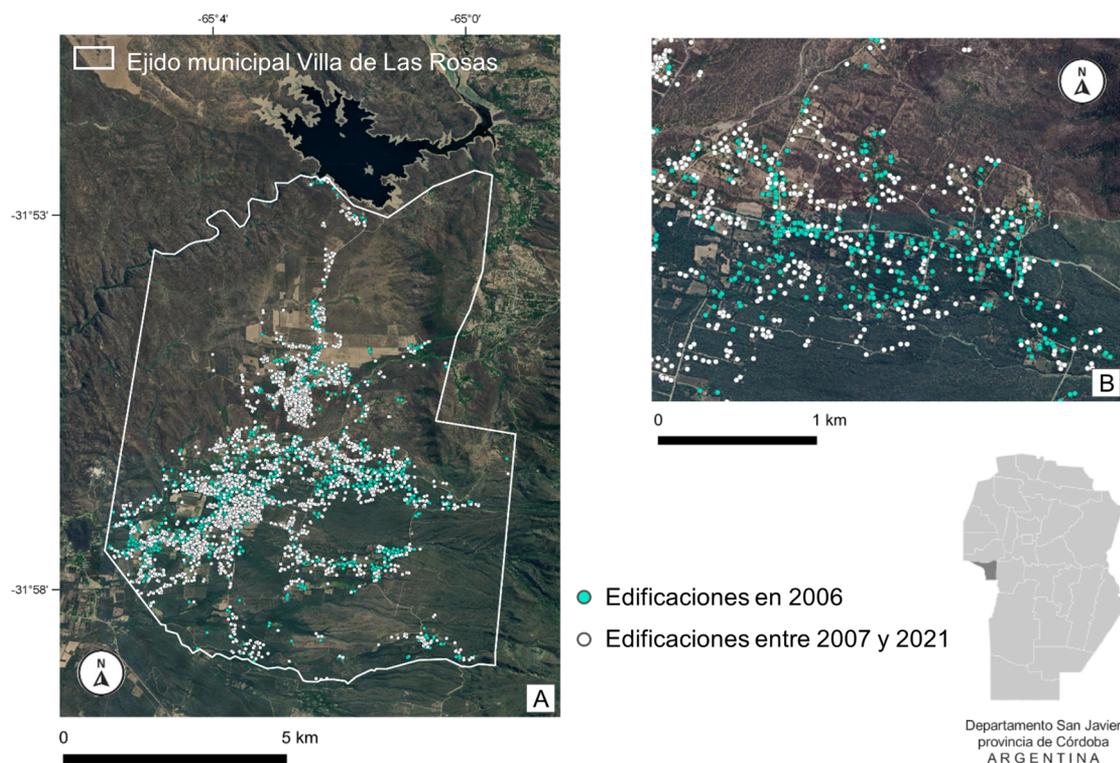


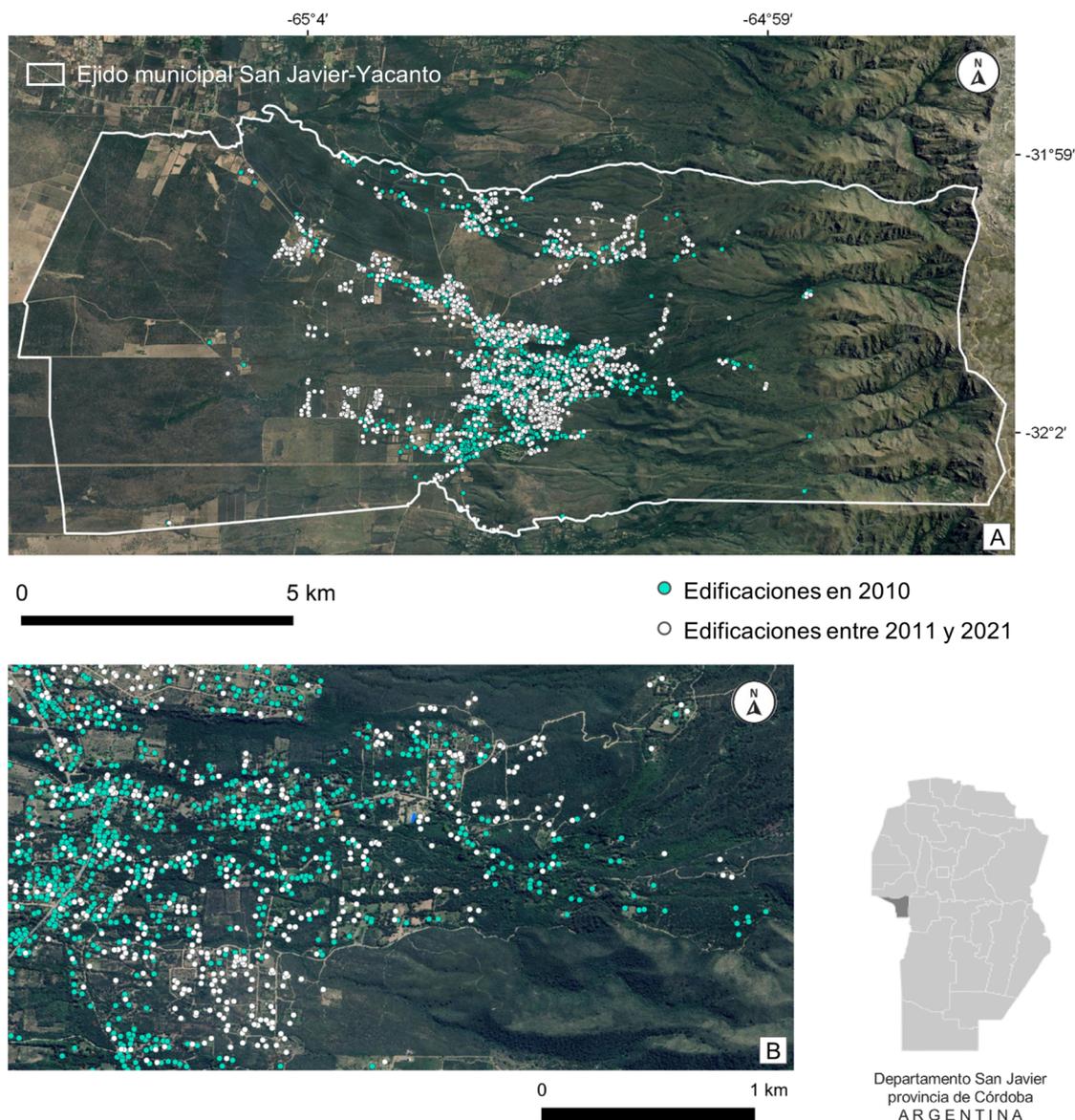
Fig. 2. Mapa con edificaciones dentro del ejido municipal de Villa de Las Rosas. **A:** en el año 2006 (antes de la sanción de la Ley de bosques) y durante el periodo 2007-2021 (después de la sanción de la Ley de bosques). **B:** Detalle de las edificaciones detectadas antes y después de la sanción de la Ley de bosques.

