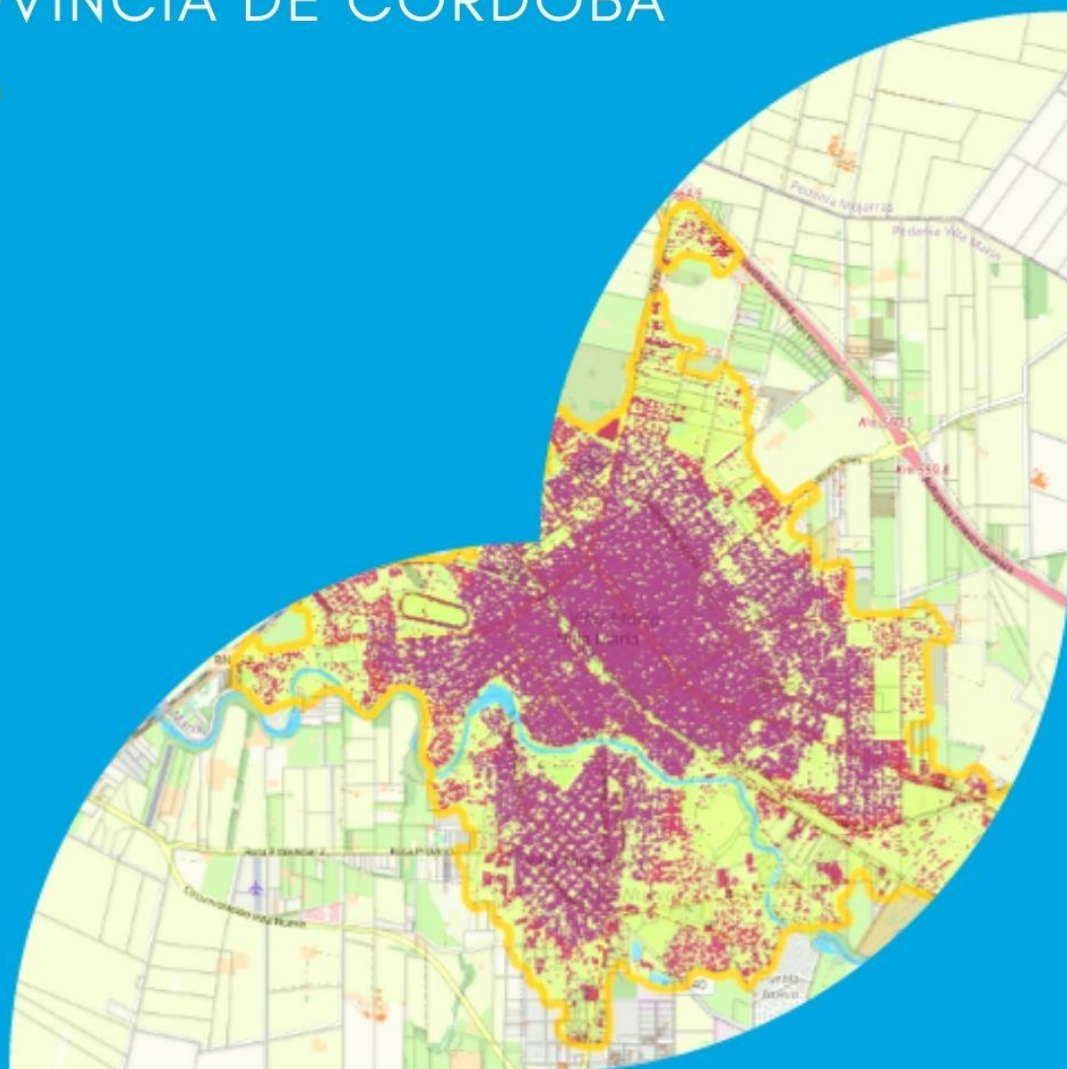




I N F O R M E

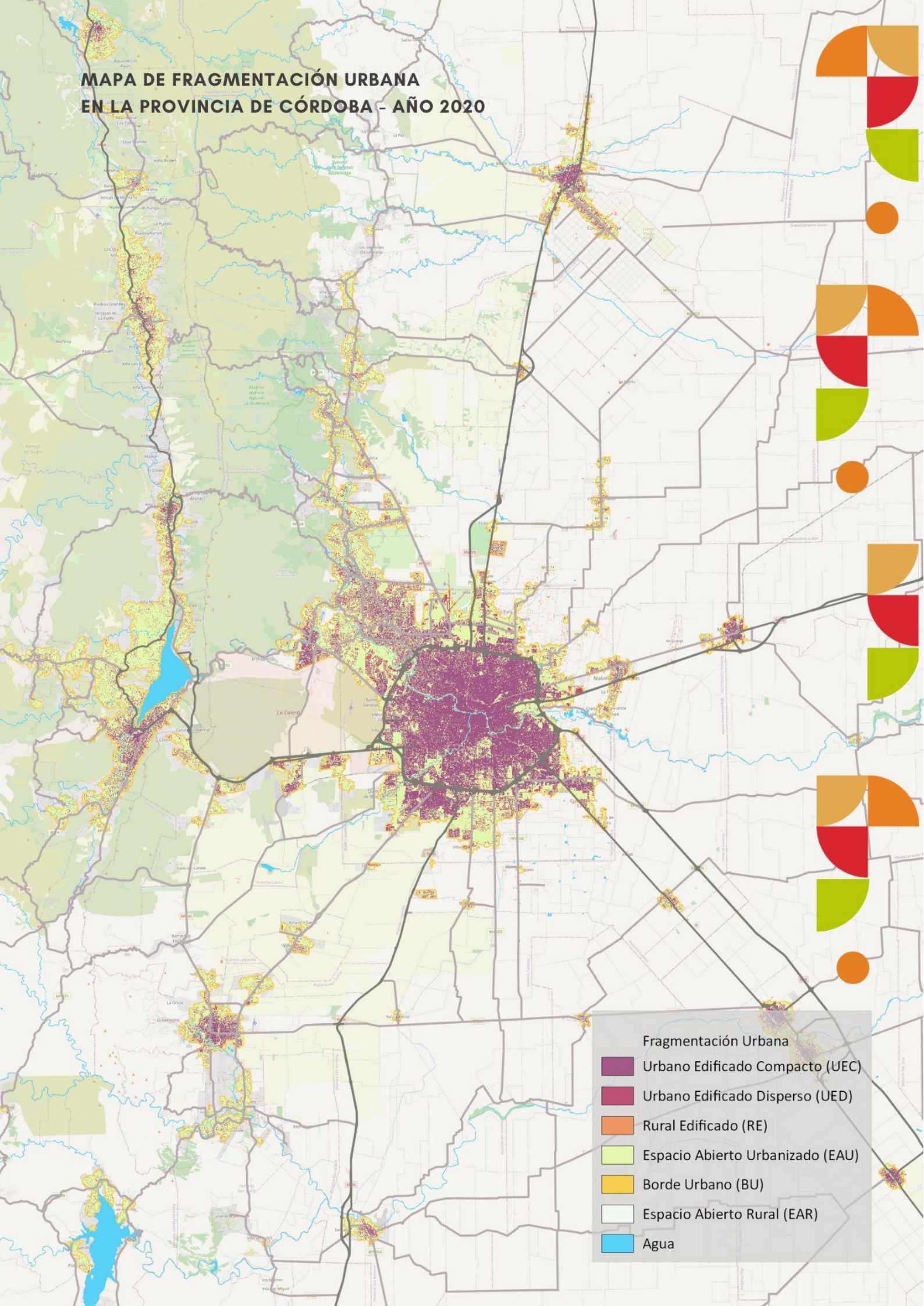
FRAGMENTACIÓN URBANA

EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA
AÑO 2020



OCTUBRE 2022

MAPA DE FRAGMENTACIÓN URBANA EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA - AÑO 2020



Fragmentación Urbana

- Urbano Edificado Compacto (UEC)
- Urbano Edificado Disperso (UED)
- Rural Edificado (RE)
- Espacio Abierto Urbanizado (EAU)
- Borde Urbano (BU)
- Espacio Abierto Rural (EAR)
- Agua

Organismos participantes

Desarrollo

IDECOR (Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba)

Organismos participantes

Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, UNC

CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

Versión y Licencia

- MAPA DE FRAGMENTACIÓN URBANA EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA 2020. Está distribuido bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional. Libre para compartir, distribuir, copiar y adaptar.



- Citar como: Mapa de Fragmentación Urbana en la Provincia de Córdoba, 2020. IDECOR, Gobierno de la Provincia de Córdoba, octubre 2022.

Aviso de uso

Los datos desarrollados en el marco del presente trabajo fueron producidos para servir de base a estudios inmobiliarios y de dinámicas urbanas y territoriales, a escala local y regional. Ello, sin perjuicio que las características técnicas de los resultados posibiliten diversos usos científicos y técnicos, quedando éstos a criterio y responsabilidad de los usuarios.

El equipo técnico se desliga de cualquier uso indebido que pueda realizarse de los mapas y datos desarrollados fuera del ámbito para el cual fueron diseñados y/o sus características técnicas posibilitan.

Equipo de trabajo

- Mario Piumetto. Director Centro de Estudios Territoriales (CET), Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, UNC
- Hernán Morales, Responsable Técnico IDECOR
- Ezequiel Pozzi, asistencia técnica y desarrollo de datos IDECOR
- Leonardo Sandon, desarrollo de datos CET-UNC
- Virginia Monayar. Investigadora Asistente CONICET, Instituto de Investigación de Vivienda y Hábitat (INVIHAB), Instituto de Humanidades (IDH-UNC-CONICET)
- Luz Fuentes, apoyo metodológico IDECOR
- Tomás Nasjleti, apoyo metodológico IDECOR
- Gino Mosconi, apoyo metodológico IDECOR
- Mara Rojas, asistencia técnica y desarrollo de datos

Contenido

1. Resumen Ejecutivo.....	5
2. Antecedentes	6
3. Metodología.....	7
3.1. Elaboración de mosaico satelital y clasificación de base	7
3.2. Análisis de entorno y clasificación genérica.....	9
3.3. Determinación del Borde Urbano	11
3.4. Determinación de las categorías de fragmentación	11
4. Resultados obtenidos	13
5. Consideraciones finales	17
6. Referencias bibliográficas	18

