



Análisis de los tipos de crecimiento urbano en ciudades intermedias mediante el uso de herramientas Geotecnológicas: el caso de la ciudad de Presidencia Roque Sáenz Peña (Chaco, Argentina)

Analysis of urban growth types in intermediate-sized cities using geotechnological tools: the case of Presidencia Roque Sáenz Peña (Chaco, Argentina)

Da Silva, Cristian J.¹ 

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - Universidad Nacional del Nordeste. Instituto de Investigación para el Desarrollo Territorial y del Hábitat Humano. Resistencia, Chaco. Argentina

cjdasilva@hum.unne.edu.ar

Blanco, Héctor D.² 

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas- Universidad Nacional del Nordeste. Instituto de Investigación para el Desarrollo Territorial y del Hábitat Humano. Resistencia, Chaco. Argentina. Universidad Nacional de Tres de Febrero. Programa de Estudios Posdoctorales. CABA. Argentina.

danielblancogeo@gmail.com

Recibido: 19/02/2026

Aceptado: 08/04/2026

RESUMEN

La urbanización es uno de los procesos más importantes a nivel territorial dado que transforma profundamente el espacio y la sociedad en conjunto. En este sentido, el crecimiento urbano representa una de las dimensiones de la urbanización que mayor impacto territorial genera, ocasionando cambios en la disposición y superficie de las coberturas terrestres. Este trabajo analiza los cambios en las coberturas de la tierra y los modos de crecimiento urbano en la ciudad de Presidencia Roque Sáenz Peña (Argentina), utilizando Sensores Remotos [SR] y Sistemas de Información Geográfica [SIG]. Los resultados muestran la dinámica temporal de los cambios en la superficie urbana, evidenciando la predominancia de modos de crecimiento disperso y periférico. Estos patrones espaciales permiten identificar áreas de expansión y consolidación urbana, proporcionando información valiosa para la planificación territorial y la gestión sostenible del crecimiento urbano en ciudades intermedias.

Palabras clave: Crecimiento Urbano; Modos de expansión urbana; Tecnologías de la Información Geográfica; Análisis Espacial; Métricas del Paisaje.

ABSTRACT

Urbanisation is a key territorial process that profoundly transforms both space and societal organisation. Urban growth constitutes one of the dimensions with the greatest territorial impact, inducing significant changes in the distribution and extent of land cover. This study examines changes in land cover and modes of urban growth in the city of Presidencia Roque Sáenz Peña (Argentina), employing Remote Sensing [RS] and Geographic Information Systems [GIS] for the processing and analysis of geospatial information. The results reveal the temporal dynamics of changes in the urban surface, highlighting the predominance of dispersed and peripheral growth patterns in the urban landscape. These spatial patterns enable the identification of areas of urban expansion and consolidation, providing valuable insights into territorial planning and

the sustainable management of urban growth in intermediate-sized cities.

Keywords: Urban Growth; Urban Growth Patterns; Geographic Information Technologies; Spatial Analysis; Landscape Metrics.

1. Introducción

En las últimas décadas, la urbanización a nivel global se ha incrementado y consolidado como uno de los factores que genera una mayor dinámica de cambios en las coberturas terrestres (Simkin et al., 2022). Según estimaciones globales, en 2018 aproximadamente un 55% de la población mundial vivía en ciudades, y se espera que para el 2050, el valor alcance un 68% (United Cities and Local Governments [UCLG], 2018), lo cual implicaría un incremento del área urbanizada en alrededor de 1,2 millones de km² para 2030 (Seto et al., 2012). En este panorama, las ciudades intermedias se consolidan como motores del crecimiento y de la reestructuración espacial de los sistemas urbanos, representando actualmente cerca del 20% de la población urbana mundial (United Cities and Local Governments [UCLG], 2018).

En Argentina, la urbanización sigue los lineamientos globales identificándose un 92% (para el año 2024) de población residente en áreas urbanas según estimaciones del Banco Mundial (World Bank Group, 2025). Si bien la mayor parte de la población reside en la zona central del país, en las últimas décadas, las provincias interiores (Chaco entre ellas) han adquirido un rol central en el proceso de urbanización, caracterizado por movimientos poblacionales desde las áreas rurales hacia los centros urbanos. En este proceso, las principales ciudades provinciales han sido importantes como centros neurálgicos de los movimientos poblacionales y de capitales, bajo un contexto nacional y regional que favoreció esta dinámica (Da Silva y Cardozo, 2018). Si bien, el área que aglutina la capital provincial y los municipios próximos han sido los principales actores, ciudades como Presidencia Roque Sáenz Peña, Juan José Castelli, Charata, Las Breñas, entre otras, adquirieron una dinámica que permitió consolidar el sistema urbano chaqueño y expandir el área urbana consolidada (Ramírez y Pértile, 2015). En este contexto, la ciudad de Presidencia Roque Sáenz Peña reviste particular interés por su condición de ciudad intermedia y su rol como nodo funcional en el centro del territorio chaqueño, concentrando población, actividades productivas y servicios, lo que ha favorecido un crecimiento urbano sostenido y una creciente presión sobre las coberturas no urbanas circundantes (López, 2025).

Es importante destacar que el crecimiento urbano de una ciudad es producto de la interacción de varios tipos de fuerzas que influyen en la morfología urbana (Ou et al., 2016), lo que hace necesario su cuantificación y caracterización. En este sentido, dicho crecimiento puede materializarse a través de distintos modos de expansión urbana, tales como el crecimiento por relleno (*infilling*), la expansión periférica (*edge-expansion*) y el crecimiento disperso aislado (*outlying isolated growth*), los cuales reflejan diferentes procesos morfológicos y dinámicas territoriales (Wilson et al., 2003; Camagni et al., 2002). En otros términos, conocer las dinámicas e impactos de la urbanización permite identificar sus patrones temporales y espaciales, y particularmente, los modos en los que se produce el crecimiento, dado que provee información de la morfología de la expansión, y en virtud de ello, permite la toma de decisiones basada en evidencia empírica (Ou et al., 2016).

Sin lugar a dudas, las Tecnologías de la Información Geográfica [TIG] han contribuido significativamente al conocimiento del crecimiento urbano, a partir del tratamiento visual y digital de las coberturas, que constituyen el dato esencial para identificar, analizar, evaluar y predecir procesos antrópicos y naturales. No obstante, a pesar de los avances en el análisis del crecimiento urbano mediante TIG, en ciudades intermedias del nordeste argentino persiste una cantidad limitada de estudios que integren análisis multitemporal de cambios de coberturas con la identificación y caracterización cuantitativa de los modos de expansión urbana, particularmente a partir del uso de métricas del paisaje, vacío de conocimiento al que el presente trabajo busca contribuir.

Bajo estos fundamentos, el objetivo del presente trabajo es analizar el crecimiento urbano y los modos de expansión urbana en la ciudad de Presidencia Roque Sáenz Peña entre los años 1991 y 2022, a partir

de un enfoque multitemporal basado en TIG y métricas del paisaje. Para ello, se realizará la caracterización de los cambios de coberturas ocurridos en el periodo, focalizando en las ganancias y pérdidas de cada cobertura considerada. Asimismo, por medio de técnicas de análisis espacial y métricas del paisaje se determinará y caracterizará los modos de expansión urbana desarrollados entre los periodos.

2. Antecedentes

Los estudios de crecimiento urbano a partir de geotecnologías son amplios en el ámbito científico, dado que la expansión de las ciudades ha sido un tema de interés recurrente. No obstante, caracterizar el crecimiento urbano es una tarea compleja dada las diversas formas que adopta. Dichas formas pueden involucrar tanto dimensiones demográficas como características físicas y espaciales.

Tradicionalmente, los estudios de crecimiento urbano se encuentran orientados por los enfoques de cambios de usos y coberturas de la tierra (*Land Use and Land Cover Change, LUCC*) a partir de la utilización de SR, dado que han sido ampliamente difundidos en la escritura científica (Montero Mora y Viales Hurtado, 2015). Este lineamiento ha facilitado el análisis de las coberturas, los usos y cambios en la tierra urbana (Xu et al., 2007), que en las últimas décadas se han intensificado como consecuencia del crecimiento urbano disperso (*Sprawl*). Este tipo de crecimiento caracterizado por la baja densidad, la fragmentación del paisaje, la dependencia del automóvil y el elevado consumo de tierra, entre otros rasgos (Cardozo et al., 2010; Sun et al., 2013), ha motivado un creciente desarrollo de metodologías y criterios orientados a identificar, cuantificar y caracterizar adecuadamente sus patrones espaciales. Bajo esta perspectiva, Shi et al. (2023) analizaron las características espaciales y temporales del crecimiento disperso en Shangai (China), por medio de imágenes satelitales, SIG e índices, basados en datos geoespaciales de múltiples fuentes. Asimismo, Sithole et al. (2024) utilizaron tecnologías geoespaciales y métricas del paisaje para evaluar, cartografiar y cuantificar la expansión urbana en Bulawayo entre 1984 y 2022; para la clasificación de imágenes satelitales, utilizaron aprendizaje automático (*Support Vector Machine, SVM*) y detectaron los cambios en las coberturas de la tierra y otros aspectos de la dinámica urbana. Por su parte, Bikis et al. (2025) estudiaron el efecto de la urbanización sobre los cambios en el uso y la cobertura de la tierra en la ciudad de Mizan Aman (al suroeste de Etiopía), durante el período 1992–2022, mediante el uso de geotecnologías; las clases utilizadas para describir las coberturas incluyen aspectos antrópicos y ambientales, las cuales se conjugan con variables sociodemográficas para observar el impacto.

No obstante, la imprecisión conceptual y operacional del *sprawl* ha favorecido su uso con una connotación predominantemente negativa, sustentada más en enfoques normativos o cualitativos que en métricas comparables y cuantificables (Sun et al., 2013). En este contexto, resulta indispensable la definición de categorías formales que permitan identificar y caracterizar los distintos modos de expansión urbana. En esta línea, Wilson et al. (2003) proponen un modelo de clasificación del crecimiento urbano basado en tres categorías principales: relleno (*infill*), expansión (*expansion*) y crecimiento periférico (*outlying*), este último subdividido en crecimiento aislado, ramificación lineal y ramificación agrupada. No obstante, otras propuestas han puesto el énfasis en los vínculos entre la forma urbana y sus consecuencias sociales y ambientales medibles en términos de costos. Tal es el caso de Camagni et al. (2002), quienes definen patrones de expansión urbana a partir de la intensidad de ocupación de la tierra y la movilidad generada, estableciendo una tipología que incluye el crecimiento por relleno (*infill*), la extensión (*extension*), el desarrollo lineal (*linear development*), la dispersión urbana (*sprawl*) y los proyectos a gran escala (*large-scale projects*).