38,6% de las edificaciones avanzaron sobre sitios ocupados por matorrales nativos de espinillo, piquillín y romerillo; el 32,6% sobre vegetación leñosa cercana a zonas urbanizadas (interfase urbano-forestal), el 14,5% sobre bosques nativos de tala y molle; y el 2,3% sobre bosques exóticos. Asimismo, el 8,3% de las edificaciones avanzó sobre vegetación herbácea (pajonales, céspedes, y pastizales con roca), y el 3,7% sobre otras coberturas mixtas (Fig. 4B).

Una baja proporción de las edificaciones se localizó en las cercanías de cursos y cuerpos de agua. Específicamente, el 2% y el 6,5% de las edificaciones de VLR y SJY, respectivamente, se localizó a menos de 40 m de cursos o cuerpos de agua, dentro de la Zona de Reserva de Ribera (ZRR). Además, el 5% y el 7,8% de las edificaciones detectadas en VLR y SJY, respectivamente, se ubicaron a menos de 85 m de cursos o cuerpos de agua, dentro de la Zona de Manejo de Cauce (ZMC) (Anexo S1). Por otra parte, una gran proporción de las edificaciones nuevas se localizó en sitios inclinados. En VLR sólo un tercio de

las edificaciones nuevas se localizó en terrenos planos (pendiente < 3%). La mayor parte de las edificaciones (66%) se localizó en terrenos moderadamente inclinados (34%) e inclinados (32%). El 3% restante se localizó en terrenos muy inclinados (pendiente > 10%). En SJY, más de la mitad de las edificaciones (52%) se localizó en terrenos inclinados (44%) o muy inclinados (8%). Un 35% de las edificaciones se localizó en terrenos moderadamente inclinados, mientras que sólo el 13% de las edificaciones se ubicó en terrenos mayormente planos (Anexo S2).

La proporción de construcciones ubicadas en áreas categorizadas como I (rojo) y II (amarillo) según el OTBN realizado en el marco de la Ley de bosques (9.814/10 de la provincia de Córdoba) aumentó desde su entrada en vigencia. En términos generales, el 37,8% de las construcciones detectadas en el ejido de Villa de Las Rosas en el año 2006 están localizadas en áreas que posteriormente fueran categorizadas como I y II según el OTBN, mientras que en el periodo 2007-2021, dicho porcentaje aumentó a 55,3%. Específicamente,



la proporción de construcciones localizadas en áreas en categoría I pasó de ser aproximadamente un tercio en el año 2006 (35%) a más de la mitad (53,8%) luego de la entrada en vigencia de la Ley de bosques (2007-2021). En cambio, el porcentaje de edificaciones ubicadas en áreas categorizadas como II (amarillo) pasó de ser 2,8%, en el año 2006, a 1,4%

en el año 2021 (Fig. 5A). Asimismo, la proporción de edificaciones localizadas fuera del OTBN se mantuvo relativamente estable (43% antes de 2006, y 44% entre 2007 y 2021). En el municipio de San Javier-Yacanto, registramos una tendencia similar. Aproximadamente un cuarto de las construcciones detectadas en el 2010 (25,3%) se ubicaron en áreas