1. Resumen Ejecutivo

El presente informe detalla los resultados obtenidos y la metodología aplicada en el desarrollo del [Mapa de Fragmentación Urbana](#) en la provincia de Córdoba, a partir del uso de imágenes satelitales entre el 1 de diciembre de 2019 y el 30 de abril de 2020.

La fragmentación urbana analiza y mide, bajo una mirada físico-espacial, las **formas de crecimiento y consolidación de una ciudad**, que se expresan a través de rupturas o discontinuidades en la trama urbana e insularidades. Por ejemplo, en los últimos 50 años el crecimiento de la ciudad de Córdoba ha variado desde un modelo urbano de crecimiento radial concéntrico (Municipalidad de Córdoba, 1973) hacia un modelo de ciudad fragmentada (Borsdorf, 2003), con discontinuidades en la trama urbana propias de un proceso de fragmentación que caracteriza a muchas ciudades latinoamericanas.

La metodología desarrollada (basada en Angel Shlomo et al, 2010) permite definir un “**borde urbano**” y, a partir de éste, determinar el área real de pueblos y ciudades, dividida en distintas categorías de consolidación y grado de conectividad o fragmentación. Para el caso de la provincia de Córdoba, se calculó una **superficie urbana total de 185.830 ha**, dividida en las siguientes clases: Urbano Edificado Compacto-UEC (23,8%), Urbano Edificado Disperso-UED (17,4%) y Espacio Abierto Urbanizado-EAU (58.8%).

Este trabajo forma parte del conjunto de estudios y mapeos¹ que fueron impulsados y se utilizaron inicialmente, en los estudios de mercado de suelo, que la provincia de Córdoba lleva adelante anualmente desde 2018. El uso de estos datos ha contribuido a mejoras importantes en los resultados alcanzados, los que además se encuentran disponibles en [MapasCórdoba](#).

El presente estudio tuvo versiones preliminares². La versión que ahora se publica utiliza datos más actualizados (2020) e introduce mejoras sustanciales en la clasificación de las imágenes, base de los análisis posteriores y de los resultados obtenidos.

La disponibilidad de un Mapa de Fragmentación Urbana en la provincia de Córdoba es, así mismo, una **herramienta para el estudio y seguimiento de los procesos de consolidación y expansión urbana de las localidades de la provincia**, información valiosa para la planificación, gestión y formulación de políticas públicas.

¹ En el conjunto de estudios realizados se pueden citar, además, el Mapa de Cobertura y Uso del Suelo en sus dos versiones ([2017/2018](#) y [2020/2021](#)), el mapeo de estructura urbana realizado a partir de datos catastrales ([Tierra urbana vacante](#) y [Ocupación del suelo Urbano](#)), entre otros.

² Las versiones presentadas y publicadas oportunamente fueron reemplazadas por el nuevo producto.