A partir de la formulación de esquemas tipológicos adoptados para describir la expansión urbana, se abre una etapa de estudios orientados a caracterizar empíricamente distintos núcleos urbanos, en su mayoría basados en el uso de geotecnologías. En este sentido, Xu et al. (2007), mediante la combinación de análisis multitemporal de imágenes satelitales e índices del paisaje, investigaron los patrones de expansión urbana en la región metropolitana de Nanjing (China) entre 1979 y 2003; la tipología empleada distingue entre crecimiento por relleno, expansión lineal y crecimiento espontáneo, este último asociado a las áreas urbanas recientemente

generadas de forma no contigua. De particular relevancia resulta el trabajo de [Liu et al. \(2010\)](#), quienes desarrollaron el Índice de Expansión del Paisaje (*Landscape Expansion Index, LEI*), orientado a capturar información cuantitativa sobre los procesos de formación de patrones espaciales del paisaje urbano; mediante el uso de datos de SR y técnicas SIG, el LEI permite identificar y analizar tres tipos de expansión (relleno, expansión y crecimiento periférico), facilitando el seguimiento de las transiciones temporales en la dinámica urbana. En una línea similar, [Sun et al. \(2013\)](#) integraron SR, SIG y métricas espaciales para identificar los distintos tipos de crecimiento urbano (relleno, expansión lineal y periférico) y evaluar sus tendencias a largo plazo en la ciudad de Guangzhou (China); sus resultados indican que el crecimiento por relleno es el patrón dominante en el núcleo urbano, mientras que la expansión lineal predomina en áreas suburbanas y la expansión periférica se concentra en zonas más alejadas del centro. Complementariamente, [Ou et al. \(2016\)](#) analizaron los patrones de tres modos de crecimiento urbano en ciudades metropolitanas de China durante un período de 20 años, integrando información de bandas espectrales y el LEI; el análisis de los modos de crecimiento y de sus factores asociados se realiza mediante el uso de áreas buffer y del índice de distancia media ponderada por área (*area-weighted mean distance index, AWMDI*), lo que permite evaluar la relación entre los distintos tipos de expansión urbana y su posición relativa dentro del gradiente urbano. En línea con estudios previos, [Dutta y Das \(2019\)](#) identificaron y distinguieron los tipos de expansión urbana mediante el uso de SR y SIG; sus resultados muestran que el crecimiento por relleno predomina en el núcleo urbano, la expansión lineal se concentra en áreas suburbanas, mientras que el crecimiento periférico se desarrolla en zonas más alejadas del centro urbano.

A nivel regional, existen diversas investigaciones que atienden el crecimiento urbano desde posturas teóricas y metodológicas variadas. En este sentido, [Cruz-Muñoz \(2021\)](#) analiza la densidad de población y la morfología urbana de ciudades importantes en Latinoamérica, identificando la tendencia a la dispersión. Por su parte, [Schuster-Olbrich et al. \(2023\)](#) analizan las legislaciones urbanas en la expansión de la ciudad de Santiago de Chile entre 1997 y 2013, identificando las zonas de expansión y sus vínculos con las normativas. Desde una postura alternativa, [Tavares \(2025\)](#) señala que el *urban sprawl* se vincula estrechamente con problemáticas ambientales, particularmente con el cambio climático, evidenciando la necesidad de enfoques multiescalares y sistémicos en la gestión urbana.

En el ámbito local, las investigaciones sobre el crecimiento urbano y sus modos de expansión no han constituido, en general, un eje central de interés, predominando estudios orientados a la caracterización de las coberturas de la tierra ([Da Silva, et al., 2014](#); [Cardozo y Bondar, 2019](#); [López, 2025](#)), así como análisis de las inundaciones en áreas urbanizadas no aptas ([Da Silva et al., 2022](#)). Sin embargo, existen propuestas que analizan el crecimiento urbano propiamente dicho como la de [Alberto \(2008\)](#) que analizó la expansión de la mancha urbana en el AMGR y la evolución poblacional. Asimismo, [Ramírez y Pértile \(2013\)](#) que analizaron la expansión urbana y el crecimiento poblacional en el sudoeste de la Provincia del Chaco. De manera similar, [Ramírez y Pértile \(2015\)](#) caracterizaron el crecimiento poblacional y la dinámica de los usos de la tierra urbana en ciudades intermedias del Chaco mediante SR. Por su parte, [Gómez \(2025\)](#) comparó la cobertura urbana en el AMGR considerando su área de influencia a partir de clasificación supervisada (algoritmos de aprendizaje automático *Random Forest* y *Support Vector Machine*).

Si bien los estudios sobre crecimiento urbano han avanzado significativamente en la cuantificación de pérdidas y ganancias de coberturas de la tierra y en la identificación de tipologías de expansión urbana mediante métricas espaciales, persiste una limitada incorporación de herramientas orientadas a caracterizar el patrón espacial de distribución del crecimiento urbano. En particular, el uso de estadísticas espaciales para analizar tendencias globales de concentración o dispersión de la expansión urbana ha sido escasamente explorado en la literatura. En este contexto, el presente trabajo propone una aproximación integrada que combina el análisis de cambios de coberturas de la tierra, la evaluación del patrón espacial del crecimiento urbano mediante el índice *Average Nearest Neighbor [ANN]*, y la identificación de los tipos de expansión urbana a partir del LEI y métricas del paisaje, con el objetivo de aportar una caracterización más completa, integrada y multiescalar del crecimiento

urbano.

3. Marco Teórico

En la práctica, términos como urbanización y crecimiento urbano suelen utilizarse como sinónimos, cuando en realidad refieren a procesos diferentes. Asimismo, el crecimiento urbano puede adoptar diversas formas en las que se manifiesta espacialmente, fenómeno que en la literatura académica se aborda bajo el concepto de expansión urbana, el cual ha sido clasificado por distintos autores según la morfología que adquiere. Por lo expuesto, en la presente sección se desarrollan los principales postulados teóricos que sustentan la investigación propuesta.

3.1. Urbanización y Crecimiento Urbano: definiciones conceptuales

La urbanización es una construcción conceptual que permite sintetizar procesos que tienen lugar al interior de las ciudades, que impactan en dimensiones sociales, económicas y culturales, como así también en el plano espacial. En este sentido, la urbanización no se limita al análisis del incremento de la población urbana exclusivamente, sino que involucra transformaciones estructurales en la organización del territorio, en los sistemas productivos y en las formas de vida urbana.

Históricamente, los procesos de urbanización han dado lugar al desarrollo de distintos enfoques teóricos y formas de interpretar la organización del espacio urbano, que contribuyeron a la estructuración de las ciudades a partir de la replicación de esquemas y patrones de distribución de la población y de las actividades económicas. En este marco, algunos modelos clásicos de organización urbana, como los propuestos por la Escuela Sociológica de Chicago, permitieron comprender la estructura interna de las ciudades y su dinámica de expansión, incorporando progresivamente factores como las migraciones poblacionales, las actividades industriales y las vías de comunicación como elementos centrales de la urbanización (Buzai, 2003). Posteriormente, estos enfoques influyeron en la interpretación del desarrollo urbano en América Latina, donde, en combinación con marcos normativos como la Ley de Indias, contribuyeron a la consolidación de estructuras urbanas particulares, cuya expresión resulta verificable en el territorio a través de regularidades espaciales ampliamente documentadas por modelos esquemáticos de ciudad latinoamericana (Buzai, 2003; Da Silva, 2018). En este contexto, la coexistencia de múltiples enfoques conceptuales y disciplinas dedicadas al estudio de la urbanización, ha dado lugar a una notable diversidad terminológica, lo que genera cierta confusión conceptual, cuestión que será abordada en los próximos párrafos.

La urbanización es entendida como un “proceso de transición espacial” (Henderson, 2005, p. 1558), en el cual se produce la migración desde áreas rurales hacia contextos urbanos, frecuentemente acompañada de tensiones y transformaciones sociales y culturales. Entre estos cambios, se destacan aquellos que afectan la morfología urbana, los cuales implican una extensión del área urbanizada (expansión horizontal), un proceso de densificación asociado al incremento del número de edificaciones (desarrollo vertical) o, alternativamente, un crecimiento impulsado por el aumento de la población (crecimiento demográfico). Estos fenómenos no se producen de manera aislada, sino que pueden coexistir y formar parte de la compleja dinámica que caracteriza a las ciudades. Asimismo, la urbanización puede analizarse a partir de tres dimensiones principales. En primer lugar, la dimensión física refiere a los procesos que se expresan directamente en el espacio construido, comúnmente abordados mediante conceptos como mancha urbana, área urbana, coberturas urbanas, densificación y expansión, los cuales materializan distintas formas de organización de la morfología urbana (Oliveira, 2022). En segundo lugar, la dimensión demográfica se centra en las características de la población, incluyendo su distribución y composición. Tradicionalmente, esta dimensión pone énfasis en el crecimiento de la población urbana, resultado tanto del aumento natural como de las migraciones, y en sus impactos sobre la ocupación del área urbana (United Nations, 2025). Finalmente, la dimensión funcional de la urbanización se vincula con la organización y articulación de las actividades urbanas, los flujos y las relaciones que estructuran el funcionamiento de

la ciudad. Esta dimensión permite caracterizar espacialmente el proceso de urbanización a través de fenómenos como la descentralización de actividades, la especialización funcional y la consolidación de núcleos funcionales, los cuales constituyen factores que favorecen la expansión urbana y la configuración de la morfología de la ciudad (Escolano-Utrilla, 2017; Dijkstra et al., 2019).

En el marco de las dimensiones de la urbanización, el crecimiento urbano refiere a la expansión y transformación del espacio construido de la ciudad a lo largo del tiempo, observable y cuantificable a través de cambios en la extensión, la densidad y la configuración espacial del área urbanizada. A diferencia de la urbanización, entendida como un proceso multidimensional, el crecimiento urbano se aborda desde una perspectiva predominantemente espacial, centrada en la evolución de la mancha urbana. En este sentido, se entiende al crecimiento urbano como un conjunto de procesos que pueden coexistir simultáneamente, entre los que se incluyen el aumento de la población urbana, la expansión física, la consolidación y la densificación, entre otros (Bhatta, 2010; Zulaica et al., 2012; Ramírez y Pértile, 2013; Tella, 2014). En otros términos, el crecimiento urbano involucra la transformación del paisaje mediante la transición de usos no urbanos hacia usos urbanos o construidos, y presenta variaciones asociadas a factores como la densificación, la expansión urbana, la presencia de restricciones ambientales o legales, y la infraestructura de transporte (Xu et al., 2007).