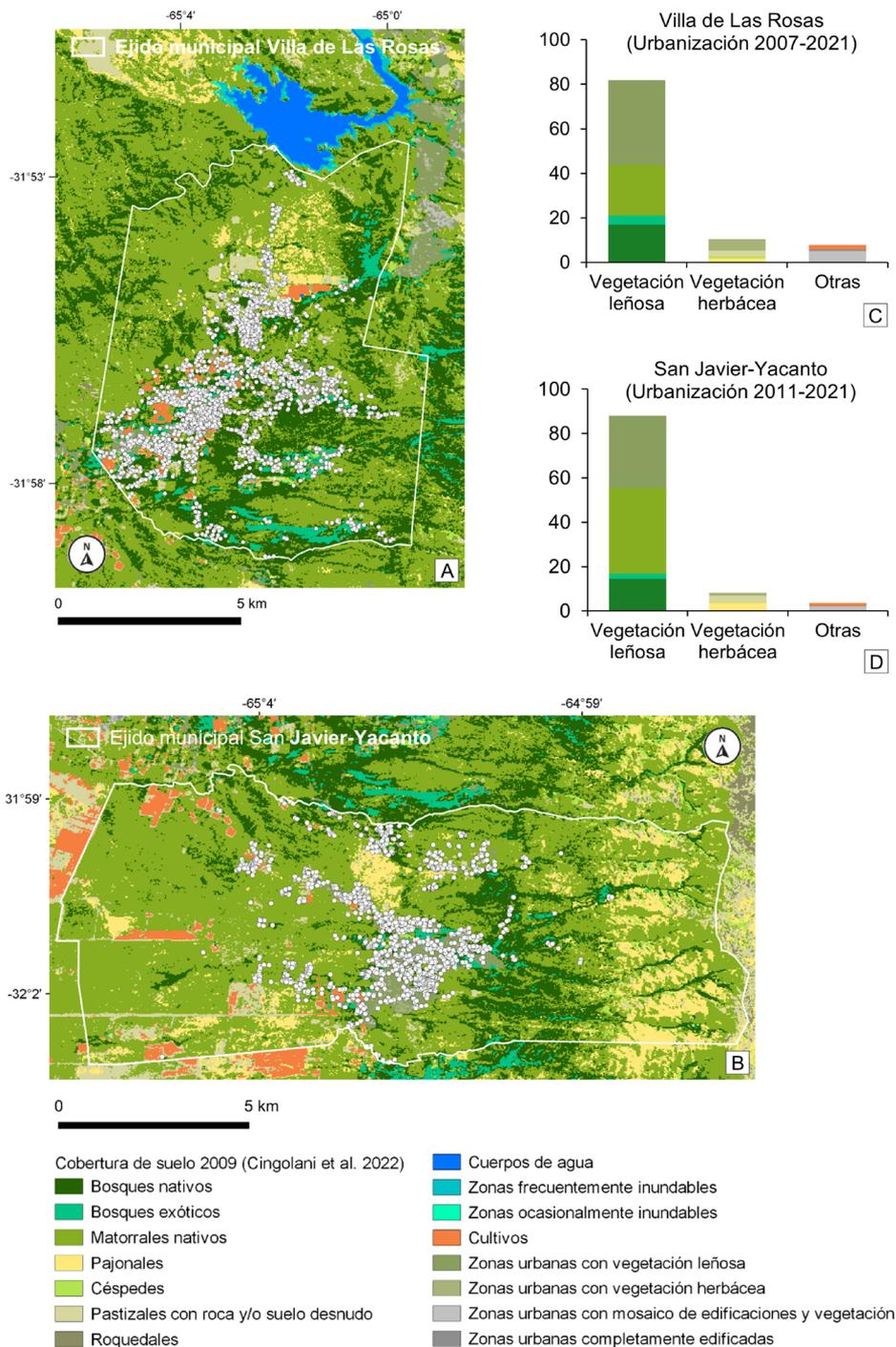


Fig. 4. Mapa con las edificaciones nuevas registradas en Villa de Las Rosas y en San Javier-Yacanto sobre el mapa de vegetación de Cingolani *et al.* (2022). **A:** Villa de Las Rosas para el período 2007-2021. **B:** San Javier-Yacanto para el período 2011-2021. **C:** Porcentaje de edificaciones localizadas sobre diferentes clases de vegetación para Villa de Las Rosas. **D:** Porcentaje de edificaciones localizadas sobre diferentes clases de vegetación para y San Javier-Yacanto.

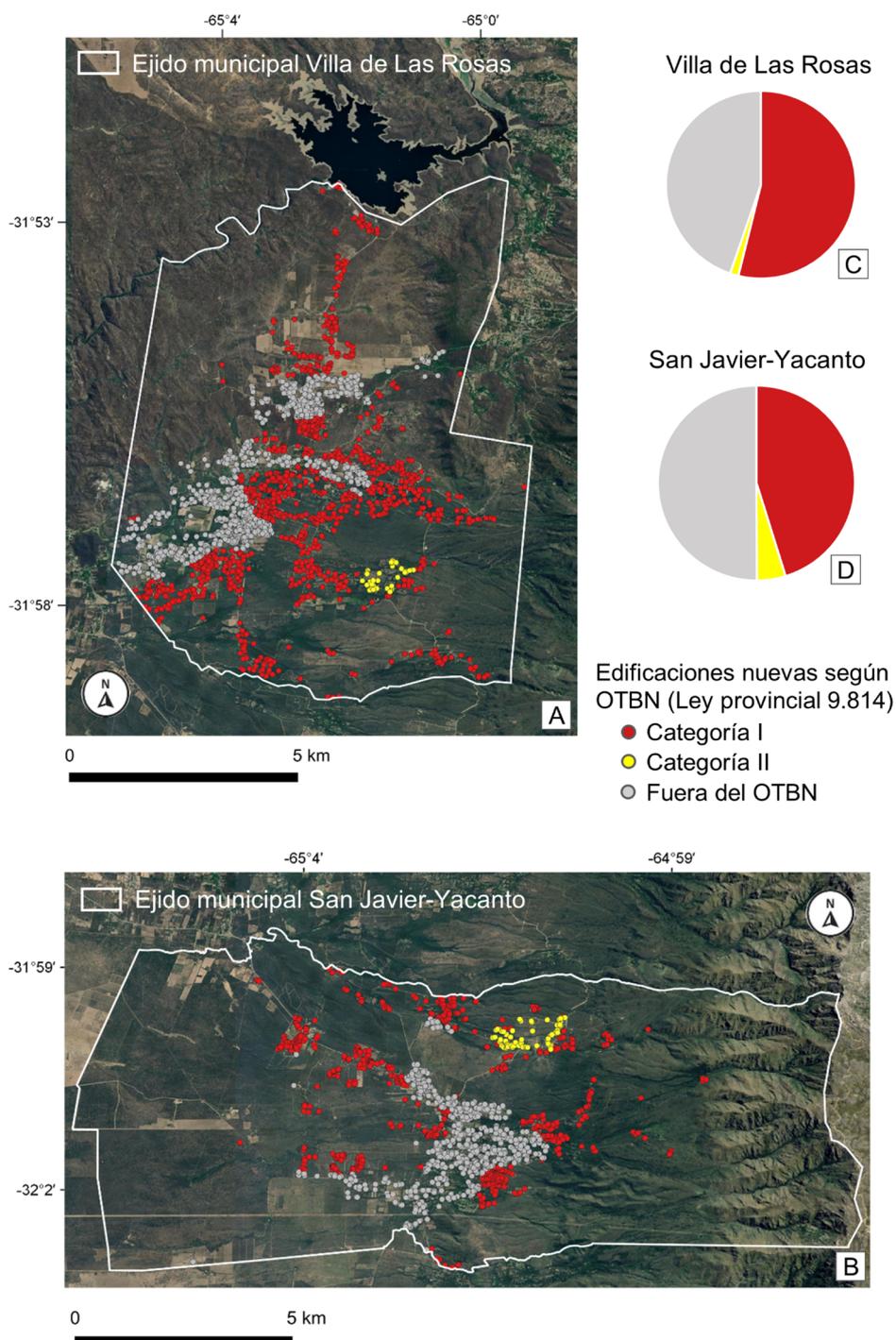


Fig. 5. Categorización de la urbanización en Villa de Las Rosas y San Javier-Yacanto en base al mapa de ordenamiento territorial de bosques nativos según la Ley Provincial 9814/10. **A:** Villa de Las Rosas para el período 2007-2021. **B:** San Javier-Yacanto para el período 2011-2021. **C:** Proporción de las edificaciones en las diferentes categorías de conservación para Villa de Las Rosas. **D:** Proporción de las edificaciones en las diferentes categorías de conservación para San Javier-Yacanto.

que posteriormente fueron categorizadas como I y II según la ley 9814/10; mientras que, durante los últimos 10 años, esta proporción ascendió a 49,9%. Específicamente, luego de la sanción de la Ley de bosques, la proporción de construcciones en áreas en categoría I se duplicó, pasando de 22,7% en el 2010, a 45,2% para el período 2011-2021. El porcentaje de construcciones localizadas en áreas categorizadas como II (amarillo) también se incrementó, pasando de ser 2,7% a 4,7% (Fig. 5B).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio evidencian que durante los últimos 15 años el avance de la frontera urbana ha promovido un drástico cambio en el uso del suelo en el valle de Traslasierra, Córdoba. La urbanización (uso para vivienda y/o turismo) avanzó principalmente sobre sitios ocupados por vegetación leñosa nativa, inclinados (pendiente > 5%) y de máxima categoría de conservación según la Ley Nacional 26.331, y su correspondiente Ley Provincial 9.814. Este avance de la frontera urbana a expensas de los bosques nativos podría deberse a la escasa regulación del proceso de urbanización tanto a nivel municipal como provincial, a la fuerte promoción del turismo en la región, y a la migración desde los grandes centros urbanos hacia zonas rurales (Peralta, 2007, 2018; Del Rosso, 2021; Martina *et al.*, 2021).