2. Antecedentes

El mapa de fragmentación para la provincia de Córdoba se basa en la metodología diseñada por [Angel et al \(2010\)](#), en el marco de la iniciativa mundial [Atlas de la Expansión Urbana](#) (The New York University, Urban Expansion Program). El autor define que la métrica de la fragmentación puede establecerse a través de la **relación espacial de espacios abiertos edificados y espacios libres**. En el estudio mencionado, la definición de los diferentes espacios se realiza a partir de imágenes satelitales Landsat, de resolución media, y se desarrolla sobre una muestra global de 200 ciudades (de más de 100 mil habitantes).

El Atlas de la Expansión Urbana se continúa actualizando a fin de analizar el desempeño de las métricas e identificar tendencias en la implementación de políticas urbanas y habitacionales; observar y comprender la morfología urbana y sus transformaciones (cobertura del área, densidad, fragmentación, compacidad, proyecciones de crecimiento de las manchas urbanas; dar cuenta de la expansión urbana global y su relación, por ejemplo, con tierras cultivables); entre otros aspectos.

Lanfranchi et al (2018) estudian la expansión y características de los grandes aglomerados urbanos de Argentina como base para el análisis del impacto y proyección de políticas públicas y territoriales. A partir de ese estudio, señalan que *“... la forma en que crecen las ciudades es una condición elemental para la inclusión social, la sostenibilidad ambiental, el buen estado de las finanzas públicas y la economía urbana”*.

Si bien la ciudad de Córdoba forma parte de las 200 ciudades del estudio a nivel mundial (Angel et al, 2010), la información corresponde al año 2014 y sólo se dispone para la capital provincial; por lo que en el marco de las investigaciones llevadas adelante por IDECOR, junto con el CONICET y la Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, se realizó una adaptación metodológica para ejecutar el estudio en todas las localidades de la provincia. Una primera etapa se llevó adelante en 2018, cuando se desarrolló una versión inicial de este estudio, usando imágenes de mayor resolución (Sentinel 2, de 10 m), de fechas actualizadas e incorporando el uso de herramientas de acceso libre ([Google Earth Engine](#)) y de código abierto (QGIS). Posteriormente, en 2019 se profundizó el estudio presentando una segunda versión, la cual fue publicada en el portal de IDECOR (2019a; 2019b y 2019c), así como en eventos académicos (Piumetto et al 2019), y con repercusiones en notas periodísticas (La voz del Interior, 2019).

Las versiones preliminares presentaron algunos desafíos con potencial de mejora, sobre todo en la identificación de píxeles construidos en coberturas con respuestas espectrales similares (por ejemplo, techos con tejas respecto de suelo desnudo, otras zonas de suelo desnudo con predominancia de arena respecto de coberturas de pavimento, superficies con grandes proporciones de sal o salitre, entre otros). En este contexto, se trabajó fuertemente en mejorar la

clasificación de base, lo que resultó en una determinación más precisa de las categorías y su cuantificación, del estudio referido en toda la provincia.

Los productos mencionados fueron reemplazados en el portal [MapasCórdoba](#) por el Mapa de Fragmentación Urbana 2020 (versión publicada en 2022), que refleja las mejoras introducidas y cuyos alcances se describen en el presente informe.

3. Metodología

3.1. Elaboración de mosaico satelital y clasificación de base

Como primer paso, se confeccionó un mosaico de imágenes satelitales para ejecutar una clasificación que permitiera identificar píxeles correspondientes a áreas construidas y lograr así, como primer producto, una capa ráster con las categorías construido/no-construido.

Sobre la plataforma Google Earth Engine-GEE, se procesó una **serie temporal (colección) de 819 imágenes Sentinel 2 (entre el 1 de diciembre de 2019 y el 30 de abril de 2020)** con un porcentaje de nubosidad menor al 2%. Para cada una de las imágenes de la colección se procedió al cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y en base a este índice se realizó un mosaico de imágenes satelitales mediante la técnica de Quality Mosaic (Schmitt et al., 2019), que permite seleccionar los valores para cada banda tomando la imagen con mayor valor de NDVI (Imagen 1).



Imagen 1. Ejemplo de mosaico de imágenes satelitales Sentinel 2, elaborado utilizando la técnica de Quality Mosaic. El sector corresponde al área entre Córdoba Capital (a la derecha) y Villa Carlos Paz (izquierda). Fuente: Elaboración propia.

Sobre el mosaico obtenido se calcularon los siguientes índices:

- Normalized Difference Build-up Index NDBI (He et al., 2010).
- Urban Index - UI (Kawamura et al., 1996).
- Biophysical Composition Index - BCI (Zha et al., 2003).
- Ratio Normalized Difference Soil Index - RNDISI (Deng C., et al., 2014).
- Normalized Difference Water Index - NDWI (Gao,1996).

- Modified Normalized Difference Water Index - MNDWI (McFeeters, 1996).
- Enhanced Normalized Difference Impervious Surfaces Index - ENDISI (Chen et al, 2019).

Estos índices se sumaron como bandas al mosaico obtenido previamente y sobre este producto se aplicaron técnicas de clasificación no supervisada que permitieron obtener **4 (cuatro) categorías primarias: construido, vegetación, agua y suelo desnudo**.

Adicionalmente fue necesario utilizar máscaras para resolver situaciones particulares donde el suelo desnudo y otras coberturas vinculadas, por ejemplo, a la explotación de canteras, silos para almacenamiento agrícola, bordes de zonas anegables, entre otras, se confunden con el suelo construido. Las mismas fueron digitalizadas previamente utilizándose algunas fuentes como soporte temático, tales como el mapa de Cobertura y Uso del Suelo de la Provincia de Córdoba 2020-2021³ (principalmente las categorías de roca, suelo desnudo, salinas y zonas anegables) y OpenStreetMap (zonas de canteras, extracción de áridos, ladrilleras, entre otros).

Finalmente, en zonas con predominancia de techos cubiertos de tejas, se utilizó el índice Color Invariant (Ghandour et al, 2018) para la incorporación de éstos a la cobertura de píxeles construidos.

La clasificación final corresponde a un proceso de recategorización en el que las coberturas de agua, vegetación y suelo desnudo se combinan en una única clase que se denominó “no construido”, de modo que el **producto resultante tiene dos valores: 0 (no construido) y 1 (construido) (Imagen 2)**. Estas dos categorías constituyen la base de todos los análisis posteriores.