A partir de esta distinción conceptual, el crecimiento urbano puede ser estudiado no solo como un proceso general de transformación espacial, sino también a través de las distintas formas que adopta en el territorio. En este sentido, la literatura ha propuesto diversas tipologías que permiten clasificar el crecimiento urbano según sus patrones espaciales, su relación con la ciudad consolidada y la intensidad de ocupación de la tierra. Estas tipologías resultan fundamentales para el análisis de los modos de expansión urbana, en tanto permiten identificar y comparar las formas concretas en que la ciudad se expande a lo largo del tiempo.

3.2. Tipos de Crecimiento Urbano

Ante la problemática asociada al *sprawl* y las dificultades para determinar qué tipos de crecimiento urbano integran este modo, surgen diversas propuestas orientadas a la nomenclatura y clasificación de las distintas formas de expansión urbana. La ventaja de esta sistematización resulta relevante para la adecuada organización y planificación de las ciudades, dado que proporciona una base conceptual y metodológica consistente, verificable y cuantificable, particularmente útil para los planificadores urbanos (Wilson et al., 2003).

Si bien los patrones urbanos y sus dinámicas han sido estudiados extensamente durante más de medio siglo, a partir de modelos neoclásicos y de los modelos de ciudad latinoamericana, la incorporación de las TIG ha permitido profundizar el análisis de estos patrones mediante nuevas propuestas metodológicas y enfoques cuantitativos. En este sentido, los patrones del paisaje urbano constituyen una expresión espacial de procesos asociados a las actividades humanas, los cuales impactan directamente sobre los ecosistemas naturales, alterándolos de manera irreversible en algunos casos (Xu et al., 2007).

En el transcurso del trabajo, se utiliza el concepto de 'Cobertura Urbana' para englobar los usos residenciales, comerciales, industriales y todas aquellas actividades que puedan inferirse a partir de los SR como urbano o asociado al mismo.

Por otra parte, la oferta terminológica para describir el crecimiento urbano es amplia, sin embargo, muchos de ellos refieren a morfologías y procesos idénticos. En este sentido, adoptamos como categorías de crecimiento urbano una combinación de clases utilizadas por Wilson et al. (2003) y Liu et al. (2010), definidas como: Crecimiento por Relleno (*infilling*), Expansión Periférica (*edge-expansion*) y Crecimiento Disperso Aislado (*outlying isolated growth*). En primer lugar, el Crecimiento por Relleno (ver Figura 1) consiste en la ocupación de espacios disponibles entre parches urbanos ya consolidados por nuevos parches de crecimiento (Liu et al., 2010); modo que usualmente ocurre cuando los servicios públicos e infraestructura ya se encuentran desarrollados (Wilson et al., 2003). En segundo lugar, la Expansión Periférica (ver Figura 1) implica que los nuevos parches urbanos se desarrollan de forma unidireccional y en contacto con la mancha urbana existente (Liu et al., 2010). Por

último, el Crecimiento Disperso Aislado (ver Figura 1) es caracterizado por la aparición de nuevos fragmentos urbanos desarrollados de manera aislada de la mancha urbana preexistente (Wilson et al., 2003).

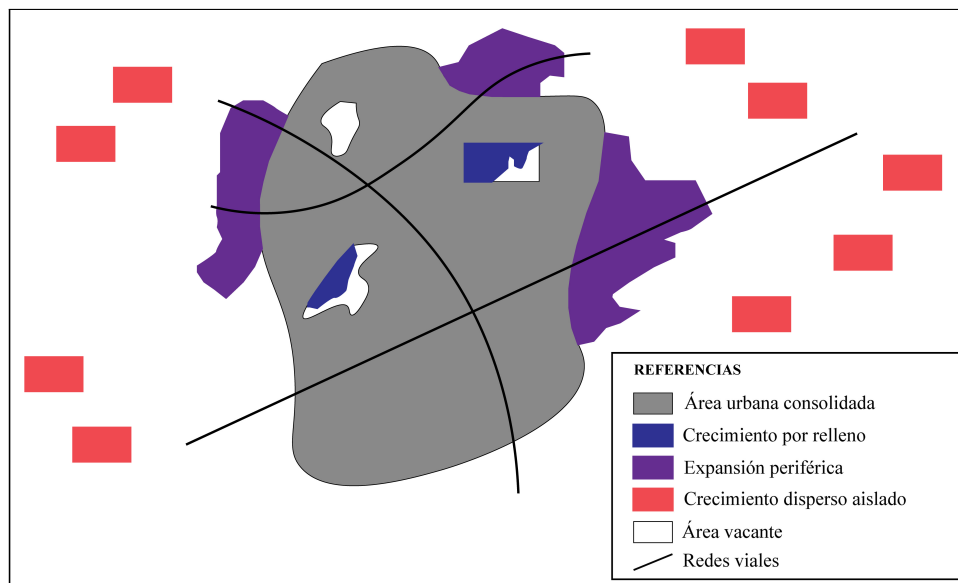


Figura 1. Esquema simplificado de los tipos de crecimiento urbano.

Fuente: Elaboración propia.

4. Metodología

4.1. Delimitación espacial

La ciudad de Presidencia Roque Sáenz Peña [PRSP] se inscribe dentro de la tipología de ciudades intermedias, constituyéndose en un caso de interés analítico para examinar las tensiones derivadas de la expansión urbana, la densificación y el crecimiento demográfico en contextos no metropolitanos.

Este aglomerado urbano, cabecera del departamento Comandante Fernández, se emplaza en el centro de la provincia del Chaco ($26^{\circ}47' S$ y $60^{\circ}27' O$), en la intersección de las rutas nacionales 16 y 95 (ver Figura 2), las cuales confieren una posición estratégica en términos de conectividad regional. El área de estudio fue delimitada mediante la generación de un buffer de 3 km a partir de los radios censales urbanos correspondientes al año 2022, con el propósito de incorporar las áreas de transición urbano-rural.

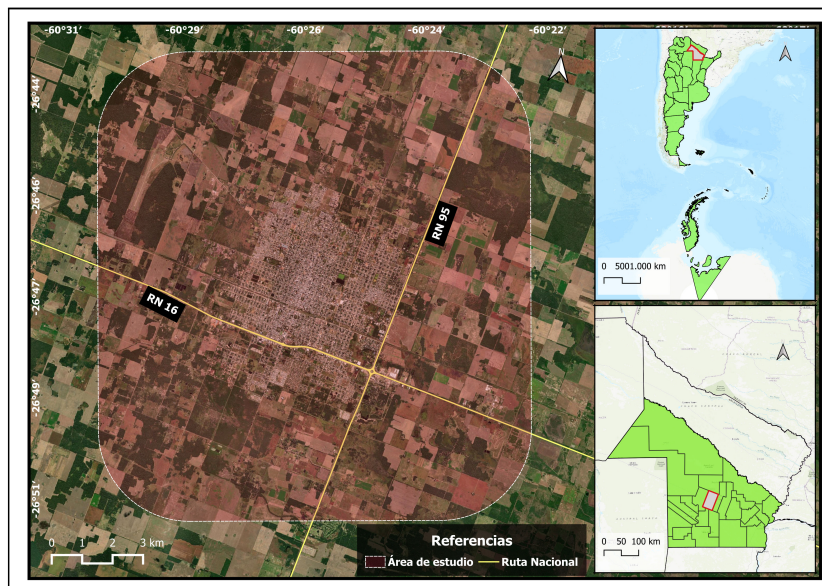


Figura 2. Área de estudio. Presidencia Roque Sáenz Peña (Chaco).

Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Geográfico Nacional ([IGN], s.f)

En este marco, la ciudad se configura como un nodo subregional relevante dentro del sistema urbano argentino, ejerciendo una función clave como centro proveedor de bienes y servicios para un extenso hinterland del oeste y sudoeste chaqueño, caracterizado por la presencia de centros urbanos de menor jerarquía y alcance funcional ([Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios \[MPFIPyS\], 2015](#)).

PRSP se posiciona como la segunda urbe de mayor relevancia en el contexto provincial y, por su tamaño poblacional, constituye uno de los principales aglomerados del Noreste Argentino (NEA), precedida únicamente por las capitales provinciales. De acuerdo con los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas [CNPHyV] año 2022 ([\[INDEC\], 2026](#)), el municipio cuenta con 96.866 habitantes, considerando la población residente en el área urbana. Entre 1991 y 2022, esta ciudad experimentó una dinámica demográfica marcada por una recuperación progresiva del crecimiento poblacional. Tras una leve disminución entre 1991 y 2001, cuando la población descendió de 77.619 a 76.377 habitantes (-1,6%), la ciudad retomó una tendencia ascendente, alcanzando 83.083 habitantes en 2010 y 96.866 en 2022. Así, en el período 1991–2022 registró un incremento de 19.247 habitantes, equivalente a un crecimiento del 24,8%.

En consonancia con esta evolución demográfica, y de acuerdo con datos del Observatorio Federal Urbano ([\[OFU\], 2026](#)), entre 1991 y 2010 el crecimiento poblacional se tradujo territorialmente en un patrón de expansión urbana de baja densidad, evidenciado por un incremento del 59 % de la superficie urbanizada, acompañado por una reducción del 11 % en la densidad poblacional. Asimismo, el 52 % del tejido residencial generado durante ese período se localizó en áreas de expansión caracterizadas por la presencia de extensos vacíos urbanos.

4.2. Fuentes de datos

El análisis de la dinámica de los cambios en las coberturas terrestres se sustenta en el cruce de categorías derivadas de imágenes multitemporales, lo que permite identificar y cuantificar las transiciones espaciales ocurridas a lo largo del tiempo ([Santos Preciado et al., 2012](#)). En el presente estudio, los cambios fueron estimados mediante la comparación de imágenes satelitales multiespectrales Landsat (ver [Tabla 1](#)), cuyo uso resulta fundamental para el monitoreo sistemático de la superficie terrestre, por su cobertura global, acceso gratuito y serie continua de datos espaciales que abarca más de cinco décadas ([Hemati et al., 2021](#)).