La vegetación leñosa nativa fue la más afectada por la urbanización (Fig. 4). Esto se debe a que los matorrales y bosques nativos son la cobertura dominante en la franja altitudinal donde se localizan ambos municipios (< 1500 m s.n.m.) (Cingolani *et al.*, 2022). El avance de la frontera urbana sobre la vegetación leñosa nativa es preocupante porque se estima que la provincia de Córdoba perdió más del 80% de la cobertura boscosa que poseía a principios del siglo XIX (Cabido & Zak, 2010). De hecho, se estima que los últimos relictos de bosque nativo están localizados en el noroeste de la provincia (IDECOR, 2022), donde se ubica el valle de Traslasierra. La urbanización a expensas de matorrales y bosques nativos, representa un patrón generalizado en el sector serrano de la provincia (Gavier & Bucher, 2004). Este proceso no sólo provoca la pérdida de bosques y matorrales de forma directa (por la remoción de biomasa

leñosa y herbácea), sino que también altera la configuración espacial de estas comunidades, aumentando la fragmentación de los parches, la relación perímetro/área, y el efecto borde de la matriz mixta (urbana y herbácea) sobre los parches de vegetación leñosa. Además, la urbanización se asocia con la introducción de especies exóticas de flora (ornamentales y frutales) y fauna doméstica (mascotas, aves de corral, etc.) lo que produce la degradación de los ecosistemas naturales e incrementa el riesgo de invasiones biológicas (Gavier & Bucher, 2004; Gavier *et al.*, 2012). Finalmente, la urbanización en zonas serranas aumenta las áreas de interfase urbano-forestal y, por ende, el riesgo de incendios forestales (Argañaraz *et al.*, 2015, 2017, 2020).

Una baja proporción de las edificaciones se localizó en las proximidades de cursos y cuerpos de agua, mientras que escasa proporción de las mismas se ubicó en sitios mayormente planos (< 3% de pendiente) (Anexos S1 y S2). La urbanización en las riberas de cursos o cuerpos de agua causa un gran impacto ambiental negativo. Por ejemplo, en ninguno de los municipios posee red cloacal ni planta de tratamiento de efluentes, por lo que las construcciones ubicadas en las cercanías de cursos y cuerpos de agua contaminan el agua, mucha de la cual se destina a consumo humano y fines productivos, mediante la infiltración de efluentes domésticos. Además, las costas son zonas de alto riesgo de inundación por lo que la vegetación nativa posee un rol fundamental en la retención y estabilización de riberas, principalmente en localidades serranas donde son muy frecuentes las crecidas repentinas de ríos y arroyos (Bertori *et al.*, 2004). Por lo tanto, la construcción de viviendas en las proximidades de cursos y cuerpos de agua debería estar prohibida a nivel municipal y provincial. Por otra parte, el avance de la urbanización sobre sitios inclinados podría deberse a varios factores. Ambos municipios están ubicados en el piedemonte de las sierras grandes de Córdoba, por lo que la inclinación y la altitud de los terrenos aumenta hacia el este, así como también aumenta la distancia al sector céntrico. Los sitios más altos, inclinados y alejados del centro de los municipios son muy valorados por las personas que migran desde grandes ciudades ya que poseen mayor vista panorámica, belleza escénica, tranquilidad y contacto con la naturaleza. Además, el precio del

m² de tierra suele ser menor en sitios alejados de las tramas urbanas (IDECOR, 2023), debido a un menor nivel de prestación de servicios por parte de los municipios (recolección de residuos, transporte público de pasajeros, red de agua potable y gas natural, etc.). Por último, las fracciones de tierra a la venta son de mayor superficie en las zonas alejadas que en las áreas cercanas al centro de los municipios (Figs. 1,2). Por lo tanto, muchas personas eligen vivir en sitios alejados de la zona céntrica (en los que el terreno suele ser más inclinado) debido al doble beneficio que ello implica: menor costo del m² de tierra y fracciones más grandes (Cavallero, obs. pers.). Sin embargo, los terrenos inclinados son más susceptibles a la pérdida de suelo mediante la acción de agentes erosivos, por lo que la vegetación nativa posee un rol fundamental no solo en la retención y estabilización de suelos, sino que también en la regulación hidrológica, al favorecer la infiltración de agua en el suelo, y disminuir la pérdida de agua por escorrentía (Contreras *et al.*, 2013; Houspanossian *et al.*, 2023). Por lo tanto, la urbanización sobre sitios inclinados debería ser estrictamente regulada, o incluso, desalentarse.

El aumento en la proporción de construcciones ubicadas en áreas en categoría I según la Ley de bosques (26.331) podría estar ocurriendo por múltiples causas. En primer lugar, posiblemente el desmonte, o la comúnmente llamada ‘limpieza’ de terrenos, no son interpretados por los municipios ni por la autoridad de aplicación local (Secretaría de Ambiente de la provincia) como desmontes. Tampoco la construcción de viviendas o infraestructuras en sitios ocupados por vegetación leñosa nativa es interpretada por la autoridad de aplicación local como cambio en el uso del suelo (información no publicada de Talleres realizados con municipios y habitantes de Traslasierra). Esto se evidencia en que la zonificación incluida en los códigos de edificación de ambos municipios no hace ninguna referencia a los mapas de OTBN de la Ley provincial 9.814. Más aún, la superposición de la zonificación municipal con los mapas de OTBN provincial evidencia que en las áreas que deberían destinarse a conservación (Categoría I-rojo) no solo se admite el fraccionamiento de tierras, sino que también la edificación, ya que incluso las zonas de reserva natural poseen FOT asignado (Anexo S3).