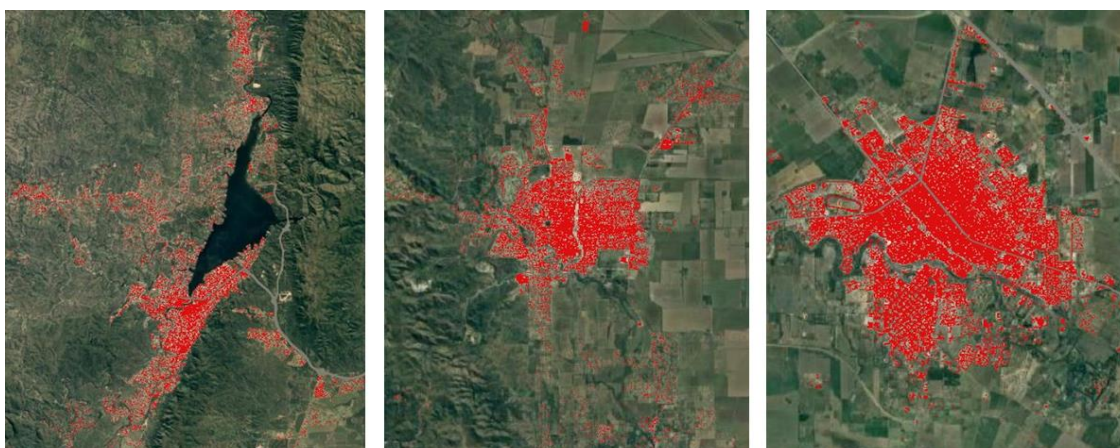


Imagen 2. Ejemplo de clasificación donde el color rojo corresponde a píxeles construidos. La imagen de la izquierda corresponde al Valle de Punilla, la del centro a la localidad de Alta Gracia y a la derecha, el aglomerado Villa María-Villa Nueva.

Fuente: Elaboración propia.

³ El [Mapa de Cobertura y Uso de Suelo 2020-2021](#) ha sido publicado en junio de 2022. Se recomienda consultar el [Informe Técnico](#) para conocer la metodología y fuentes utilizadas.

3.2. Análisis de entorno y clasificación genérica

En base a la clasificación construido/no-construido de toda la provincia se procedió a realizar un **análisis de entorno (Kernel circular) para cada píxel, según el vecindario de un 1 km²**, que corresponde a un radio de 586 m (Angel et al, 2010).

El resultado de este algoritmo es una capa raster donde cada píxel contiene el promedio de píxeles construidos en el vecindario definido, de 1 km². Así, el análisis de entorno permite conocer la proporción de píxeles en condición de construido dentro del área de 1 km², de modo que un valor de 1, significa que el 100% de los píxeles en ese entorno son construidos y un valor de 0.4, por ejemplo, indica que un 40% de los píxeles son construidos (Imagen 3).



Imagen 3. Ejemplo de análisis de entorno. A la izquierda la clasificación obtenida de píxeles construidos/no-construidos; al centro la definición del entorno y a la derecha el valor promedio del entorno, para cada píxel.

Es importante aclarar que lo que se cuantifica es el píxel identificado como construido, en un determinado entorno; no se refiere al uso del suelo que dicho espacio edificado está representando. Por su parte, también se consideran como construidos, los píxeles correspondientes a la infraestructura vial pavimentada, siguiendo la metodología de base (Angel et al 2010); sin embargo, se espera en futuras versiones, precisar estos rasgos con otro nivel de detalle.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas, este análisis permite establecer una categorización primaria o general donde se entiende la fragmentación como la participación relativa del espacio abierto en el paisaje urbano próximo (Piumetto et al, 2019); de modo que, a partir de los valores promedio de píxeles en el entorno, **se clasifica el territorio en: núcleo, suburbano, disperso y rural** (Tabla 1, Imagen 4).

Tabla 1. Clasificación primaria en función del análisis de entorno. Fuente: Elaboración propia, en base a Angel et al (2010).

Valores	Categorías	Alcances
0,50 - 1,00	Núcleo	Presenta mayor compacidad entre espacios construidos. Suele corresponder al primer desarrollo de la ciudad.
0,10 - 0,50	Suburbano	Presenta espacios en un proceso creciente de conexión. Dependiendo la localidad, suele representar una superficie mayor a la categoría Núcleo.
0,00 - 0,10	Disperso	Menor densidad y conexión de los espacios construidos. Refiere a superficies con menor compacidad entre espacios construidos respecto de las categorías anteriores.
0	Rural	Representa al espacio abierto, sin espacios construidos, ya sea con actividad rural o en estado natural.

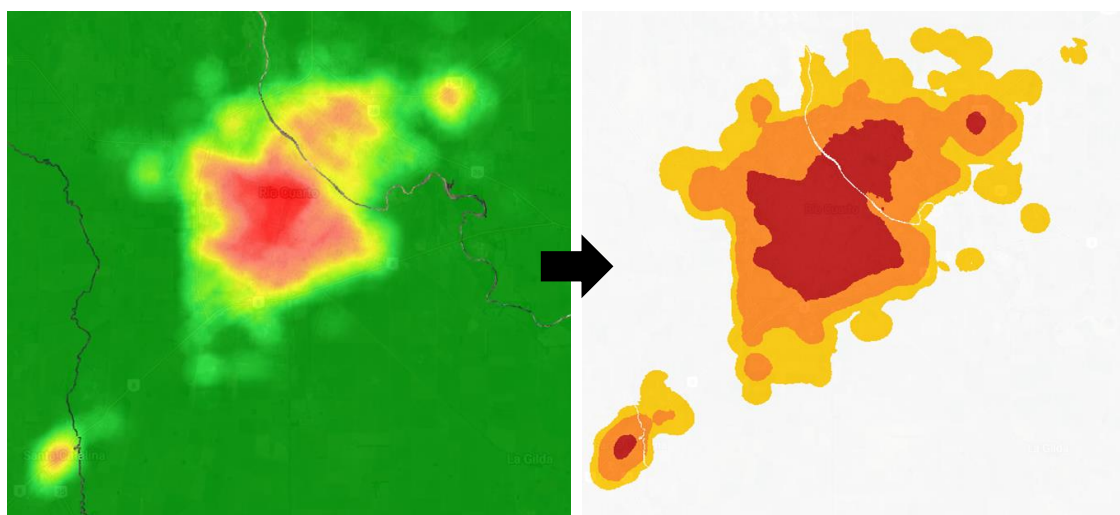


Imagen 4. A la izquierda, el valor promedio de su entorno para cada píxel; a la derecha, la clasificación obtenida, donde el color rojo-oscuro corresponde al núcleo, el naranja a la categoría suburbana y la amarilla a la denominada dispersa. La zona ejemplificada corresponde a la ciudad de Río Cuarto y sus alrededores. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Determinación del Borde Urbano

Definir el límite que separa el espacio urbano del rural (coloquialmente indicado como “mancha urbana”) es un desafío común cuando se estudia el territorio, de significativo valor en la gestión de diversas políticas públicas vinculadas al territorio. Es frecuente que se dedique mucho tiempo a la digitalización de dichos bordes, ejecutando procesos manuales que permiten obtener polígonos que luego se encuentran en un proceso constante de ajuste, puesto que el criterio para definirlos varía según la formación, el enfoque y/o la experiencia del profesional interviniente.