Tabla 1. Especificaciones de las imágenes Landsat seleccionadas

Satélite	Sensor	Path/Row	Bandas (B)	Resolución espacial (m)	Fecha
Landsat 5	TM	227/079	Visibles (B1 – B3) e infrarrojas (B4, 5 y 7)	30	21/03/1991
					10/10/2001
					19/10/2010
Landsat 8	OLI		Visibles (B2 – B4) e infrarrojas (B5 – B7)		01/10/2022

Fuente: Elaboración propia en base a ([U.S. Geological Survey \[U.S.G.S\], s.f.](#))

Se seleccionaron imágenes satelitales con escasa cobertura nubosa (< 20 %) a fin de mejorar la discriminación de las distintas coberturas terrestres. Asimismo, las escenas fueron elegidas considerando un marco temporal concordante con las fechas de los últimos cuatro censos nacionales de población. A partir de la consulta a los registros del Servicio Meteorológico Nacional, se excluyeron aquellas imágenes adquiridas durante meses con precipitaciones extremas, dado que dichas condiciones alteran la humedad superficial y las respuestas espectrales, pudiendo introducir sesgos en la identificación y cuantificación de las coberturas analizadas.

4.3. Tratamiento de los datos satelitales

Se aplicó una clasificación supervisada sustentada en el conocimiento previo del área de estudio, a partir del cual se seleccionaron muestras de entrenamiento representativas para cada clase predefinida. Sobre



las imágenes satelitales se delimitaron Regiones de Interés [ROI] que permitieron caracterizar espectralmente cada categoría; dichas ROI fueron empleadas para entrenar el algoritmo de clasificación y generar las firmas espectrales que posteriormente el clasificador utiliza para asignar el resto de los píxeles a la clase más afín, según criterios de similitud espectral (Chuvienco, 2007).

Considerando las particularidades del área de estudio, se definieron cinco clases de cobertura predominantes: (i) cuerpos de agua, (ii) vegetación arbórea, (iii) vegetación arbustiva y herbácea, (iv) terrenos destinados a cultivos y usos silvopastoriles, y (v) cobertura urbana; siendo esta última, la categoría central de análisis en virtud de los objetivos del presente estudio.

Para optimizar la discriminación espectral entre las distintas coberturas, se efectuaron análisis visuales mediante composiciones en color verdadero y falso color, complementando la interpretación con la aplicación de los siguientes índices espectrales: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, *Normalized Difference Vegetation Index*), Índice de Agua Normalizado Modificado (MNDWI, *Modified Normalized Difference Water Index*) e Índice de Diferencia Normalizada de Áreas Construidas (NDBI, *Normalized Difference Built-up Index*). Estos indicadores favorecieron la separación espectral de las clases y contribuyeron a la selección de ROI representativas.

Se procedió a la clasificación de las coberturas definidas empleando el algoritmo de Máquinas de Vectores de Soporte (*Support Vector Machines* [SVM]), un método de aprendizaje automático supervisado basado en la teoría del aprendizaje estadístico. Este clasificador es adecuado para el análisis de imágenes satelitales debido a su capacidad para manejar conjuntos de entrenamiento reducidos y datos de alta dimensionalidad, manteniendo precisión y robustez frente a la variabilidad espectral propia de las coberturas terrestres (Huang et al., 2002; Pal y Mather, 2005)

Finalmente, en la fase de posprocesamiento, los resultados fueron evaluados mediante un muestreo aleatorio estratificado con el objetivo de estimar el error de clasificación. Debido a la ausencia de datos de referencia disponibles para los años 1991, 2001 y 2010, esta instancia de validación se llevó a cabo exclusivamente para la clasificación correspondiente a 2022, empleando como verdad de terreno una imagen de alta resolución espacial. En particular, se utilizó una imagen satelital Pleiades, obtenida a través de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales [CONAE].

El tamaño de la muestra se determinó considerando un nivel de confianza del 99 % y un margen de error del 5 %, con una asignación proporcional al tamaño de cada estrato. La comparación entre la clasificación obtenida y los datos de referencia se sintetizó en una matriz de confusión, a partir de la cual se calcularon la exactitud global, así como las exactitudes del productor y del usuario.

4.4. Técnicas de análisis

4.4.1. Cambios de coberturas

Para cuantificar y caracterizar la dinámica de cambio de las coberturas terrestres se adoptó la metodología propuesta por Pontius et al. (2004), basada en el análisis de matrices de transición entre categorías de cobertura en distintos intervalos de tiempo. A partir de este enfoque se calcularon, para cada clase temática y entre los períodos analizados, métricas claves tales como las ganancias y pérdidas brutas, el cambio neto y las contribuciones al cambio neto de la superficie construida. La implementación de este procedimiento se realizó mediante el módulo *Land Change Modeler* [LCM], integrado en el software TerrSet, el cual permite el cálculo automático de las métricas mencionadas y su visualización gráfica y cartográfica.

En forma resumida, las ganancias y pérdidas brutas expresan la magnitud total de las superficies que una clase incorpora o cede, respectivamente. El cambio neto corresponde a la diferencia entre dichas ganancias y pérdidas, y sintetiza la tendencia general de expansión o disminución de cada cobertura. Por su parte, las contribuciones al cambio neto desagregan el balance final de una clase en función de las transiciones netas con las

restantes categorías, permitiendo identificar las coberturas que actúan como principales fuentes o destinos del cambio, aspecto central para la interpretación de las dinámicas de transformación de la superficie construida.

4.4.2. Técnicas de Análisis Espacial

El análisis espacial comprende un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas a datos geográficos, que permiten caracterizar la distribución y las relaciones espaciales de los elementos en el paisaje (Buzai y Baxendale, 2011). En el presente estudio, la identificación del patrón de distribución general del crecimiento urbano resulta fundamental para comprender la dominancia de ciertos modos de crecimiento y los procesos internos que los dinamizan.

4.4.2.1. Average Nearest Neighbor (ANN)

El ANN permite identificar el patrón espacial global que adquiere un conjunto de observaciones (particularmente puntos), y con ello, observar la influencia de ciertos factores que pueden influir en dicha configuración. Naturalmente, la mancha urbana extraída a partir de imágenes satelitales permite la transformación de los píxeles en puntos vectoriales y con ello, su factibilidad de aplicación.

El ANN consiste en analizar la distribución geográfica de un conjunto de entidades en relación a sus vecinos. En otros términos, mide la distancia entre una entidad y la de todos sus vecinos, determinando que si la distancia promedio obtenida es menor que el promedio de una distribución hipotéticamente aleatoria, se considera que la distribución observada es agrupada; sin embargo, si la distancia promedio es mayor que la distribución hipotética aleatoria, se considera que las entidades están dispersas. El cálculo del ANN se realiza a partir de la Ecuación 1.

Ecuación 1

Cálculo del ANN.

$$ANN = \frac{O}{E}$$

Fuente: elaboración en base a (ESRI, s.f.)

Donde: D_O , es la distancia media observada entre cada entidad y sus vecinos cercanos, y se calcula a partir de la Ecuación 2; D_E , es la distancia media esperada de las entidades dado un patrón de distribución aleatoria y su cálculo se realiza siguiendo la Ecuación 3.

Ecuación 2

Cálculo de D_O .

$$O = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

Fuente: elaboración en base a (ESRI, s.f.)

Donde: d_i , es la distancia entre la entidad y su vecino más cercano; y n , corresponde al número total de observaciones.

Ecuación 3

Cálculo de D_E .

$$E = \frac{0,5}{\sqrt{\frac{n}{A}}}$$

Fuente: Elaboración en base a (ESRI, s.f.)

Donde: A , es el área mínima envolvente de todas las observaciones; y n , corresponde al número total de observaciones.

Para la interpretación del ANN se considera además el cálculo de un *z-score* y un *p-valor* que permiten



establecer si el patrón observado es estadísticamente significativo. Para ello, el *z-score* (positivo o negativo) asociado a un *p-valor* (pequeño) permite establecer que el patrón de distribución observado es estadísticamente significativo y no es producto de una distribución aleatoria (ESRI, s.f.)

4.5. Indicador de los modos de crecimiento urbano

Las categorías definidas para el presente estudio consisten en: Crecimiento por Relleno, Expansión Periférica y Crecimiento Disperso Aislado. Para lograr dicha clasificación, nos hemos empleado el Índice de Expansión del Paisaje (*Landscape Expansion Index, LEI*), que permite obtener el patrón de expansión y su dinámica temporal (Liu et al., 2010). La expresión para calcular el LEI se define en la Ecuación 4.

Ecuación 4

Cálculo de LEI.

$$LEI = 100 \times \frac{A_o}{A_o + A_v}$$

Fuente: Elaboración en base a Liu et al. (2010).

Donde: *LEI*, es el índice calculado para un nuevo parche urbano y su valor está comprendido entre 0 y 100; A_o , es la intersección entre la zona buffer calculada para el parche urbano y el área urbana consolidada; en tanto que, A_v , es la zona buffer no intersectada, es decir, la zona vacante.

Si el *LEI* obtenido es mayor a 0 y menor o igual a 50, el crecimiento atribuido es la Expansión Periférica; por otro lado, si el *LEI* es mayor a 50 se corresponde con el Crecimiento por Relleno; y, por último, si el *LEI* es igual a 0, se corresponde con el Crecimiento Disperso Aislado.

4.6. Métricas del Paisaje

Para el análisis de los patrones espaciales del paisaje urbano se utilizaron métricas del paisaje que permiten cuantificar la configuración espacial de la mancha urbana en términos de forma, tamaño, fragmentación y contigüidad (Liu et al., 2010). A nivel operativo, estas métricas son útiles para los estudios multitemporales y las comparaciones entre diferentes áreas urbanas. En este sentido, el NP (Número de Parches) permite conocer la cantidad de nuevos parches urbanos desarrollados en el periodo analizado por cada modo de crecimiento (Ou et al., 2016). Por su parte, ED (Densidad de Bordes) permite conocer la longitud del perímetro y en su defecto la forma de todos los parches de un determinado modo respecto del total (Ou et al., 2016). Asimismo, la DP (Densidad de Parches) constituye una medida utilizada para determinar la heterogeneidad del paisaje, dado que valores bajos indican dispersión y/o fragmentación (Sun et al., 2013). Por último, PA (Porcentaje de Áreas) refiere a la superficie total de cada uno de los modos de crecimiento considerados en el análisis (Ou et al., 2016).

A modo de síntesis, la [Tabla 2](#), muestra la definición de las métricas descritas.

Tabla 2. Definición de las métricas del paisaje utilizadas para caracterizar los modos de crecimiento urbano.