En segundo lugar, los desmontes menores a 1 ha no son detectados mediante el monitoreo de

deforestación que realiza la Policía Ambiental de la provincia de Córdoba (i.e., órgano que depende de la Secretaría de Ambiente) en base al análisis de imágenes satelitales (Pozzi Tay, com. pers.). Por lo tanto, los desmontes realizados en lotes de superficie menor a 10.000 m² posiblemente no sean detectados por los monitoreos de deforestación. Esto podría haber ocurrido en las zonas 1 a 4 de VLR, y en las zonas 1, 3, 4, 5, 7 y 8 de SJY (Fig. 1). Si bien la Policía Ambiental funciona de forma correcta labrando actas de infracción y clausurando predios donde se verifican incumplimientos a la Ley 9.814, en muchos casos, las infracciones son desestimadas en instancias posteriores al daño ambiental o subsanadas económicamente ya que los valores de las multas suelen ser muy bajos (ej., La Voz del Interior, 2022; ECO SITIO, 2016).

En tercer lugar, existen muchos loteos que fueron aprobados por la Dirección de Catastro provincial antes de la sanción de la Ley Nacional 26.331 y la reglamentación de la Ley provincial 9.814. En estos casos, la implementación de la Ley es compleja y depende principalmente de la voluntad política de las autoridades de los municipios. Por lo tanto, sería esencial que la Dirección de Catastro provincial actúe articuladamente con la Secretaría de Ambiente para la aprobación de loteos. Esto implicaría la desaprobación de loteos y emprendimientos inmobiliarios en zonas categorizadas como I y II según la Ley provincial 9.814. Si bien en los últimos años se han comenzado a articular ambas dependencias (Catastro y Ambiente, ej. IDECOR, 2022) existen muchos vacíos legales, como la subdivisión de lotes “de hecho”. Por ejemplo, existen casos en que varias personas compran una fracción de tierra de algunas hectáreas donde luego varias familias construyen sus viviendas. También existen casos en los que la fracción de tierra de una familia se va subdividiendo “de hecho” para la construcción de las viviendas de sus descendientes (ej., Hoy Día, 2020; Secretaría de Ambiente y Cambio Climático, 2017; La Política Ambiental, 2023).

En cuarto lugar, la subdivisión de tierras es una alternativa muy rentable económicamente para propietarios históricos (“criollos”), que anteriormente se dedicaban a actividades productivas. Esto se debe a dos circunstancias. Por un lado, la rentabilidad económica de las actividades productivas es tan baja que ni siquiera

alcanza para la subsistencia de las familias, que tienen que realizar actividades laborales extra prediales para subsistir (Calvo *et al.*, 2007; López *et al.*, 2017). Por otro lado, el pago de servicios ambientales otorgado por la Ley de bosques es muy bajo y los trámites son tan complejos que los propietarios prefieren vender títulos de propiedad en lugar de conservar y/o realizar actividades productivas en los bosques de sus predios (López *et al.*, 2023). Todo esto pone de manifiesto que la problemática de la urbanización es muy compleja y debe abordarse desde diferentes perspectivas y disciplinas.

El crecimiento demográfico documentado en este estudio evidencia una paradoja asociada a las migraciones urbano-rurales. Muchas personas migran desde grandes ciudades (ej. Buenos Aires, Córdoba, Rosario) hacia zonas serranas en busca de una mejor calidad de vida y en mayor contacto con la naturaleza. Sin embargo, al mismo tiempo estos nuevos habitantes están provocando el reemplazo de los ecosistemas naturales por edificaciones e infraestructuras asociadas (rutas, caminos, tendidos eléctricos, etc.). La fuerte presión causada por el crecimiento urbano y turístico, genera no solo conflictos ambientales, si no también sociales, como por ejemplo el reemplazo de población rural criolla por habitantes neo-rurales (Quiros, 2019; López *et al.*, 2023). Estas nuevas problemáticas plantean un desafío socio-ecológico, en el cual el ordenamiento ambiental y territorial, con la búsqueda de acuerdos sociales sólidos, deben ser las bases para un desarrollo planificado, respetuoso con el medio ambiente y sustentable.

Los resultados de este estudio sugieren que es importante avanzar con procesos participativos de ordenamiento territorial y planificación del uso y la ocupación del suelo mediante los cuales los habitantes, los organismos de gestión y los desarrolladores urbano-turísticos comprendan que hay zonas que no pueden urbanizarse debido al impacto ambiental que esto puede generar. La interpretación de la zonificación de los municipios evidencia que la proyección del proceso de urbanización se realiza considerando principalmente la expansión lateral de las calles principales (o más transitadas). Este tipo de planificación tiene implícita la idea de que el territorio es homogéneo, cuando en realidad es sumamente heterogéneo desde el punto de

vista biofísico (i.e., topografía, vegetación, suelo). Por este motivo, la dimensión ambiental debería considerarse como una base que no puede modificarse y que impone restricciones a determinados usos. Por lo tanto, la dimensión ambiental del territorio sí puede, y de hecho 'debe', modificarse, planificarse y regularse son las actividades antrópicas (Cavallero & López, 2023). Además, dentro de las áreas urbanizadas, debería priorizarse la conservación de relictos de bosques nativos maduros en zonas estratégicas, así como la creación de espacios verdes, y no sólo de plazas. Este tipo de medidas permitirán maximizar la provisión de servicios ecosistémicos claves tanto a nivel local como regional, así como también minimizar el impacto de problemáticas ambientales tales como sequías, contaminación e inundaciones (Rendón Gutiérrez, 2010).

En el valle de Traslasierra, la expansión urbana sin planificación estratégica ha provocado el reemplazo de ecosistemas naturales por infraestructuras de vivienda (Figs. 2, 3) y servicios (ej. rutas, caminos). Si bien la Ley de bosques representa un avance en la protección de los bosques nativos de Argentina, nuestro estudio revela que existen fallas en su implementación, principalmente en los alrededores de las tramas urbanizadas (interfase urbano-forestal, Fig. 4). El aumento en el número de construcciones localizadas en las áreas bajo la máxima categoría de protección es preocupante ya que el rol de los bosques como proveedores de servicios ambientales debería ser tenido en cuenta en los alrededores de los asentamientos urbanos (por su rol clave en la provisión de agua en cantidad y calidad, en la retención y estabilización de suelos, así como en el filtrado de partículas contaminantes). Por este motivo, el avance de la urbanización en el sector serrano del valle de Traslasierra debería ser estrictamente regulado ya que es una zona ambientalmente frágil por la marcada inclinación del terreno (lo que aumenta el riesgo de erosión hídrica) y por la posición en la cuenca hídrica (cuenca media y alta, comprometiendo la provisión y la calidad de agua para los poblados que se encuentran cuenca abajo como Las Tapias o la ciudad de Villa Dolores) (Cavallero *et al.*, 2019, 2023). Una alternativa para desalentar, o incluso evitar, el avance de la frontera urbana sobre los bosques nativos sería aumentar los pagos por servicios