En este sentido, y siguiendo la metodología de Angel et al (2010), en el presente estudio se **determinan los “bordes urbanos” como la franja de 100 m que rodea los píxeles identificados como construidos dentro de las categorías núcleo y suburbano**, definidas en la categorización primaria o general antes descrita (Imagen 5).

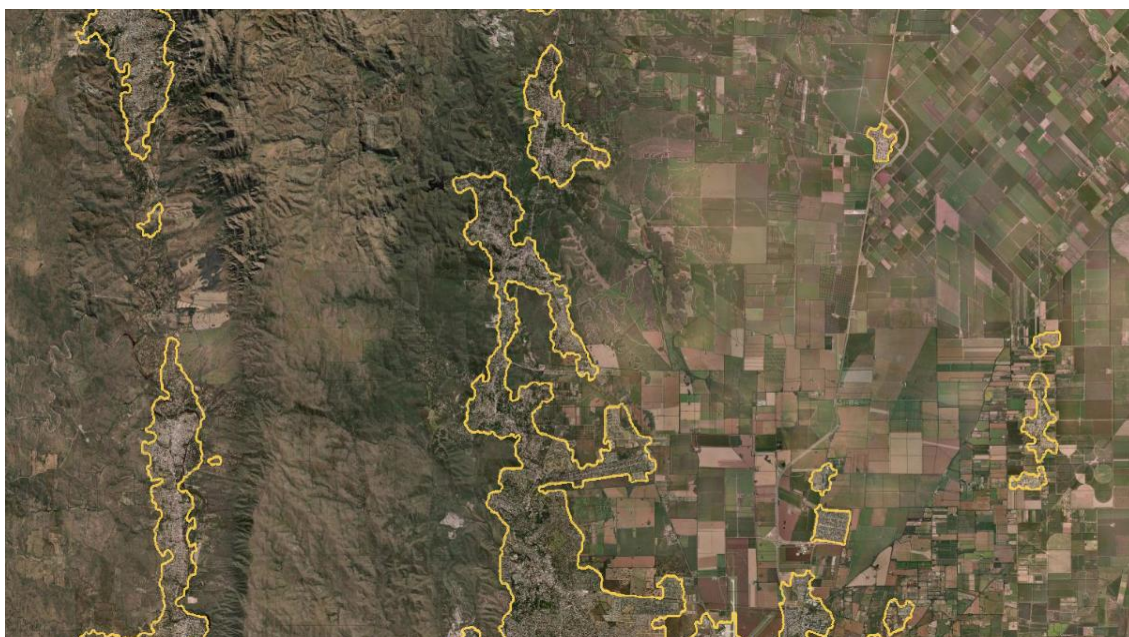


Imagen 5. Delimitación de bordes urbanos. En la zona ejemplificada se observa la ciudad de Cosquín (a la izquierda), el corredor de Sierras Chicas (al centro) y las localidades de Juárez Celman y Colonia Tirolesa (a la derecha). Fuente: Elaboración propia.

Este proceso permite aplicar el **mismo criterio para todas las localidades, automatizando el cálculo** y agregando la posibilidad de medir la variación del borde a través del tiempo, de una manera sostenible y objetiva.

3.4. Determinación de las categorías de fragmentación

Siguiendo la metodología propuesta por Ángel et al (2010) se realiza una clasificación del territorio utilizando el producto de píxeles construidos/no-construidos, la categorización primaria anterior y el borde urbano, a partir de

los cuales se definen 6 categorías particulares, según el siguiente detalle (Imagen 6):

- **Urbano Edificado Compacto (UEC):** píxeles edificados rodeados del 50% o más de píxeles con su misma condición, en un entorno circular de 1 km² (586 m de radio).
- **Urbano Edificado Disperso (UED):** píxeles edificados rodeados entre 10 y 50 % de píxeles con su misma condición, en un entorno circular de 1 km² (586 m de radio).
- **Borde Urbano (BU):** franja de 100 m que rodea a los píxeles identificados como UEC y UED.
- **Espacio Abierto Urbanizado (EAU):** píxeles no construidos que se encuentran dentro del área encerrada por el borde urbano (BU).
- **Rural Edificado (RE):** píxeles construidos rodeados por menos del 10 % de píxeles edificados en un entorno circular de 1 km²; y fuera del BU.
- **Espacio Abierto Rural (EAR):** píxeles no construidos ubicados fuera del área encerrada por el BU.
- **Agua:** píxeles correspondientes a cobertura de agua, sin distinción de su ubicación respecto del BU.