Métrica	Fórmula	Detalles
Número de Parches (NP)	$NP_k = \sum_{i=1}^{n_k} 1 = n_k$	Donde: NP_k es el número de parches del modo de crecimiento k ; y, n_k es cantidad total de parches identificados para ese modo.
Densidad de Bordes (ED)	$ED_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} P_{ik}}{A}$	Donde: ED_k es la densidad de bordes para el modo de crecimiento k ; n_k es el número de parches para el modo de crecimiento k ; P_{ik} es el perímetro del parche i del modo k ; y A es el área total del crecimiento urbano.
Densidad de Parches (DP)	$DP_k = \frac{NP_k}{A} \times 100$	Donde: DP_k es la densidad de parches del modo de crecimiento k expresado en parches/100ha; NP_k es el número de parches del modo de crecimiento k ; A es el área total del crecimiento urbano expresada en ha; y, 100 es el factor de conversión para expresar la densidad en 100ha.
Porcentaje de Áreas (PA)	$PA_k = \frac{\sum_{i=1}^{n_k} a_{ik}}{A}$	Donde: PA_k es la abundancia proporcional del modo de crecimiento k ; a_{ik} corresponde al área del parche i del modo de crecimiento k ; y A es el área total del crecimiento urbano.

Fuente: Elaborado en base a Liu et al. (2010), Ou et al. (2016) y Sun et al. (2013).



5. Resultados

5.1. Análisis del cambio de coberturas

Los resultados de la validación aplicada a la clasificación correspondiente al año 2022 evidencian un desempeño satisfactorio del modelo, con una exactitud global del 80,82%. Esto implica que, aproximadamente, ocho de cada diez píxeles fueron asignados correctamente a las respectivas coberturas, lo cual constituye un nivel confiabilidad adecuado para la interpretación de los resultados derivados de la clasificación.

En particular, la clase de interés principal, la 'cobertura urbana', presenta una exactitud del usuario del 75%, lo que indica que tres cuartas partes de los píxeles clasificados como urbanos corresponden efectivamente a dicha cobertura en la imagen de referencia. En consecuencia, se registra un 25% de error por comisión, asociado a la inclusión de píxeles que, en realidad, pertenecen a otras clases. Complementariamente, la exactitud del productor alcanza el 95%, reflejando una baja tasa de omisión (el 5% de los píxeles urbanos reales no fueron identificados como tales).

Sobre la base de esta validación, se analizó la evolución de las cinco clases de cobertura a lo largo del período 1991-2022. La [Figura 3](#) sintetiza visualmente esta dinámica, mostrando la variación en superficie (hectáreas) de cada categoría.

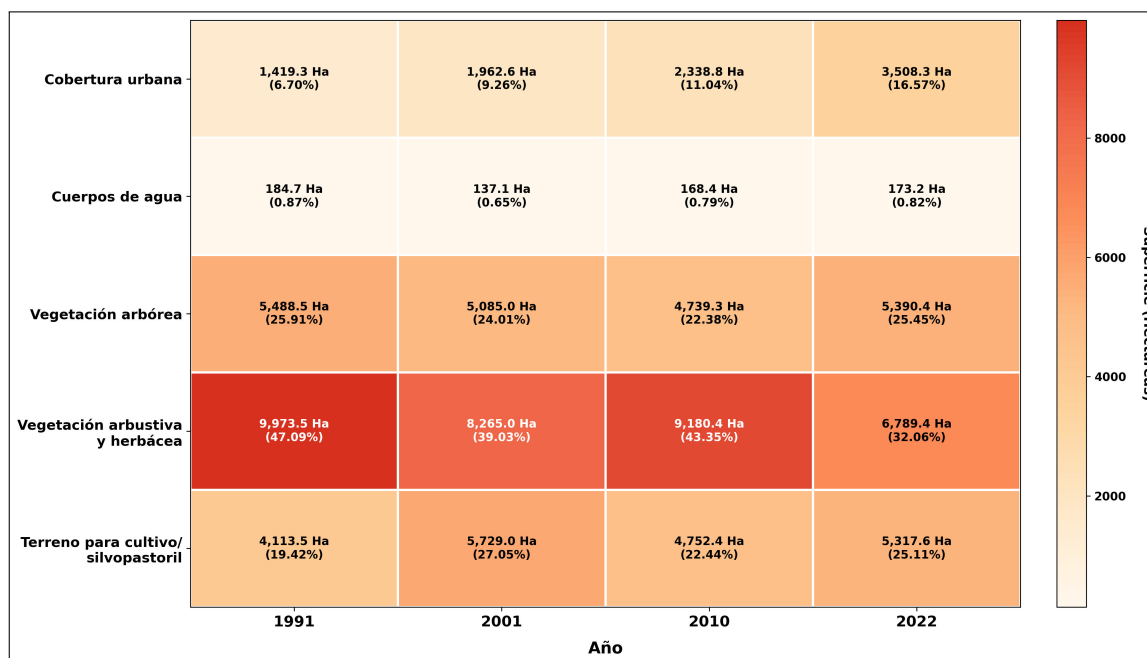


Figura 3. Evolución de superficie (Ha) de las coberturas terrestres (1991-2022).

Fuente: *Elaboración propia.*

El análisis multitemporal de las coberturas terrestres entre 1991 y 2022 permite identificar las principales tendencias de transformación del territorio en el área de estudio. En este sentido, a continuación, se describen las tendencias predominantes para cada cobertura, destacando los cambios más relevantes.

La cobertura urbana muestra un crecimiento constante a lo largo de todo el período. En términos relativos, la proporción urbana prácticamente se duplica, lo que evidencia un proceso continuo de expansión y la creciente preeminencia del proceso de urbanización.

En contraste, los cuerpos de agua presentan valores reducidos y relativamente estables, con fluctuaciones menores. Estas variaciones pueden vincularse más a condiciones hidrológicas o estacionales que a transformaciones de las coberturas terrestres.



La vegetación arbórea exhibe un comportamiento moderadamente estable, aunque con oscilaciones. Esto sugiere que ciertos sectores con esta cobertura se han mantenido o incluso regenerado parcialmente en el tramo más reciente.

Por su parte, la vegetación arbustiva y herbácea constituye la cobertura de mayor superficie, aunque evidencia una tendencia general a la disminución. Este patrón podría estar indicando un reemplazo progresivo de esta cobertura por usos urbanos o productivos, especialmente en las últimas décadas.

Finalmente, los terrenos destinados a cultivos y usos silvopastoriles presentan una tendencia con aumentos y descensos alternados a lo largo de la serie. Esta dinámica responde probablemente a ciclos productivos y conversiones entre coberturas.

La [Figura 4](#) pone de manifiesto el proceso de reconfiguración de las coberturas a lo largo de los tres intervalos analizados. En el tramo 1991–2001 se destaca un avance importante de los usos agroproductivos, asociado a una reducción significativa de la vegetación arbustiva y herbácea, mientras que la cobertura urbana crece de manera moderada.

Durante 2001–2010 se observa un comportamiento más fluctuante: la vegetación arbustiva/herbácea registra una recuperación parcial, en contraste con la disminución de los terrenos de cultivos y silvopastoriles. En este periodo, la cobertura urbana continúa expandiéndose, aunque con menor intensidad.

En el último intervalo (2010–2022) se evidencia el proceso más intenso de expansión urbana, acompañado por una fuerte pérdida de vegetación arbustiva/herbácea, lo que sugiere su conversión hacia otros usos. Paralelamente, se registra una recuperación de la vegetación arbórea, mientras que los suelos agrícolas/silvopastoriles revelan un incremento moderado. Por su parte, los cuerpos de agua mantienen un comportamiento estable en términos generales, con cambios mínimos a lo largo de toda la serie.



Figura 4. Evolución del cambio neto por clases de cobertura (1991-2022).

Fuente: Elaboración propia.

La [Figura 5](#) sugiere que la urbanización ha avanzado principalmente sobre la vegetación arbustiva y

herbácea, especialmente en la década más reciente. La creciente participación de los suelos agroproductivos y, en menor medida, de la vegetación arbórea en el último período, señala una diversificación en las fuentes del suelo urbano, posiblemente asociada a una mayor presión antrópica sobre las distintas coberturas.

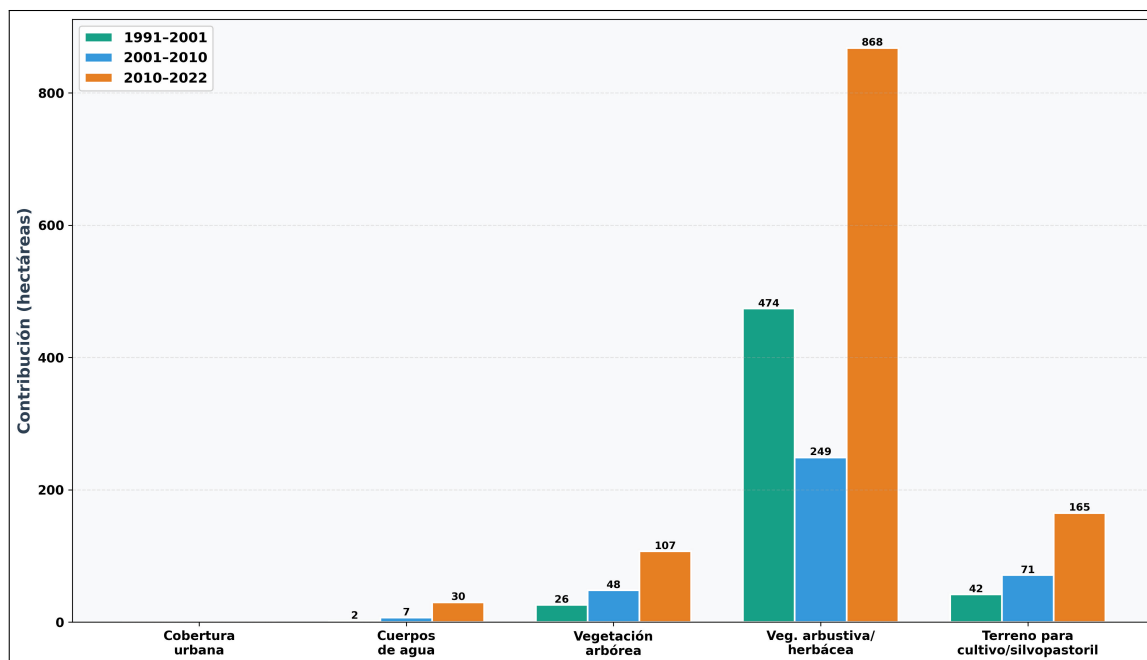


Figura 5. Contribuciones al cambio neto de la cobertura urbana entre 1991 y 2022.

