



Protección Ambiental y Presión Urbana: Dinámica de Expansión de la Mancha Urbana en un Área Natural Protegida del Estado de México, México.


Environmental protection and urban pressure: dynamics of urban sprawl in a protected natural area of the State of Mexico, Mexico.

Pineda Jaimes, Noel B.¹ 

nbpinedaj@uaemex.mx

Campos Apodaca, Nydia L.¹ 

nydiacamposapodaca@gmail.com

Santana Juárez, Marcela V.¹ 

mvsantanaj@uaemex.mx

Manzano Solís, Luis R.¹ 

lrmanzanos@uaemex.mx

¹Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). Facultad de Geografía. Toluca - Estado de México. México.

Recibido: 14/04/2026

Aceptado: 26/05/2026

RESUMEN

El crecimiento urbano en Áreas Naturales Protegidas [ANP] constituye una de las principales presiones territoriales sobre ecosistemas con valor medio ambiental. Este estudio analiza la expansión urbana registrada entre 2024 y 2025 en la zona de amortiguamiento de un ANP, con el objetivo de identificar su distribución espacial y evaluar la vulnerabilidad territorial de sus subzonas frente a procesos de urbanización.

Metodológicamente, se integró información espacial del polígono del ANP, su zonificación oficial y la mancha urbana de ambos años, aplicando análisis espacial para delimitar la expansión urbana y calcular indicadores de superficie urbanizada e índice de presión urbana por subzona.

Los resultados evidencian una expansión diferenciada territorialmente, con mayores niveles de presión en subzonas de protección, restauración y aprovechamiento sustentable de ecosistemas, lo que revela procesos de ocupación incompatibles con la función ecológica y normativa del área protegida.

Palabras clave: Áreas naturales protegidas; presión urbana, vulnerabilidad territorial.

ABSTRACT

Urban growth within Protected Natural Areas [PNA] constitutes one of the main territorial pressures on environ-



mentally valuable ecosystems. This study analyzes urban expansion recorded between 2024 and 2025 within the buffer zone of a PNA, aiming to identify its spatial distribution and assess the territorial vulnerability of its subzones to urbanization processes.

Methodologically, spatial data on the PNA boundary, its official zoning, and the urban footprint for both years were integrated, applying spatial analysis to delimit urban expansion and calculate indicators of urbanized area and urban pressure index by subzone.

Results reveal territorially differentiated expansion patterns, with higher pressure levels concentrated in protection, restoration, and sustainable ecosystem-use subzones, evidencing land occupation processes incompatible with the ecological and regulatory functions of the protected area.

Keywords: Protected natural areas; urban pressure, territorial vulnerability.

1. Introducción

La expansión urbana en territorios ambientalmente protegidos constituye un importante proceso de transformación del suelo que, en la mayoría de los casos, contraviene los objetivos establecidos en los instrumentos de política ambiental. En particular, las áreas naturales protegidas [ANP] declaradas como tal a nivel estatal representan espacios donde la ocupación del territorio se encuentra sujeta a un régimen normativo específico, orientado a salvaguardar funciones ecológicas importantes.

El Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria de la Presa Antonio Alzate es un área natural protegida con una superficie de 11,529 hectáreas, creada mediante una Declaratoria del Ejecutivo del Estado de México¹ con el objetivo de contribuir al desarrollo ambiental sustentable y conservar los ecosistemas hidrológicos, forestales y de producción agropecuaria, así como favorecer la recarga de los acuíferos, fomentar el desarrollo ecoturístico e impulsar la cultura del uso integral del recurso agua, suelo, flora y fauna.

Dentro de esta ANP se encuentran zonas forestales, pastizales, matorrales, zonas de uso agropecuario, barrancas, cañadas, manantiales y sus afluentes, la presa "Antonio Álzate" y zonas urbanas con aproximadamente 32 localidades, de acuerdo con su Programa de Manejo, publicado en la Gaceta del Gobierno del Estado de México el 10 de abril de 2023.

La Declaratoria de creación del ANP establece un marco normativo de aplicación obligatoria en todo su polígono, con independencia de los límites administrativos municipales, por lo que la gestión y regulación del territorio se rigen exclusivamente por los instrumentos estatales en materia ambiental.

El Programa de Manejo del ANP establece un marco normativo mediante una zonificación interna diferenciada en la que, de manera general, se delimitan las zonas núcleo y de amortiguamiento. A su vez, la zona de amortiguamiento está integrada por las subzonas de protección, restauración, de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas y de aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos. Los usos establecidos en estas subzonas responden a criterios ambientales orientados a regular de manera diferenciada las actividades humanas, priorizando la integridad ecológica del ANP.