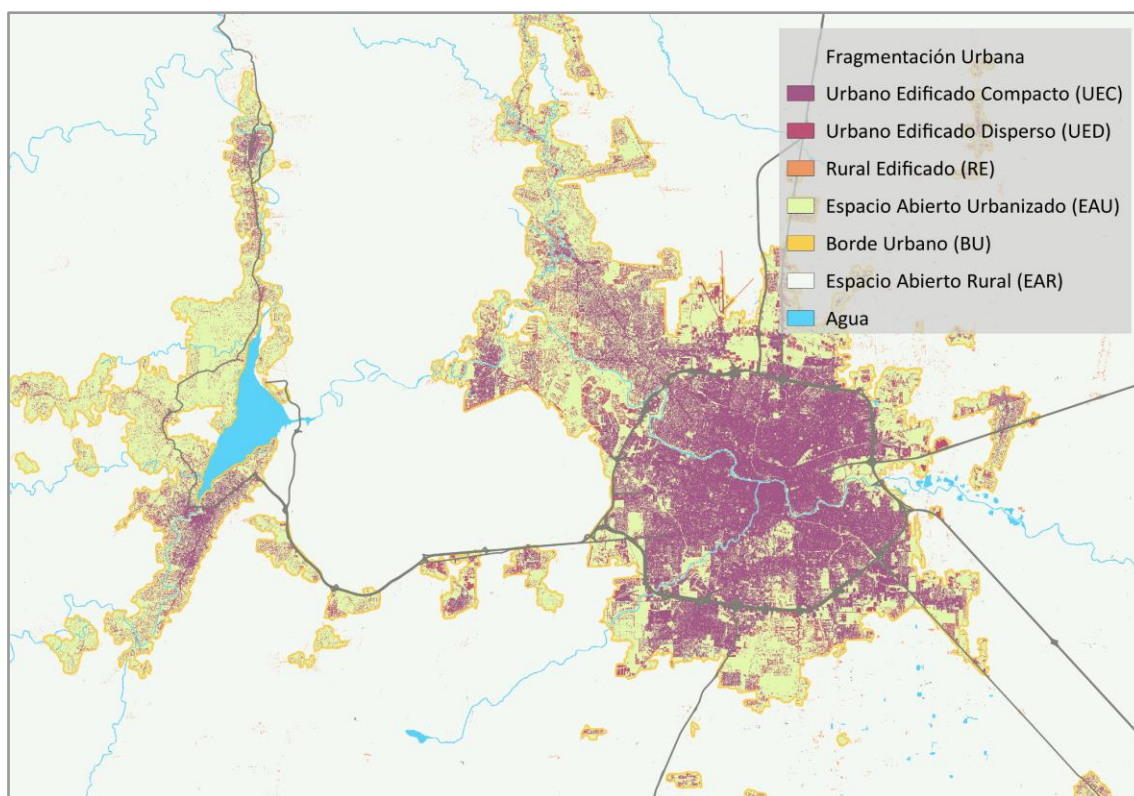


Imagen 6. Mapa de Fragmentación Urbana en la Provincia de Córdoba 2020. La zona ejemplificada corresponde al centro de la provincia, donde se observa la ciudad de Córdoba, el corredor de Sierras Chicas, la localidad de Malagueño y parte del Valle de Punilla. Fuente: Elaboración propia.



4. Resultados obtenidos

A partir de los resultados por localidad es posible, por ejemplo, elaborar un resumen por Departamentos de la provincia (Gráfico 1 y Tabla 2). En el Departamento Capital, el área urbana (superficie encerrada por el BU) abarca más de 60% del total de la superficie, siendo claramente superior respecto del resto de los departamentos. Si no se tiene en cuenta este último, la media provincial de la superficie urbana es del 1.17%. Departamentos como Punilla, Colón y Santa María triplican la media provincial y muestran cómo las características y tendencias observadas en la capital se extienden al Gran Córdoba.

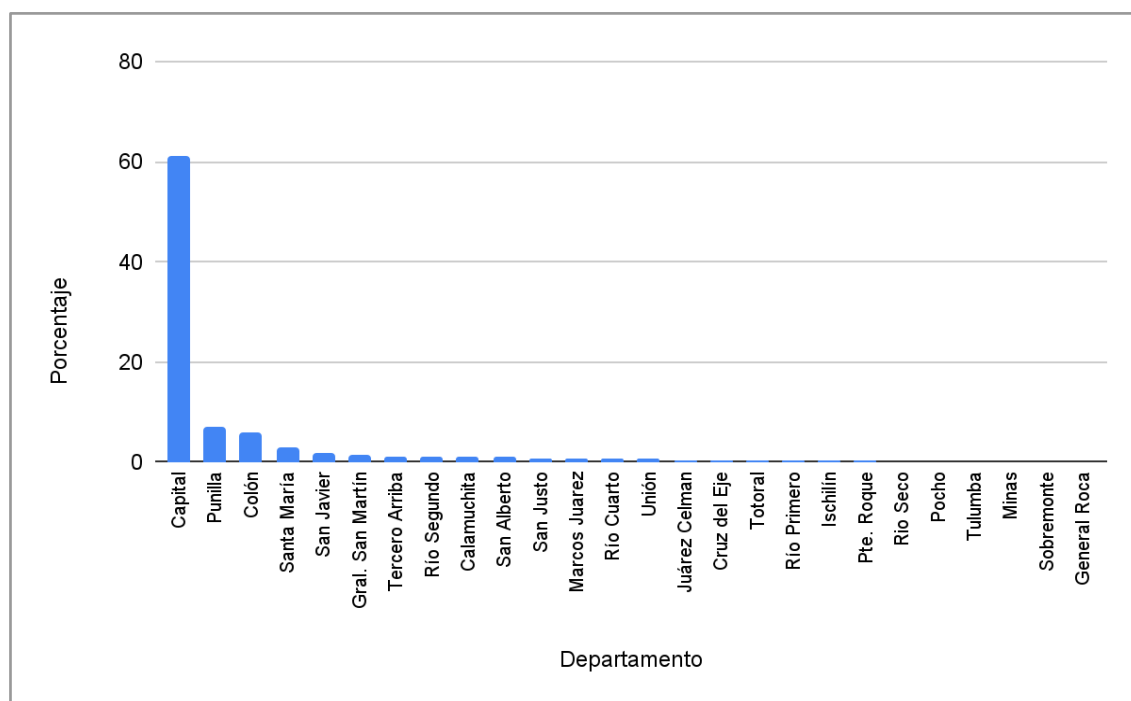


Gráfico 1. Porcentaje de superficie urbana por departamento. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Porcentaje de superficie urbana por departamento. Fuente: Elaboración propia.

Departamento	Sup. del Depto. (ha)	%
Capital	57.600	61,18
Punilla	250.165	6,93
Colón	236.822	5,88
Santa María	322.789	2,97
San Javier	154.805	1,94
Gral. San Martín	498.959	1,43
Tercero Arriba	513.577	1,27
Río Segundo	515.546	1,15



Calamuchita	476.617	1,10
San Alberto	338.951	0,99
San Justo	1.554.986	0,72
Marcos Juárez	919.718	0,70
Río Cuarto	1.856.544	0,68
Unión	1.089.021	0,58
Juárez Celman	792.864	0,55
Cruz del Eje	658.946	0,45
Totoral	305.067	0,43
Río Primero	672.958	0,36
Ischilín	504.406	0,35
Pte. Roque Sáenz Peña	823.698	0,34
Rio Seco	706.956	0,11
Pocho	306.345	0,10
Tulumba	961.064	0,10
Minas	357.603	0,07
Sobremonte	323.936	0,05
General Roca	1.271.146	0,01

Un análisis con relación a los radios municipales vigentes, permite determinar para cada localidad la proporción y características del área urbana efectiva respecto a los límites administrativos. La Tabla 3 presenta los resultados de este análisis para las 4 principales localidades de la provincia. Es notorio que el porcentaje ocupado por la categoría de Urbano Edificado Compacto (UEC) es muy superior a la categoría de Urbano Edificado Disperso (UED), lo que permite identificar zonas con compacidad predominante; sin embargo, la categoría correspondiente a Espacio Abierto Urbanizado (EAU) muestra una superficie importante de espacios abiertos contenidos dentro del borde urbano, correspondientes con dinámicas de periurbanización (Imagen 7).