ambientales proporcionados por la Ley de bosques, y simplificar los trámites para su solicitud. Además, el pago de servicios ambientales debería articularse con políticas públicas destinadas a incentivar y aumentar la rentabilidad de actividades productivas de bajo impacto que no implican cambio de uso del suelo. Esto debería ir acompañado de una regulación del mercado inmobiliario, ya que la rentabilidad económica del mercado de tierras es tan elevada en comparación con la rentabilidad de las actividades productivas, que termina siendo una alternativa viable para muchos pobladores criollos que venden sus tierras y emigran hacia centros urbanos buscando otros medios de vida.

En el mediano y largo plazo, cabe esperar que el proceso de migración urbano-rural se acentúe. Esto se debe a que luego del Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) decretado en el 2019 debido a la pandemia ocasionada por COVID-19, muchas personas decidieron abandonar la vida en la ciudad para residir en zonas más agrestes (CEPAL, 2022). Este proceso migratorio también fue causado por las posibilidades de trabajo remoto que se efectivizaron durante la pandemia. En este contexto, y teniendo en cuenta que Argentina es un país que no tiene problemas de “sobrepoblación” (como países de Europa y Asia) resulta fundamental -y factible- iniciar procesos de ordenamiento ambiental del territorio que sean la base de un desarrollo socio-ecológico sustentable (Cavallero et al., 2019; Cavallero & López, 2023).

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

LC coordinó el trabajo; LC y DRL conceptualizaron ideas y trabajo, y buscaron el financiamiento; LC y FA analizaron los datos y procesaron la información satelital; LC, DRL y FA escribieron el manuscrito.

AGRADECIMIENTOS

A Luciano Cortez por su ayuda en la georreferenciación de las construcciones. Este trabajo fue financiado por los siguientes proyectos de investigación: PICTO Bosque nativo 2014-0050, PIODO y Euroclima+ “Vivir y producir en el bosque”.

DATOS PRIMARIOS DE INVESTIGACIÓN

De ser aceptada la publicación, los datos primarios de la investigación se subirán al repositorio digital del CONICET.

BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA GIRALDO, J. A. 2015. *Correlación entre deforestación departamental y ocurrencia de eventos de inundación sequía y deslizamiento en Colombia*. Tesis de grado. Universidad Militar de Nueva Granada, Colombia.
- ARGAÑARAZ, J. P., G. I. PIZARRO, M. ZAK, M. A. LANDI & L. M. BELLIS. 2015. Human and biophysical drivers of fires in Semiarid Chaco mountains of Central Argentina. *Sci. Total Environ.* 520: 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.081>
- ARGAÑARAZ, J. P., V. C. RADELOFF, A. BARMASSADA, G. I. GAVIER-PIZARRO, ... & L. M. BELLIS. 2017. Assessing wildfire exposure in the wildland-urban interface area of the mountains of central Argentina. *J. Environ. Manage.* 196: 499-510. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.058>
- BADIA, A., P. SERRA & S. MODUGNO. 2011. Identifying dynamics of fire ignition probabilities in two representative Mediterranean wildland-urban interface areas. *Appl. Geogr.* 31: 930-940. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.01.016>
- BARCHUK, A. 2014. Riesgos en Sierras Chicas ante los cambios de uso del suelo. En: Charla-debate: Riesgos Ambientales ante cambios de uso del suelo en Sierras Chicas. Revistas Digitales FAUD, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (UNC). Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/tecyt/article/view/15293> [Acceso: 12 diciembre 2023]
- BERTORI, J. C., S. AMBROSINO, O. BARBEITO, A. DANIELE, J. A. MAZA, C. U. PAOLI & J. J. SERRA 2004. *Inundaciones urbanas en Argentina*. Editorial Universitas, Córdoba.
- CABIDO, M. & M. ZAK. 2010. *Deforestación, agricultura y biodiversidad*. UNCiencia. Prosecretaría de Comunicación Institucional. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- CALEF, M. P., A. D. MCGUIRE & F. S. CHAPIN III. 2008. Human influences on wildfire in Alaska