El interés analítico del presente estudio se orienta en la ocupación del suelo que normativamente es incompatible con el objetivo del Programa de Manejo. Se analizó el crecimiento de la mancha urbana dentro del polígono del ANP en 2024 y 2025, dos años posteriores a la fecha de su publicación. La evidencia revela una discrepancia entre la zonificación establecida en el Programa de Manejo y los procesos reales de ocupación del territorio, los cuales no responden a decisiones de planeación urbana, sino a procesos de urbanización progresiva que se desarrollan al margen de los criterios definidos por el instrumento estatal, afectando la continuidad de los ecosistemas y la funcionalidad ambiental de la subcuenca.

El objetivo de este trabajo es analizar la expansión de la mancha urbana en la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria de la Presa An-

tonio Álzate, a partir del crecimiento urbano del año 2024 a 2025, con el propósito de identificar su distribución espacial y evaluar la vulnerabilidad territorial de sus subzonas frente a procesos de urbanización, mostrando las contradicciones entre la dinámica urbana y el marco normativo ambiental.

2. Marco Teórico

El fundamento teórico de la expansión urbana se remite, casi de forma obligada, a los postulados de Von Thünen sobre el suelo agrícola y la renta de oferta. Este esquema, basado en gradientes de distancia y círculos concéntricos, ofrece una base lógica para comprender la jerarquización del espacio. No obstante, la morfología urbana actual es producto de una lógica más compleja. La intervención de agentes territoriales, como el sector inmobiliario, y las directrices de planeación institucional actúan como fuerzas que tensionan y deforman el modelo clásico. En este sentido, y como bien señalan [Suarez y Delgado \(2007\)](#), lo que a simple vista parece un movimiento poblacional aleatorio hacia las periferias, es en realidad un patrón complejo donde la necesidad humana y los intereses privados redefinen constantemente los límites de lo urbano.

Por otra parte, en las grandes ciudades y metrópolis del mundo, el cambio de uso del suelo es la expresión de la incesante presión de la urbanización sobre espacios abiertos cada vez más escasos. Modelar el cambio en el uso del suelo ayuda a comprender los procesos de urbanización y también puede ser valioso para informar a los tomadores de decisiones sobre las posibles condiciones futuras bajo diferentes escenarios, pudiendo predecir situaciones de conflicto ante la competencia espacial de usos del suelo ([Pineda y Principi, 2019](#)).

Por otra parte, la presión que los asentamientos humanos ejercen hoy en día sobre las Áreas Naturales Protegidas [ANP] es un fenómeno crítico, especialmente en América Latina. No se trata solo de un aumento en el número de habitantes; hablamos de una transformación profunda donde el cemento gana terreno, la economía se concentra y los recursos naturales terminan convirtiéndose en simples mercancías. El resultado es preocupante, una pérdida acelerada de la biodiversidad, pérdida de zonas agrícolas, impacto en sumideros de carbono y contaminación del aire. Aunque el deterioro de los ecosistemas ha sido una constante en la historia ambiental, fue a partir de la segunda mitad del siglo XX cuando la situación tomó un rumbo alarmante. La tendencia a "mercantilizar" la naturaleza intensificó el impacto ambiental de forma drástica ([McNeill, 2003](#)).

Proteger estas áreas no es una tarea sencilla. A menudo, la urbanización avanza de la mano con normativas flexibles, lo que envuelve a las ANP en un mar de controversias. En el territorio se libran disputas reales por la tenencia del suelo y el acceso a los recursos. Esta presión se traduce en alteraciones en el microclima y contaminación del suelo, riesgos de desastres socio-naturales y un deterioro biocultural donde las actividades productivas locales ya no encajan con el entorno ([Holmes, 2015](#); [De la Mora De la Mora, 2020](#))

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, 420 millones de personas ya viven en entornos urbanos, el 80% del PIB mundial se genera en las ciudades y la expansión física de las ciudades supera en un 50% al crecimiento de la población ([Presidencia de la República de México, 2019](#); [United Nations, 2021](#)). Según [Álvarez Malvido et al. \(2021\)](#), para el año 2020, América Latina y el Caribe contaban con 9,154 áreas protegidas. Esto suma unos 8.8 millones de km², donde el 24% es superficie terrestre y el 18.9% es protección marina.

En México, las Áreas Naturales Protegidas [ANP] nacieron con una misión vital: ser los últimos refugios de nuestra biodiversidad y contar con esos servicios ambientales que nos mantienen con vida. Para organizar este esfuerzo, existen diferentes tipos de ANP, a nivel gobierno, existen las federales, las estatales y municipales. A nivel social, se encuentran las áreas ejidales, comunitarias y privadas y las áreas destinadas voluntariamente a la conservación ([Arriola Padilla et al., 2014](#)). A pesar de estos títulos de protección, la mayoría de estas zonas especialmente las terrestres están sufriendo la presión constante de la mancha urbana.