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Análisis del patrón global de distribución espacial del crecimiento urbano

La morfología de la mancha urbana puede adquirir diversas configuraciones espaciales a lo largo del tiempo, en función de factores que estimulan el incremento del espacio urbanizado. En este sentido, los patrones de distribución revelan procesos que se desarrollan al interior del núcleo urbano que pueden ser interpretados a partir del esquema morfológico resultante. Bajo estas concepciones, el ANN permitió evaluar la tendencia espacial global del área urbana, constituyendo el punto de partida para el análisis de los patrones de concentración y dispersión observados en los distintos períodos estudiados.

Los resultados indican que, para el año 1991 (año base), la distribución espacial del área urbana presentó un patrón agrupado estadísticamente significativo, sustentado por un valor de ANN de 0,71 y por los estadísticos asociados (z -score = $-68,91$; p -value = 0,000). Esta condición de agrupamiento significativo se mantuvo en los años 2001 y 2010, con variaciones mínimas en el valor del ANN (0,70 en 2001 y 0,68 en 2010), respaldadas por los estadísticos de significancia. Sin embargo, para el año 2022, el ANN evidencia un patrón de agrupación menos marcado en relación con los períodos anteriores, reflejado en un incremento del indicador hasta un valor de 0,79; no obstante, los estadísticos asociados continúan respaldando la significancia del patrón observado (z -score = $-77,88$; p -value = 0,000) (ver [Tabla 2](#)).

Tabla 3. Resultados estadísticos del ANN

Año	D_O (m)	D_E (m)	ANN	Z-score	p-value	Interpretación rápida
1991	30,50	42,77	0,71	-68,91	0,000	Agrupado significativo
2001	30,98	44,26	0,70	-84,80	0,000	Agrupado significativo
2010	30,07	44,41	0,68	-99,86	0,000	Agrupado significativo
2022	30,00	37,90	0,79	-77,88	0,000	Agrupado, menos marcado

Fuente: Elaboración propia.



La aparición de nuevos parches de crecimiento se concentra mayormente en sectores próximos al área urbana consolidada, lo que explica la ausencia de una transición marcada hacia patrones de dispersión en los valores del ANN. En este contexto, la ciudad de PRSP se configura como un núcleo urbano intermedio con una fuerte dependencia del área central, la cual organiza las principales actividades económicas, financieras y administrativas. Asimismo, la extensión de los servicios públicos suele desarrollarse bajo esquemas de planificación orientados al crecimiento por relleno y a la expansión periférica, lo que contribuye a que los parches urbanos aislados correspondan, en numerosos casos, a urbanizaciones espontáneas.

5.3. Caracterización de los modos de crecimiento urbano

La presentación de los resultados de los modos de crecimiento a partir de la aplicación de la [Ecuación 4](#), donde se calcula el LEI, es un conjunto de mapas que reflejan la distribución espacial para los períodos: 1991-2001, 2001-2010 y 2010-2022.

Una visión general de la distribución espacial de los modos de crecimiento establece que el Crecimiento Periférico se localiza en las áreas contiguas al área urbana consolidada; por su parte, el Crecimiento por Relleno se identifica en los parches de tierra no desarrollados, localizados al interior y en bordes cerrados del núcleo urbano central; en tanto que, el Crecimiento Disperso Aislado adquiere una distribución dispersa en el área de estudio. La distribución espacial de los modos de crecimiento para los períodos considerados es presentada en la [Figura 6](#).

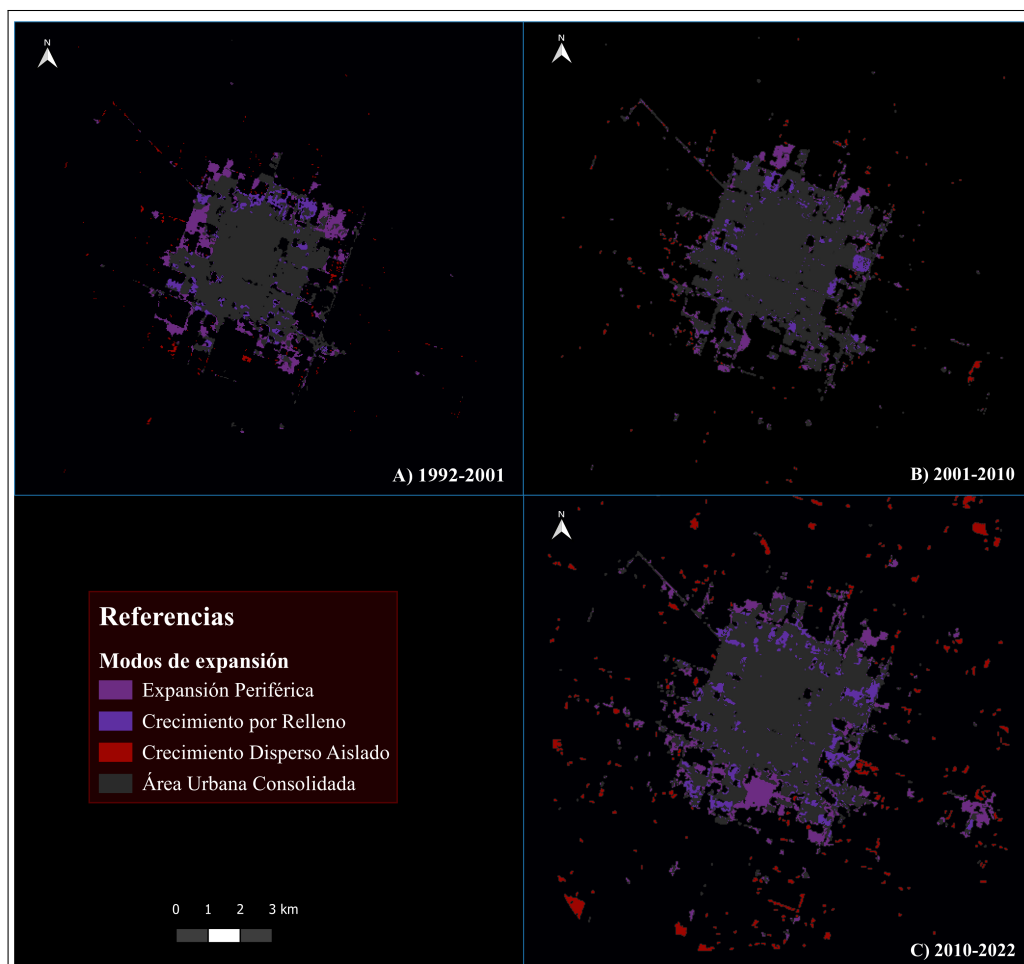


Figura 6. Modos de expansión urbana. A) periodo 1992-2001; B) periodo 2001-2010; C) periodo 2010-2022.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.1. Participación porcentual de los modos de crecimiento para los periodos analizados

El análisis de la participación de los distintos modos de crecimiento urbano se realizó mediante la métrica PA, la cual fue estimada para cada período considerado y permitió caracterizar tanto la contribución relativa de cada modo como su distribución espacial.

Los resultados indican que, durante el período 1991–2001, el Crecimiento Periférico fue el modo dominante, alcanzando un 62,3 % de participación sobre la superficie urbanizada. En contraste, el Crecimiento por Relleno representó un 29,6 %, mientras que el Crecimiento Disperso explicó el 8,2 % del total (ver Figura 7).

Para el período 2001–2010, la participación del Crecimiento Periférico se redujo en más de 10 puntos porcentuales, alcanzando un 49,9 % del crecimiento urbano total (ver Figura 7). En contrapartida, la ocupación de los espacios disponibles al interior de la ciudad mostró un incremento superior a 9 puntos porcentuales respecto del período anterior, alcanzando el Crecimiento por Relleno un 38,7 % de participación (ver Figura 7). Por su parte, el Crecimiento Disperso registrado para este segundo período fue del 11,3 %, evidenciando un aumento relativamente moderado en comparación con el período precedente (ver Figura 7).

Por último, para el período 2010–2022, el Crecimiento Disperso Aislado se destaca como el modo con mayor incremento relativo, registrando un aumento superior al 100 % respecto del período anterior y alcanzando un 27,11 % de participación en la superficie urbanizada total (ver Figura 7). En contraste, la Expansión Periférica continúa siendo el modo con mayor participación relativa, con un 43,27 %, aunque evidenciando una disminución en comparación con el período 2001–2010. Por su parte, el Crecimiento por Relleno presenta una participación del 29,62 %, también con valores inferiores a los registrados en el período precedente (ver Figura 7).

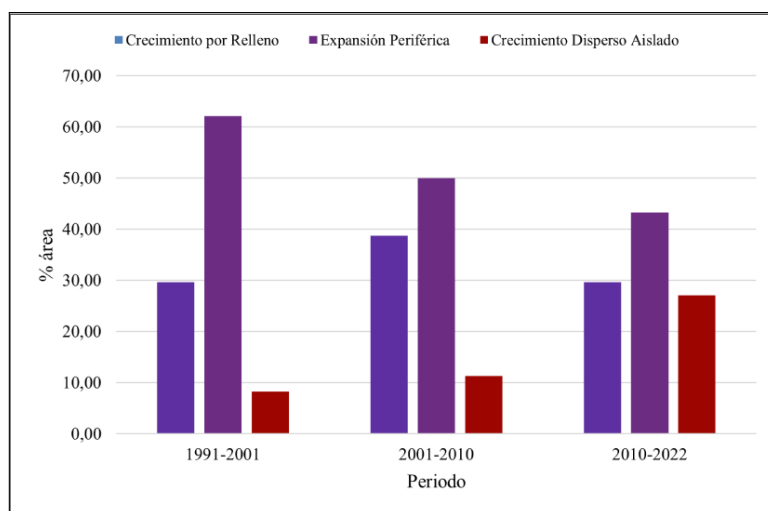


Figura 7. Modos de expansión urbana. A) periodo 1992-2001; B) periodo 2001-2010; C) periodo 2010-2022.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Caracterización morfológica del crecimiento urbano

En virtud de profundizar en la comprensión de los patrones espaciales asociados al crecimiento urbano, en esta sección se analiza la morfología de la expansión urbana mediante la presentación de los resultados de las distintas métricas del paisaje empleadas. Estas permiten caracterizar la estructura espacial, el grado de fragmentación y la disposición relativa de las áreas urbanizadas, complementando el análisis de la participación de los modos de crecimiento previamente presentados.