- from 1988 through 2005: an analysis of the spatial patterns of human impacts. *Earth Interact.* 12: 1-17. <https://doi.org/10.1175/2007EI220.1>
- CALVO, S. C., L. SALVADOR, R. COIRINI, A. VON MULLER, ... & A. VISINTINI. 2007. Indicadores de Sustentabilidad Relación con la Valorización Económica del Bosque Nativo, Córdoba, Argentina. *Zonas Áridas* 11: 32-46.
- CAVALLERO, L., N. A. MARI, & C. A. CARRANZA. 2019. *Ordenamiento Ambiental de Bosques y Ecosistemas Asociados para el Desarrollo Sustentable en el ejido del Municipio de Nono, Valle Traslasierra, Córdoba (Argentina)*. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- CAVALLERO, L., & D. R. LÓPEZ. 2023. *Ordenamiento territorial de bosques nativos y agroecosistemas. Restricciones ambientales al cambio en el uso del suelo en Traslasierra*. Programa Nacional Forestal, INTA, Buenos Aires.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2022. *Los impactos sociodemográficos de la pandemia de COVID-19 en América Latina y el Caribe* (LC/CRPD.4/3). CEPAL, Santiago de Chile. <https://hdl.handle.net/11362/47922>
- CHAKRABORTY, T., & X. LEE. 2019. A simplified urban-extent algorithm to characterize surface urban heat islands on a global scale and examine vegetation control on their spatiotemporal variability. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 74: 269-280. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.09.015>
- CINGOLANI, A. M., M. A. GIORGIS, L. E. HOYOS & M. CABIDO. 2022. La vegetación de las montañas de Córdoba (Argentina) a comienzos del siglo XXI: un mapa base para el ordenamiento territorial. *Bol. Soc. Arg. Bot.* 57: 51-60.
- CONTRERAS, S., C. S. SANTONI & E. G. JOBBÁGY. 2013. Abrupt watercourse formation in a semiarid sedimentary landscape of central Argentina: the roles of forest clearing, rainfall variability and seismic activity. *Ecohydrology* 6: 794-805. <https://doi.org/10.1002/eco.1302>
- DEL ROSSO, J. R. 2022. *La migración desde los grandes centros urbanos hacia pequeños pueblos serranos del Valle de Punilla Córdoba entre 2001 y 2019 Argentina*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. Disponible en: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/3558>
- DEMAIO, P. H., M. MEDINA & U. O. KARLIN. 2002. Árboles nativos del centro de Argentina. Ecoval, Córdoba.
- DE OLIVEIRA, M. L., I. A. A. RUFINO, J. E. D. B. L. CUNHA, R. S. VASCONCELOS & H. C. DE BRITO. 2020. Urban growth dynamics based on surface Albedo changes in Petrolina, Brazil. *Acta Sci. Tech.* 42: e46270-e46270. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v42i1.46270>
- DI PANGRACIO, A., N. A. CÁCERES, D. GOMEL, M. MILKOVIC, ... & M. E. PERIAGO. 2020. *Diagnóstico actualizado del estado de implementación Ley n° 26331*. 1ª. ed. Fundación Vida Silvestre Argentina y Fundación Ambiente y Recursos Naturales, Buenos Aires.
- FAO - Ordenamiento territorial. Disponible en: <http://www.fao.org/in-action/territorios-inteligentes/componentes/ordenamiento-territorial/instrumentos-planteamiento-territorial/es/> [Acceso: 12 diciembre 2023]
- GARCÍA COLLAZO, M. A. G., A. PANIZZA & J. M. PARUELO. 2013. Ordenamiento Territorial de Bosques Nativos: Resultados de la Zonificación realizada por provincias del Norte argentino. *Ecología Austral* 23: 97-107.
- GAVIER-PIZARRO, G. I., V. C. RADELOFF, S. I. STEWART, C. D. HUEBNER & N. S. KEULER. 2010. Housing is positively associated with invasive exotic plant species richness in New England, USA. *Ecol. Appl.* 20: 1913-1925. <https://doi.org/10.1890/09-2168.1>
- GAVIER-PIZARRO, G. I., T. KUEMMERLE, L. E. HOYOS, S. I. STEWART, ... & V. C. RADELOFF. 2012. Monitoring the invasion of an exotic tree (*Ligustrum lucidum*) from 1983 to 2006 with Landsat TM/ETM+ satellite data and support vector machines in Córdoba, Argentina. *Remote Sens. Environ.* 122: 134-145. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.023>
- GAYOSO, J., B. SCHLEGEL & M. ACUÑA. 2000. *Guía de Conservación del Agua*. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- GIORGIS, M. A., A. M. CINGOLANI, F. CHIARINI, J. CHIAPELLA, ... & M. CABIDO. 2011. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 36: 9-43.
- GIORGIS, M. A., A. M. CINGOLANI, D. E. GURVICH, P. A. TECCO, ... & M. CABIDO. 2017. Changes in floristic composition and physiognomy are decoupled along elevation gradients in central Argentina. *Appl. Veg. Sci.* 20: 558-571. <https://doi.org/10.1111/avsc.12324>

- HE, M. & T. S. HOGUE. 2012. Integrating hydrologic modeling and land use projections for evaluation of hydrologic response and regional water supply impacts in semi-arid environments. *Environ. Earth Sci.* 65: 1671-1685.
<https://doi.org/10.1007/s12665-011-1144-3>
- HOUSPANOSSIAN, J., R. GIMÉNEZ, J. I. WHITWORTH-HULSE, M. D. NOSETTO, ... & E. G. JOBBÁGY. 2023. Agricultural expansion raises groundwater and increases flooding in the South American plains. *Science* 380: 1344-1348.
- HOY DÍA. 2020. Preocupación por la subdivisión de loteos en Córdoba. Disponible en: <https://hoydia.com.ar/sociedad/73571-preocupacion-por-la-subdivision-de-loteos-en-cordoba/> [Acceso: 20 diciembre 2023]
- INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE CÓRDOBA (IDECOR). 2023. Disponible en: <https://www.idecor.gob.ar/mapeo-de-urbanizaciones-y-loteos-en-tramites-en-la-provincia/> [Acceso: 17 diciembre 2023]
- INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE CÓRDOBA (IDECOR). 2023. Estudio del Mercado de Suelo Rural de la Provincia de Córdoba. Disponible en: <https://www.mapascordoba.gob.ar/#/descargas> [Acceso: 10 diciembre 2023]
- JOBBÁGY, E. G. 2018. When nature says 'Enough!': the river that appeared overnight in Argentina. Disponible en: <https://www.theguardian.com/world/2018/apr/01/argentina-new-river-soya-beans> [Acceso: 26 abril 2018]
- JOBBÁGY, E. G. 2011. Servicios hídricos de los ecosistemas y su relación con el uso de la tierra en la llanura Chaco-Pampeana. En: LATERRA, P., J. M. PARUELO & E. G. JOBBÁGY (eds.), *Valoración de servicios ecosistémicos. Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*, pp. 163-183. Ediciones INTA, Buenos Aires.
- KANT, Y., S. AZIM & D. MITRA. 2018. Analyzing the influence of urban growth on thermal environment through demographic, environmental, and physical parameters in Bangladesh. En: VADREVVU, K. P., T. OHARA & C. JUSTICE (eds.), *Land-atmospheric research applications in South and Southeast Asia*, pp. 613-639. Springer, Cham.
- KARLIN, U. O. T., L. A. CATALAN & R. O. COIRINI. 1994. *La naturaleza y el hombre en el Chaco Seco*. 1ª edición, volumen combinado. REDAF, Reconquista.
- LA POLÍTICA AMBIENTAL. 2023. Córdoba: Polémica por loteo en zona roja de bosque nativo. Disponible en: <https://lapoliticambiental.com.ar/contenido/4496/cordoba-polemica-por-loteo-en-zona-roja-de-bosque-nativo> [Acceso: 18 diciembre 2023]
- LA VOZ DEL INTERIOR. 2022. Aumentó el desmonte ilegal en Córdoba: hubo 5.820 hectáreas afectadas en 2021. Disponible en: <https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/aumento-el-desmonte-ilegal-en-cordoba-hubo-5820-hectareas-afectadas-en-2021/> [Acceso: 17 diciembre 2023]
- LEE, C. S., S. JUNG, B. S. LIM, A. R. KIM, C. H. LIM & H. LEE. 2019. Forest decline under progress in the urban forest of Seoul, Central Korea. En: SURATMAN, M. N., Z. A. LATIF, G. DE OLIVEIRA, N. BRUNSELL, ... & C. A. COSTA DOS SANTOS (eds.), *Deforestation around the world*, chapter 5: 71-94. IntechOpen, London. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77433>
- LÓPEZ, D. R., L. CAVALLERO, M. H. EASDALE, C. A. CARRANZA, ..., & P. L. PERI. 2017. Resilience management at the landscape level: An approach to tackling social-ecological vulnerability of agroforestry systems. En: MONTAGNINI, F. (ed.), *Integrating landscapes: Agroforestry for biodiversity conservation and food sovereignty*, pp. 127-148. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69371-2_5
- LUTTI, R., M. A. BERTRÁN DE SOLÍS, M. F. GALERA, N. MÜLLER DE FERREIRA, ... & J. C. BARRERA. 1979. Vegetación. En: VÁZQUEZ, J., R. MIATELLO & M. ROQUE (eds.), *Geografía física de la provincia de Córdoba*, pp. 297-368. Boldt Press, Buenos Aires.
- MAPBIOMAS. Proyecto MapBiomás Chaco - Colección 2.0 de los mapas anuales de cobertura y uso del suelo. Disponible en: <https://chaco.mapbiomas.org> [Acceso: 16 noviembre 2023]
- MAYDS. 2017. Informe de estado de implementación 2010-2016. Disponible en: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_de_implementacion_2010_-_2016.pdf [Acceso: 15 julio 2020]
- MAYDS. 2023. Mapa de OTBN por provincia. Disponible en: <https://ciam.ambiente.gob.ar/repositorio.php?tid=5#> [Acceso: 5 marzo 2023]
- MARTINA, E. B., F. R. BARRI & J. U. DEON. 2021. Desarrollo urbanístico en las Sierras de Córdoba: Consecuencias y resistencias en un territorio hidrosocial en disputa. *Quid* 16: 187-214.