Para entender esta complejidad, diversos estudios sugieren que no basta con mirar el mapa; hay que

analizar cómo interactúan los intereses políticos y económicos en ciudades de todos los tamaños, especialmente en regiones donde la urbanización no se detiene. En este contexto, la protección de la tierra juega un rol económico doble o se usa para generar plusvalía o funciona como una salida para el mercado. Al final, casi todas las ANP presentan algún grado de afectación. Las terrestres, en particular, sufren una intrusión constante del suelo urbano y de mercados inmobiliarios que, movidos por intereses políticos, limitan y asfixian el verdadero propósito de la conservación.

En el Estado de México, la concentración de un porcentaje muy elevado de población y la consecuente necesidad de espacio, bienes y servicios han modificado el territorio. Es evidente que la cercanía con la ciudad de México, principal eje económico y político del país, ha provocado que en los últimos años la entidad tenga una de las dinámicas poblacionales más altas, pasando de un poco más de 1 millón de habitantes en 1950 a 17 millones en 2020, ([Instituto Nacional de Estadística y Geografía, \[INEGI\], s.f.](#)).

Son múltiples los trabajos realizados a nivel global sobre el impacto de la expansión de los asentamientos urbanos en zonas con alta biodiversidad ([Geng et al., 2025](#); [Chaudhuri et al., 2026](#)); en zonas agrícolas ([Denget al., 2024](#); [Kasahun et al., 2026](#)); en lugares con alto almacenamiento de carbono ([Wu et al., 2024](#)); en la calidad de aire ([Jiang et al., 2023](#)). A nivel nacional, el trabajo de [Caro-Borrero et al., \(2021\)](#) estudia los efectos que tiene la urbanización en las áreas periurbanas protegidas en la ciudad de México. Por su parte, [Guevara \(2017\)](#), analiza el impacto del crecimiento urbano de la Reserva Territorial Atlíxcáyotl, Puebla, sobre zonas agrícolas. A nivel local [Manley et al. \(2022\)](#), investigaron sobre el impacto de la urbanización en los recursos hídricos en la Región Hidrológica México-Lerma-Cutzamala entre 1993 y 2018. Los resultados del trabajo demostraron que los cambios en la cobertura del suelo en esta región tienen implicaciones directas para las principales fuentes de agua de la Ciudad de México y Toluca, así como para las comunidades rurales dentro del área.

Por otra parte, la cuantificación sistemática de la expansión urbana enfrenta actualmente un desafío de interoperabilidad metodológica. La diversidad de enfoques utilizados en la medición de impactos frecuentemente adaptados a las particularidades locales mediante matrices y modelos de simulación limita la capacidad de establecer marcos comparativos robustos ([Valencia et al., 2017](#)). Ante esta fragmentación, la integración de los SIG y la Teledetección ha cobrado un protagonismo académico sustancial. Como proponen [Bhatta et al. \(2010\)](#), la utilidad de estas geotecnologías trasciende la mera visualización; permiten una aproximación integral que abarca la caracterización del patrón, el análisis dinámico de la transición y la construcción de escenarios futuros respecto a la expansión urbana, uso del suelo y pérdida de cobertura vegetal.

Los modelos de cambio de uso del suelo incorporan conceptos y conocimientos de una amplia gama de disciplinas. La geografía, como ciencia espacial, contribuye significativamente a la comprensión del cambio de uso del suelo, mientras que la demografía y la economía ayudan a explicar las tendencias subyacentes. La creación de modelos depende en gran medida de las matemáticas y de la ciencia de la información geográfica, pero también incluye muchos elementos de otras ciencias y disciplinas como la planeación urbana y regional.

Aunque no existe una clasificación única y completa sobre las teorías que soportan los estudios de cambio de uso del suelo, es importante mencionar que lo más importante es utilizar fundamentos teórico-metodológicos que proporcionen sustento o soporte a las investigaciones. De acuerdo con [Juan \(2021\)](#), no se debe recurrir solamente a métodos, técnicas y herramientas para su cuantificación, medición y representación espacial, pues la teoría ayuda a llevar a cabo el análisis, explicación y evaluación de los procesos socioambientales relacionados con dicha problemática. Al utilizar teorías de uso del suelo, los estudios e investigaciones adquieren un carácter científico.