En este sentido, la Figura 8 muestra la evolución del NP en el crecimiento urbano de PRSP, estableciendo características relevantes para la comprensión del fenómeno. En primer lugar, el aumento Total entre periodos es sostenido, pasando de 696 parches en 1991-2001 a 948 en 2001-2010, para concluir en 1087 parches en 2010-2022. En términos relativos, el aumento total representa un 56%, situación que puede sugerir una



paulatina tendencia hacia la dispersión urbana manifestada en la métrica PA.

Una revisión particular de cada uno de los modos de crecimientos en relación al NP evidencia que, la Expansión Periférica registra para el periodo 1991-2001 un total de 285 parches, aumenta su cantidad en 2001-2010 hasta alcanzar un total de 434 y disminuye a 419 en el periodo 2010-2022 (ver Figura 8). Por su parte, el Crecimiento por Relleno adquiere para el periodo 1991-2001 un total de 179 parches, aumentando en un 82% para el periodo 2001-2010 alcanzando 327 parches; en tanto que, para el periodo 2010-2022 el aumento respecto del periodo anterior es de 61 parches, alcanzando un total de 388 (ver Figura 8). Por último, la situación con el Crecimiento Aislado Disperso es particular dado que, en el periodo 1991-2001 la cantidad de parches se ubica en 232, y existe una disminución a 187 en 2001-2010, sin embargo, para el 2010-2022 aumenta el número de parches a 280.

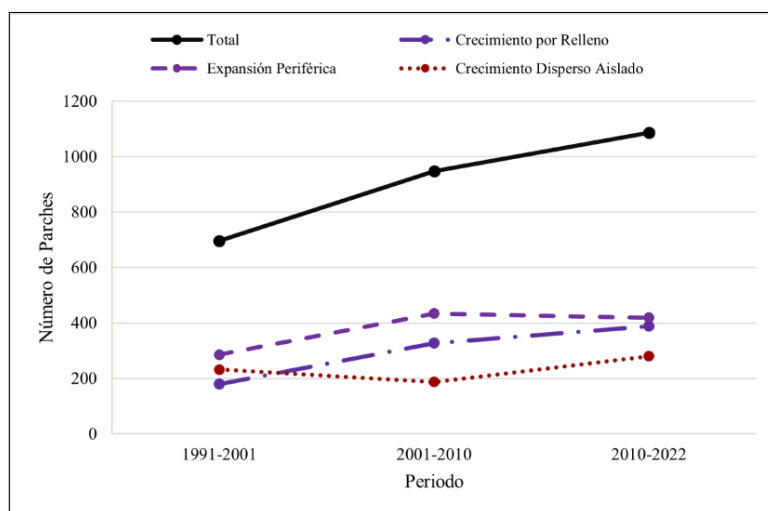


Figura 8. Modos de expansión urbana. A) periodo 1992-2001; B) periodo 2001-2010; C) periodo 2010-2022.

Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el ED permite visualizar la complejidad y fragmentación del paisaje, indicando a partir de la longitud de los bordes la presencia de parches grandes de urbanización, o en su defecto, pequeños parches indicando fragmentación. Para 1991-2001, el Crecimiento Periférico presenta 5174 m/ha, consolidándose como el modo de mayor complejidad en este periodo, reduciendo progresivamente su participación hasta alcanzar los 4700 m/ha en 2001-2010 y 3897 m/ha en 2010-2022, expresando su estabilidad y transición hacia una condición de urbanización más continua y menos fragmentada (ver Figura 9). Por otro lado, el Crecimiento por Relleno no presenta variaciones significativas entre los periodos estudiados, pasando de 3168 m/ha en 1991-2001 a 3198 m/ha en 2010-2022, una situación estable respecto de la urbanización (ver Figura 9). Sin embargo, el Crecimiento Disperso Aislado adquiere una dinámica de mayor trascendencia entre los periodos 2001-2010 a 2010-2022, con un aumento de 81%, representado por 1601 m/ha a 2094 m/ha respectivamente (ver Figura 9). La fragmentación se torna evidente, el ED refleja un aumento considerable en este periodo y se ajusta a las interpretaciones de los indicadores previamente analizados respecto de la tendencia en el patrón de urbanización de la ciudad.

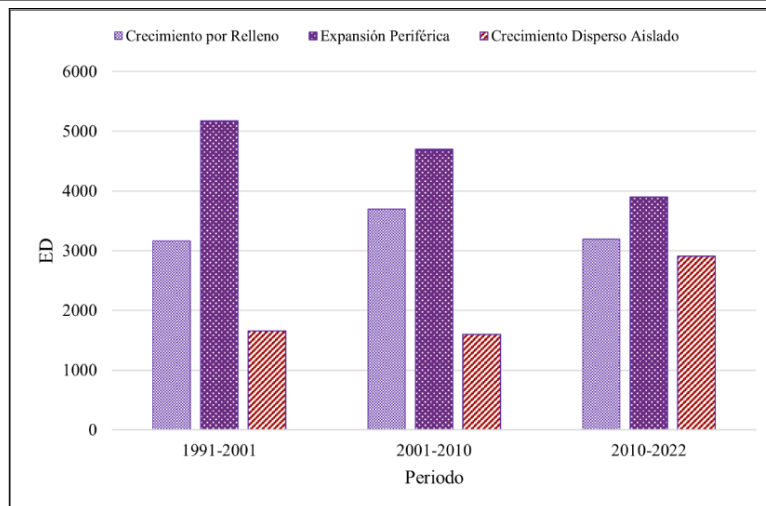


Figura 9. Modos de expansión urbana. A periodo 1992-2001; B periodo 2001-2010; C periodo 2010-2022.

Fuente: Elaboración propia.

6. Conclusiones

En términos generales, PSRP constituye un municipio con una dinámica territorial y poblacional caracterizada por una marcada variación intertemporal. La evolución demográfica observada se traduce en un incremento de la superficie urbanizada superior al 50%, acompañado de un patrón de ocupación de baja densidad.

El análisis de la mancha urbana evidencia que el crecimiento de la cobertura urbana se produce en estrecha relación con los cambios de cobertura registrados en el período de estudio. En este proceso, la expansión urbana se desarrolla a expensas de ambientes naturales y productivos, particularmente coberturas de vegetación arbustiva, herbácea y arbórea, lo que implica transformaciones significativas en la estructura del paisaje.

Estas dinámicas no solo modifican la configuración territorial del municipio, sino que también generan potenciales impactos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. En este contexto, el estudio empírico de los cambios de cobertura constituye una herramienta fundamental para comprender la transformación del territorio y aportar insumos técnicos para la planificación urbana y la gestión sostenible del crecimiento.

La utilización del ANN resultó pertinente para analizar el patrón espacial global de la mancha urbana, constituyendo un antecedente metodológico para su aplicación en ciudades intermedias. Los resultados indican que el crecimiento se desarrolla mayoritariamente en espacios contiguos al área urbana consolidada. Si bien se registró un leve incremento en el valor del ANN en 2022 (indicando una tendencia hacia una mayor dispersión relativa), este comportamiento no altera el patrón general del proceso de urbanización, sino que se vincula con la aparición de nuevos parches aislados en el último período analizado. En síntesis, el Crecimiento Periférico constituye el modo predominante en PRSP, con una participación del 62,3 % de la superficie total incorporada, manteniendo su dominancia en todos los períodos observados. No obstante, resulta relevante el incremento del Crecimiento Disperso Aislado, particularmente entre 2010 y 2022, donde registró un aumento superior al 100 % respecto del período anterior, evidenciando un proceso incipiente de fragmentación urbana.

El NP y la ED constituyen métricas fundamentales para evaluar la mancha urbana. Estas herramientas evidencian no solo la fragmentación del territorio y la dispersión de los núcleos urbanos, sino también las tendencias de expansión más allá de los límites normativos, permitiendo identificar áreas de consolidación y zonas susceptibles a la presión urbanística. Los resultados muestran un aumento del número de parches urbanos en cada modo de crecimiento, ofreciendo una síntesis general del patrón predominante. Asimismo, la ED refleja el incremento del perímetro de los parches urbanos, especialmente en el modo disperso, indicando una



expansión más fragmentada y extensa del paisaje urbano.

En este escenario, los resultados obtenidos constituyen un insumo estratégico para la planificación territorial, al permitir identificar las tendencias espaciales del crecimiento urbano y los sectores más dinámicos en transformación. La incorporación sistemática de herramientas geotecnológicas y métricas espaciales en los procesos de ordenamiento urbano puede contribuir a orientar la expansión futura, minimizar la fragmentación del paisaje y promover un desarrollo territorial más equilibrado y sostenible.

Referencias bibliográficas

- Alberto, J. (2008). *Geografía, crecimiento urbano, ambientes, paisajes y problemas: El Área Metropolitana del Gran Resistencia (A.M.G.R.)*. Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). <https://1library.co/document/yr3lj1p-geograf%C3%ADa-crecimiento-urbano-ambientes-paisajes-problemas-metropolitana-resistencia.html>
- Bhatta, B. (2010). *Analysis of urban growth and sprawl from remote sensing data*. Springer.
- Bikis, A., Engdaw, M., Pandey, D. & Pandey, B. K. (2025). The impact of urbanization on land use land cover change using geographic information system and remote sensing: A case of Mizan Aman City, Southwest Ethiopia. *Scientific Reports*, 15, (12014). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94189-6>
- Buzai, G. D. (2003). *Mapas Sociales Urbanos*. Lugar Editorial S. A
- Buzai, G. D. y Baxendale, C. A. (2011). *Análisis socioespacial con sistemas de información geográfica: perspectiva científica. Temáticas de base raster*. Lugar Editorial.
- Camagni, R., Gibelli, M. C. y Rigamonti, P. (2002). Urban mobility and urban form: The social and environmental costs of different patterns of urban expansion. *Ecological Economics*, 40(2), 199–216. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(01\)00254-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(01)00254-3)
- Cardozo, O. D., Gutiérrez, J. y García, J. C. (2010). Influencia de la morfología urbana en la demanda de transporte público: Análisis mediante SIG y modelos de regresión múltiple. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (10), 82–102. <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/193>
- Cardozo, O. D. y Bondar, C. E. (2019). Estados de situación de coberturas y usos de la tierra en Latinoamérica. En G. Buzai (Comp.), *Teoría y métodos de la geografía cuantitativa: Libro 2. Por una geografía empírica* (pp. 185–196). Universidad Nacional de Luján.
- Chuvieco, E. (2007). *Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio*. Ariel.
- Cruz-Muñoz, F. (2021). Patrones de expansión urbana de las megaurbes latinoamericanas en el nuevo milenio. *Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales*, 47(140). <https://doi.org/10.7764/EURE.47.140.02>
- Da Silva, C. J., Insaurralde, J. A. y Cardozo, O. D. (2014). Cartografía de coberturas del suelo mediante sensores remotos de la ciudad de Resistencia, Argentina (2013). *Revista Geográfica Digital*, 11(21), 1–18. <http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo21/archivos/dasilva14.pdf>
- Da Silva, C. J. y Cardozo, O. D. (2018). La organización espacial de los usos del suelo y la actividad comercial en la ciudad de Resistencia. En *Estudios urbanos del Área Metropolitana del Gran Resistencia: Geografía aplicada como aporte a la planificación territorial* (pp. 51–76). Instituto de Investigaciones Geohistóricas (IIGHI)-CONICET/UNNE
- Da Silva, C. J. (2018). *Zonificación de los usos del suelo en la ciudad de Resistencia, Argentina: Hacia la construcción de un modelo de ciudad intermedia por medio de sistemas de información geográfica (SIG)* (Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22078.46403>
- Da Silva, C. J., López, P. E. y Arias, F. C. (2022). Las inundaciones en las áreas urbanas: El caso del Área Metropolitana del Gran Resistencia. *Revista de Geografía Norte Grande*, (82), 333–354. <https://doi.org/10.4067/SO>