- MINISTERIO DE JUSTICIA Y DERECHOS HUMANOS. 2007. Disponible en: <https://servicios.infoleg.gov.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm> [Acceso: 25 octubre 2023]
- MÓNACO, M. H., P. L. PERI, F. A. MEDINA, H. P. COLOMB, ... & G. GÓMEZ CAMPERO. 2020. *Causas e impactos de la deforestación de los bosques nativos de Argentina y propuestas de desarrollo alternativas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Buenos Aires.
- MONTOYA, J. 2016. Reconocimiento de la biodiversidad urbana para la planeación en contextos de crecimiento informal. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo* 9: 232-275.
<https://doi.org/10.11144/Javerlana.cvu9-18.rbup>
- NARAYANARAJ, G. & M. C. WIMBERLY. 2012. Influences of forest roads on the spatial patterns of human-and lightning-caused wildfire ignitions. *Appl. Geogr.* 32: 878-888.
<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.004>
- PADILLA, M. & C. VEGA-GARCÍA. 2011. On the comparative importance of fire danger rating indices and their integration with spatial and temporal variables for predicting daily human-caused fire occurrences in Spain. *Int. J. Wildland Fire* 20: 46-58.
<https://doi.org/10.1071/WF09139>
- QGIS Geographic Information System. 2023. QGIS Association. Disponible en: <http://www.qgis.org>
- PERALTA, C. A. 2018. ¿Hacia dónde se mudan los cordobeses? Migración reciente en Córdoba, principales destinos urbanos. En: 3° Congreso Internacional Vivienda y Ciudad: Debate en torno a la Nueva Agenda Urbana. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/11577/3B.3-Peralta.pdf?sequence=226&isAllowed=y>
- PERALTA, C. A. 2007. Evolución del saldo migratorio de la ciudad de Córdoba. 1914-2001. En: IX Jornadas Argentinas de Estudios de Población. Asociación de Estudios de Población de la Argentina, Huerta Grande. Disponible en: <https://www.aacademica.org/ixjornadasaepa/47>
- PINEDA GONZALEZ, P. 2017. *Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas*. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible dirección de gestión integral de recurso hídrico. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/col130738anx.pdf>
- POLICÍA AMBIENTAL. 2010. Disponible en: <https://ambiente.cba.gov.ar/policia-ambiental/>; <https://prensa.cba.gov.ar/medio-ambiente-y-energia/ambiente-con-imagenes-satelitales-controlaran-uso-del-suelo/> [Acceso: 25 octubre 2023]
- QUIROS, J. 2019. Nacidos, criados, llegados: relaciones de clase y geometrías socioespaciales en la migración neorrural de la Argentina contemporánea. *Cuadernos de Geografía* 28: 271-287.
<http://dx.doi.org/10.15446/rcdg.v28n2.73512>
- RENDÓN GUTIÉRREZ, R. E. 2010. Espacios verdes públicos y calidad de vida. En: 6° Congreso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Mexicali.
- SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, R. & A. BONILLA. 2007. *Urbanización, cambios globales en el ambiente y desarrollo sustentable en América Latina*. IAI, INE, UNEP, São José dos Campos.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y CAMBIO CLIMÁTICO. 2017. Informe Final “93-IF-LOTEO-YACANTO” de Audiencia Pública Ambiental San Javier y Yacanto, 28 diciembre 2017. Disponible en: <chrome-extension://efaidnbnmnncipcajpcglclefindmkaj/> <https://ambiente.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2017/12/93-IF-LOTEO-YACANTO.pdf> [Acceso: 20 diciembre 2023]
- SYPHARD, A. D., V. C. RADELOFF, J. E. KEELEY, T. J. HAWBAKER, ... & R. B. HAMMER. 2007. Human influence on California fire regimes. *Ecol. Appl.* 17: 1388-1402.
<https://doi.org/10.1890/06-1128>
- UNITED NATIONS. 2009. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Urbanization Prospects: The 2009 Revision. Disponible en: <http://esa.un.org/unpd/wup/index.htm> [Acceso: 14 julio 2020]
- UNITED NATIONS. 2019. World population statistics. Disponible en: <https://population.un.org/wpp/> [Acceso: 23 septiembre 2020]
- UNITED NATIONS. 2023. World population prospects 2022: Summary of results. Disponible en: https://reliefweb.int/report/world/world-population-prospects-2022-summary-results?gad_
- VAN VLIET, J. 2019. Direct and indirect loss of natural area from urban expansion. *Nat. Sustain.* 2: 755-763.
<https://doi.org/10.1038/s41893-019-0340-0>