Tabla 3. Distribución porcentual de las categorías de fragmentación urbana para las localidades seleccionadas. El área urbana corresponde a la sumatoria de las áreas UEC, UED, EAU y BU. Fuente: Elaboración propia

Ciudad / Aglomerado	Superficie Radio (ha)	UEC	UED	RE	EAU	BU	EAR	AGUA	Área Urbana
Córdoba	57.600	26,85%	4,78%	0,26%	26,09%	3,47%	37,78%	0,75%	61,18%
Río Cuarto	26.141	7,58%	2,88%	0,21%	10,27%	1,89%	76,43%	0,70%	22,62%
San Francisco	8.500	10,31%	4,13%	0,18%	10,83%	4,24%	70,22%	0,03%	29,51%
Villa María-Villa Nueva	13.606	11,26%	3,94%	0,24%	15,64%	4,20%	63,80%	0,83%	35,04%

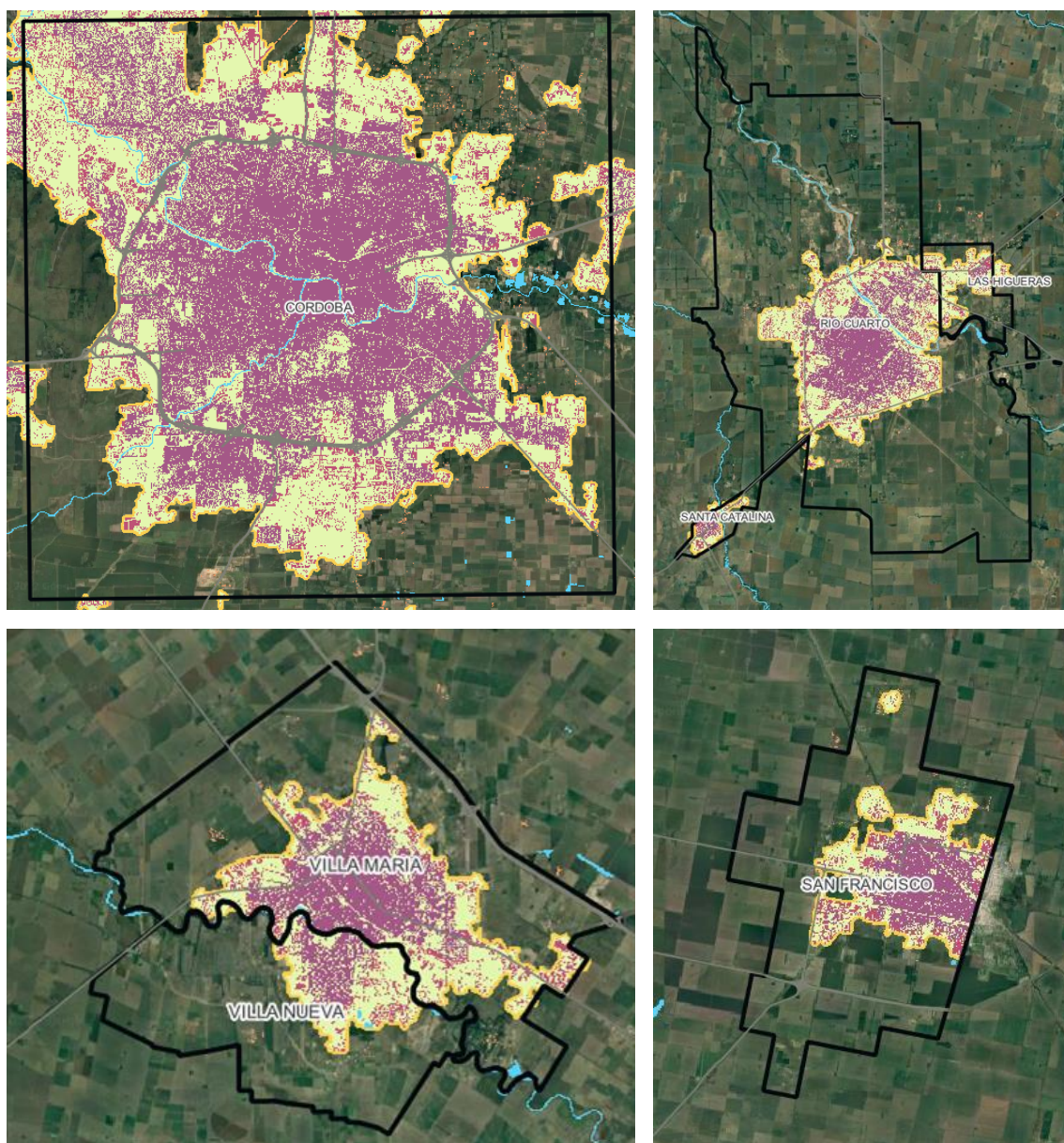


Imagen 7. Fragmentación urbana y radio municipal en las localidades de Córdoba, Río Cuarto, Villa María y San Francisco. Fuente: Elaboración propia.

En las localidades de llanura y menor tamaño no se observa la situación analizada en las principales ciudades de la provincia; en estos casos, la trama urbana está definida sin extensiones dispersas de la mancha urbana (Imagen 8). Por su parte, en localidades serranas-turísticas se observa mayor fragmentación, dispersión e incluso la existencia de “islas”, tanto en las localidades del valle de Punilla, Traslasierra, Calamuchita y Paravachasca (Imagen 9).



Imagen 8. Fragmentación urbana en la zona de llanura. Localidades de Bell Ville, Oncativo, Marcos Juárez y Arroyito. Fuente: Elaboración Propia.