718-34022022000200333

- Dijkstra, L., Poelman, H. y Veneri, P. (2019). *The EU-OECD definition of a functional urban area* (OECD Regional Development Working Papers No. 2019/11). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/d58cb34d-en>
- Dutta, I. y Das, A. (2019). Application of geo-spatial indices for detection of growth dynamics and forms of expansion in English Bazar Urban Agglomeration, West Bengal. *Journal of Urban Management*, 8(2), 288–302. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2019.03.007>
- Escolano-Utrilla, S. (2017). *Los sistemas inter e intraurbano en la planificación territorial: Transformaciones recientes de las estructuras metropolitanas, dispersión espacial y policentrismo*. Universidad de Zaragoza, Facultad de Filosofía y Letras.
- ESRI (s.f.). *¿Cómo funciona Vecino más cercano promedio?* Environmental Systems Research Institute (ESRI). <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-statistics/h-how-average-nearest-neighbor-distance-spatial-st.htm>
- Gómez, L. F. (2025). Cobertura urbana y expansión territorial en el AMGR: análisis multitemporal con Random Forest y SVM. *Geograficando*, 21(2), e183. <https://doi.org/10.24215/2346898Xe183>
- Hemati, M., Hasanlou, M., Mahdianpari, M. y Mohammadimanesh, F. (2021). A systematic review of Landsat data for change detection applications: 50 years of monitoring the Earth. *Remote Sensing*, 13(15), 2869. <https://doi.org/10.3390/rs13152869>
- Henderson, J. V. (2005). Chapter 24: Urbanization and growth. En P. Aghion y S. N. Durlauf (Eds.), *Handbook of economic growth* (Vol. 1B, pp. 1544–1587). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01024-5](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01024-5)
- Huang, C., Davis, L. S. y Townshend, J. R. G. (2002). An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 23(4), 725–749. <https://doi.org/10.1080/01431160110040323>
- Instituto Geográfico Nacional (s.f.). *Capas SIG*. https://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/InformacionGeoespacial/CapasSIG?utm_source=chatgpt.com.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina [INDEC] (2026). *Portal geoestadístico. Demografía y sociedad*. https://portalgeoestadistico.indec.gov.ar/?indicator_id=164&members=108. Recuperado el 7 de enero de 2026.
- Liu, X., Li, X., Chen, Y., Tan, Z., Li, S., y Ai, B. (2010). A new landscape index for quantifying urban expansion using multi-temporal remotely sensed data. *Landscape Ecology*, 25(5), 671–682. <https://doi.org/10.1007/s10980-010-9454-5>
- López, P. E. (2025). Cambios en las coberturas de tierra y sus impactos en la temperatura del departamento Comandante Fernández (Chaco, Argentina). *Huellas*, 29(2), 153–161. <https://doi.org/10.19137/huellas-2025-2919>
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios [MPFIPyS] (2015). *Atlas ID - Indicadores de Desarrollo Territorial de la República Argentina. Plan Estratégico Territorial. Avance III*. MPFIPyS. <https://issuu.com/altra/docs/atlaslibro>
- Montero Mora, A. y Viales Hurtado, R. J. (2015). La teoría del cambio en el paisaje a partir del cambio del uso de la tierra y la cobertura del suelo (enfoque LUCC): Su utilidad para la historia ambiental. *Reflexiones*, 94(2), 25–33. <https://doi.org/10.15517/rr.v94i2.25385>
- Observatorio Federal Urbano [OFU] (2026). *Tejidos residenciales en Áreas de Expansión Urbana*. Ministerio de Obras Públicas. <https://ofu.obraspublicas.gov.ar/Indicators/UrbanDynamics/UrbanExpansionAreasAtResidentialZones/TechnicalRecord>.
- Oliveira, V. (2022). *Urban morphology: An introduction to the study of the physical form of cities* (2nd ed.). Springer
- Ou, J., Liu, X., Li, X., Chen, Y. y Li, J. (2016). Quantifying spatiotemporal dynamics of urban growth modes in metropolitan cities of China: Beijing, Shanghai, Tianjin, and Guangzhou. *Journal of Urban Planning and*



Development, 142(4), 04016023. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000352](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000352)

- Pal, M. y Mather, P. M. (2005). Support vector machines for classification in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 26(5), 1007–1011. <https://doi.org/10.1080/01431160512331314083>
- Pontius, R., Shusas, E. y McEachern, M. (2004). Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 101(2–3), 251–268. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.008>
- Ramírez, L. y Pértile, V. (2013). Cambio de uso de suelo y tendencias de la expansión urbana entre 1990 y 2030 en Juan José Castelli y Villa Ángela, Chaco, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 5, 194–216. https://docs.wixstatic.com/ugd/79758e_86dff357db74c17b170acd58bc1d69d.pdf
- Ramírez, L. y Pértile, V. (2015). El proceso de urbanización del Chaco, expansión urbana y cambios de usos en ciudades intermedias de la provincia del Chaco, Argentina. 6° Seminario IPUR-BAT, Políticas Urbanas, Gestión Territorial y Ambiental para el Desarrollo Local, Resistencia, Argentina. <http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/1697>
- Santos Preciado, J., Azcárate Luxán, M., Cocero Matesanz, D., García Lázaro, F. y Muguruza Cañas, C. (2012). Análisis detallado del crecimiento urbano mediante tecnologías de la información Geográfica (pp. 81-121). En M. Gómez Delgado y V. Rodríguez Espinoza (Coords.), *Análisis de la dinámica urbana y simulación de escenarios de desarrollo futuro con Tecnologías de la Información Geográfica*. RaMa Editorial.
- Schuster-Olbrich, J. P., Vich, G. y Miralles-Guasch, C. (2023). Expansión urbana más allá del límite urbano: un análisis de Santiago de Chile desde la planificación urbana y sus contradicciones normativas territoriales. *EURE (Santiago)*, 50(150), 1–22. <https://doi.org/10.7764/EURE.50.150.08>
- Seto, K. C., Güneralp, B. y Hutyrá, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Shi, Y., Zhou, L., Guo, X. y Li, J. (2023). The multidimensional measurement method of urban sprawl and its empirical analysis in Shanghai metropolitan area. *Sustainability*, 15(2), 1020. <https://doi.org/10.3390/su15021020>
- Simkin, R. D., Seto, K. C., McDonald, R. I., y Jetz, W. (2022). Biodiversity impacts and conservation implications of urban land expansion projected to 2050. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(12), e2117297119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2117297119>
- Sithole, S. M., Musakwa, W., Magidi, J. y Kibangou, A. Y. (2024). Characterising landcover changes and urban sprawl using geospatial techniques and landscape metrics in Bulawayo, Zimbabwe (1984–2022). *Heliyon*, 10(6), e27275. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27275>
- Sun, C., Wu, Z. F., Lv, Z. Q., Yao, N. y Wei, J. B. (2013). Quantifying different types of urban growth and the change dynamic in Guangzhou using multi-temporal remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.12.012>
- Tavares, J. (2025). La expansión urbana: Transformaciones en el tejido urbano de las ciudades brasileñas y su relación con el cambio climático. *Limaq*, (15), 125–146. <https://doi.org/10.26439/limaq2025.n015.6961>
- Tella, G. (2014). *Planificar la ciudad: Estrategias para intervenir territorios en mutación* (1ra ed.). Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Diseño Editorial
- United Cities and Local Governments [UCLG] (2018). *Intermediary cities*. <https://www.uclg.org/en/agenda/intermediary-cities>. Recuperado el 8 de octubre de 2025
- United Nations (2025). *World urbanization prospects 2025: Summary of results*. Department of Economic and Social Affairs y Population Division. https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/undesa_pd_2025_wup2025_summary_of_results.pdf?utm_source=chatgpt.com
- U.S. Geological Survey [U.S.G.S] (s. f.). *Landsat satellite missions*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat>

t-satellite-missions

- Wilson, E. H., Hurd, J. D., Civco, D. L., Prisloe, M. P. y Arnold, C. (2003). Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 275–285. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00074-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00074-9)
- World Bank Group (2025). *Urban population (% of total)* (indicador SPURB.TOTL.IN.ZS) – Argentina. World Bank Open Data. Recuperado el 12 de febrero de 2026, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.URB.TOTL.IN.ZS?locations=AR>
- Xu, C., Liu, M., Zhang, C., An, S., Yu, W. y Chen, J. M. (2007). The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China. *Landscape Ecology*, 22(6), 925–937. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9079-5>
- Zulaica, L., Ferraro, R. y Vázquez, P. (2012). Análisis integrado del periurbano de la ciudad de Mar del Plata, a partir de la identificación y caracterización de unidades ambientales. *IX Jornadas Nacionales de Geografía Física* (pp. 147–156). Bahía Blanca, Argentina. https://redargentinadegeografiafisica.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/07/16-zulaica-ferraro-vazquez_anc3a1lisis-integrado-del-periurb.pdf