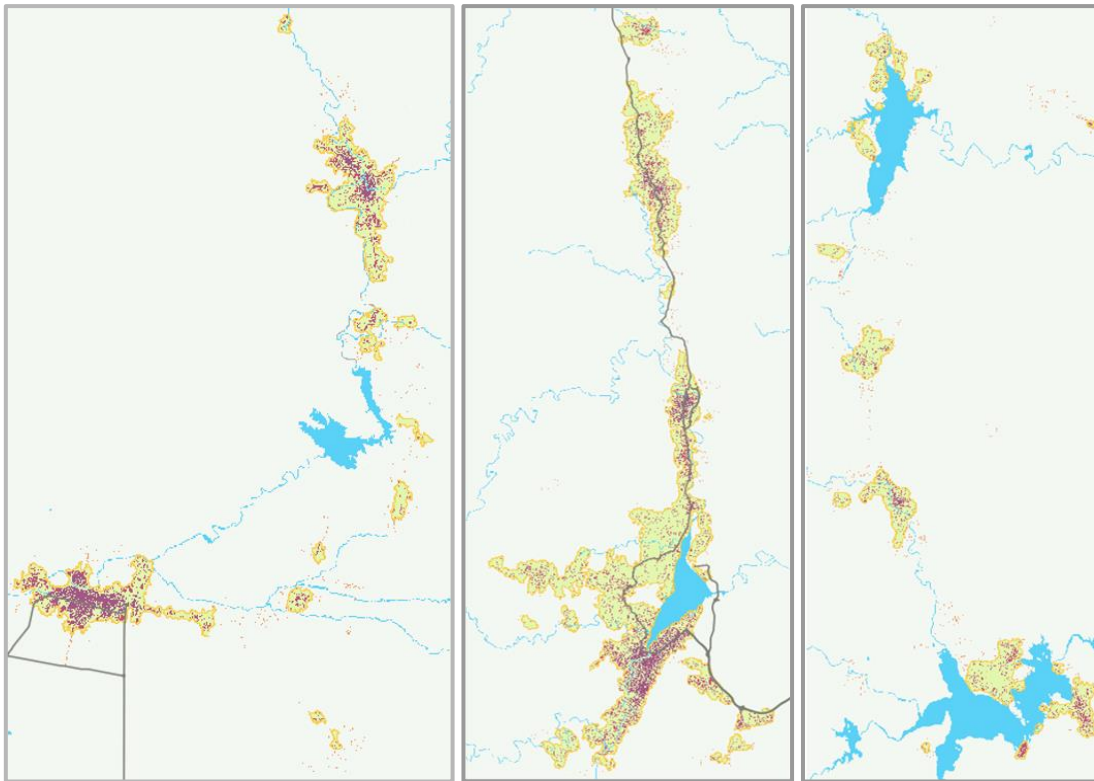


Imagen 9. Fragmentación urbana en la zona turística de la provincia. De izquierda a derecha: valles de Traslasierra, Punilla y Calamuchita. Fuente: Elaboración propia.

5. Consideraciones finales

Una fortaleza de la presente herramienta desarrollada es la **oportunidad del monitoreo del crecimiento de las ciudades**. Categorías como Espacio Abierto Urbanizado (EAU) o Rural Edificado (RE) por ejemplo, evidencian transformaciones más marcadas. Su incorporación paulatina al Borde Urbano (BU), por su parte, señala procesos de periurbanización, áreas de transición rural-urbana, usos turísticos o residenciales de baja densidad, entre otros.

Así mismo, disponer de variables urbanas cuantitativas, elaboradas bajo un mismo marco metodológico y temporal, y a nivel de toda la provincia, posibilita el **desarrollo de otros estudios y modelos más complejos**, como crecimiento de ciudades, dinámica de los mercados de suelo, entre otros.

La metodología implementada verifica un mejor ajuste en localidades de llanura en relación a aquellas serranas, en las que los bordes urbanos son más difusos en el sentido de la dispersión de la edificación, tamaños de lotes y características de la trama urbana en cada caso.

El análisis y los resultados alcanzados son un **aporte significativo en el abordaje a escala regional y metropolitana**. Sin embargo, una lectura a nivel de intra-localidad puede presentar limitaciones. En estos casos se estima necesario realizar estudios específicos con imágenes de mayor resolución y tener en cuenta particularidades de cada caso u objetivos específicos, de corresponder.

6. Referencias bibliográficas

Angel, S.; Parent, J. y Civco, D.L. (2010). *The Fragmentation of Urban Footprints: Global Evidence of Sprawl, 1990-2000*. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper.

Borsdorf, A. (2014). Hacia la ciudad fragmentada: tempranas estructuras segregadas en la ciudad latinoamericana. *Scripta Nova: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*, ISSN 1138-9788, Nº. 7, 146, 2003.

Chen, J.; Yang, K.; Chen, S.; Yang, C.; Zhang, S. & He, L. (2019). Enhanced normalized difference index for impervious surface area estimation at the plateau basin scale, *Journal of Applied Remote Sensing*, Vol. 13 Issue 01, p. 1.

Deng, C. y Wu, C. (2012). BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments. En *Remote Sensing of Environment*. 127. 247-259. 10.1016/j.rse.2012.09.009.

Gao, B. C. (1996). NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. En *Remote sensing of environment*, 58(3), 257-266.

Ghandour, Ali & Gizzini, Abdul Karim. (2018). Autonomous Building Detection Using Edge Properties and Image Color Invariants. *Buildings*. 8. 65. 10.3390/buildings8050065.

He, C.; Shi, P.; Xie, D. y Zhao, Y. (2010). Improving the normalized difference built-up index to map urban built-up areas using a semiautomatic segmentation approach, en *Remote Sensing Letters*, 1:4, 213-221, DOI: 10.1080/01431161.2010.481681.

Kawamura, M., Jayamana. S., y Tsujiko, Y. (1996). Relation between Social and Environmental Conditions in Colombo Sri Lanka and the Urban Index Estimated By Satellite Remote Sensing Data. *International Archieve of Photogrammetry and Remote Sensing*. 1996. 31 (B7) 321-326.

Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba (IDECOR) (2019a). *Mapa de Fragmentación Urbana: nuevos datos e indicadores* disponible en: <https://www.idecor.gob.ar/mapa-de-fragmentacion-urbana-nuevos-datos-e-indicadores/>

Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba (IDECOR) (2019b). *La diferencia está en la fragmentación: conocé la estructura de las ciudades de Córdoba* disponible en:

<https://www.idecor.gob.ar/la-diferencia-esta-en-la-fragmentacion-conoce-la-estructura-de-las-ciudades-de-cordoba/>

Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia de Córdoba (IDECOR) (2019c). *5 datos e indicadores urbanos clave* disponible en:

<https://www.idecor.gob.ar/5-datos-e-indicadores-urbanos-clave/>

La Voz del Interior (2019). 45% de la mancha urbana en Córdoba está sin edificar. Disponible en:

<https://servicios.lavoz.com.ar/auth/login/?loginwall=true&continue=https://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/45-de-mancha-urbana-en-cordoba-esta-sin-edificar/>

Lanfranchi, G., Duarte, J. I., y Granero Realini, G. (2018). La expansión de los Grandes Aglomerados Urbanos argentinos. Documento de Políticas Públicas/Recomendación N°197. Buenos Aires: CIPPEC.

McFeeters. S.K. (1996) The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17:7, 1425-1432, DOI: 10.1080/01431169608948714.

Piumetto, M.; Carranza, J.P.; Morales, H.; Rojas, M. (2019). *La estructura urbana de las ciudades de Córdoba desde la perspectiva de la fragmentación espacial. Construcción metodológica y aplicación en políticas territoriales*. Ponencia presentada en el IV Congreso Latinoamericano de Estudios Urbanos “Transformaciones Metropolitanas en América Latina. La investigación frente a nuevos escenarios”, organizado por la URBARED. Buenos Aires, Argentina.

Schmitt, M., Hughes, L., Qiu, C., & Zhu, X. X. (2019). Aggregating cloud-free Sentinel-2 images with Google earth engine. PIA19: Photogrammetric Image Analysis, 145-152.

Zha, Y., Gao, J., and Ni, S. Use of Normalized Difference Built-Up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2003. 24; 583-594.





**Ministerio de
FINANZAS**



CÓRDOBA
entre todos

 mapascordoba.gob.ar  idecor.gob.ar

 idecore@cba.gov.ar