Que no exista una sola teoría en los estudios de cambio de uso del suelo, se debe a las diferentes epistemologías, enfoques y formaciones científicas de quienes las han propuesto y quienes las utilizan. En los tiempos actuales los límites disciplinarios se pueden difuminar, sobre todo con la transdisciplinariedad y la interdisciplinariedad entre campos científicos. La economía urbana y regional adopta los conceptos y procedimientos de

la economía general, como los precios de los factores de producción, de los productos y los servicios, los costos de transporte, costo marginal, economías de escala, externalidades y sobre todo la utilidad. En el campo de la ciencia regional se incluyen conceptos tanto económicos como sociológicos.

Las escalas temporales y espaciales también son un problema, ya que en muchas ocasiones los estudios teóricos sirven para explicar la realidad en un nivel de análisis micro y el análisis espacial y temporal se realiza a una escala superior, o a la inversa, un ejemplo del pensamiento escalar es la unidad de área modificable (*Modifiable Areal Unit Problem*, por sus siglas en inglés) lo cual es un problema derivado de la resolución, particularmente de la agregación de los datos (Ruiz y Galicia, 2016). Otro inconveniente es la forma en que se manipulan los factores impulsores del cambio, ya que algunos de ellos funcionan a una escala espacial, pero a otra escala no son válidos, la posible explicación para este hecho es que varias teorías utilizadas para entender los cambios están asociadas con disciplinas no espaciales, como la economía, la sociología, la ciencia política, entre otras.

Algunas teorías ofrecen explicaciones para cierto tipo de cambio como la industrialización, la urbanización, la suburbanización, la deforestación, aunque las explicaciones que ofrecen proporcionan una explicación superficial de patrones y regularidades observadas. Hay varias razones para esta pobreza explicativa de las teorías. En primer lugar, muchas teorías no se centran en el cambio del uso del suelo per-se; más bien se ocupan del cambio de sus fuerzas conductoras y no ofrecen una explicación de cómo los cambios en esas fuerzas conductoras producen cambios particulares en el uso del suelo. En segundo lugar, muchas teorías son funcionalistas-estructuralistas, lo que significa que no permiten que una variedad de factores históricos, institucionales, políticos y otros factores explicativos más profundos.

En conjunto, este marco teórico permite comprender que la expansión urbana sobre Áreas Naturales Protegidas es un proceso territorial complejo cuya manifestación espacial muestra las tensiones entre la ocupación urbana y los objetivos de conservación ambiental. Bajo esta perspectiva, el análisis de la urbanización en áreas naturales protegidas requiere una aproximación teórico-metodológica que permita abordar el cambio de uso del suelo como un proceso territorial espacialmente diferenciado, cuya incidencia debe interpretarse en función de las condiciones normativas y ambientales que se presentan en el territorio.

3. Materiales y métodos

3.1. Área de estudio

La selección del Área Natural Protegida Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria de la Presa Antonio Álzate como caso de estudio se sustenta en una combinación de criterios ambientales, normativos y territoriales que la convierten en un espacio particularmente pertinente para el análisis de la expansión urbana en zonas que normativamente están destinadas a la protección y restauración de los recursos naturales.

Se trata de un ANP de alta relevancia ambiental, cuyo decreto de creación reconoce explícitamente su función en la protección y restauración de áreas forestales y zonas estratégicas de recarga hídrica vinculadas a la subcuenca tributaria de la Presa Antonio Alzate. Estas funciones ambientales le dan un carácter estratégico no solo desde el punto de vista ecológico, sino también en términos de sostenibilidad territorial y gestión de los recursos naturales.

El ANP se localiza en la porción central del Estado de México, dentro de la región fisiográfica del Valle de Toluca, formando parte de un sistema territorial caracterizado por la presencia de zonas forestales, áreas de recarga hídrica y cuencas de aporte a cuerpos de agua importantes.

El polígono del ANP se inserta en una zona de transición entre áreas predominantemente forestales y espacios con presencia de asentamientos humanos. Esto lo hace especialmente importante para la regulación

ambiental en un contexto de creciente ocupación humana. Desde el punto de vista hidrológico, el área protegida comprende territorios que integran la subcuenca tributaria de la Presa Antonio Álzate, elemento clave en la dinámica hídrica regional y en la provisión de servicios ecosistémicos asociados al agua.

En términos de localización relativa, el ANP se encuentra próxima a zonas urbanas del centro del Estado de México, lo que incrementa su exposición a procesos de expansión urbana y cambio de uso del suelo. Territorialmente, el polígono del área protegida se distribuye en cuatro municipios: Temoaya, Jiquipilco, Toluca y Almoloya de Juárez (Figura 1). No obstante, esta distribución administrativa no condiciona su régimen de manejo, ya que la delimitación y regulación del ANP responden a criterios ambientales definidos a escala estatal, orientados a la protección y restauración de recursos forestales y de funciones ecológicas esenciales para el equilibrio territorial del Valle de Toluca y áreas colindantes.

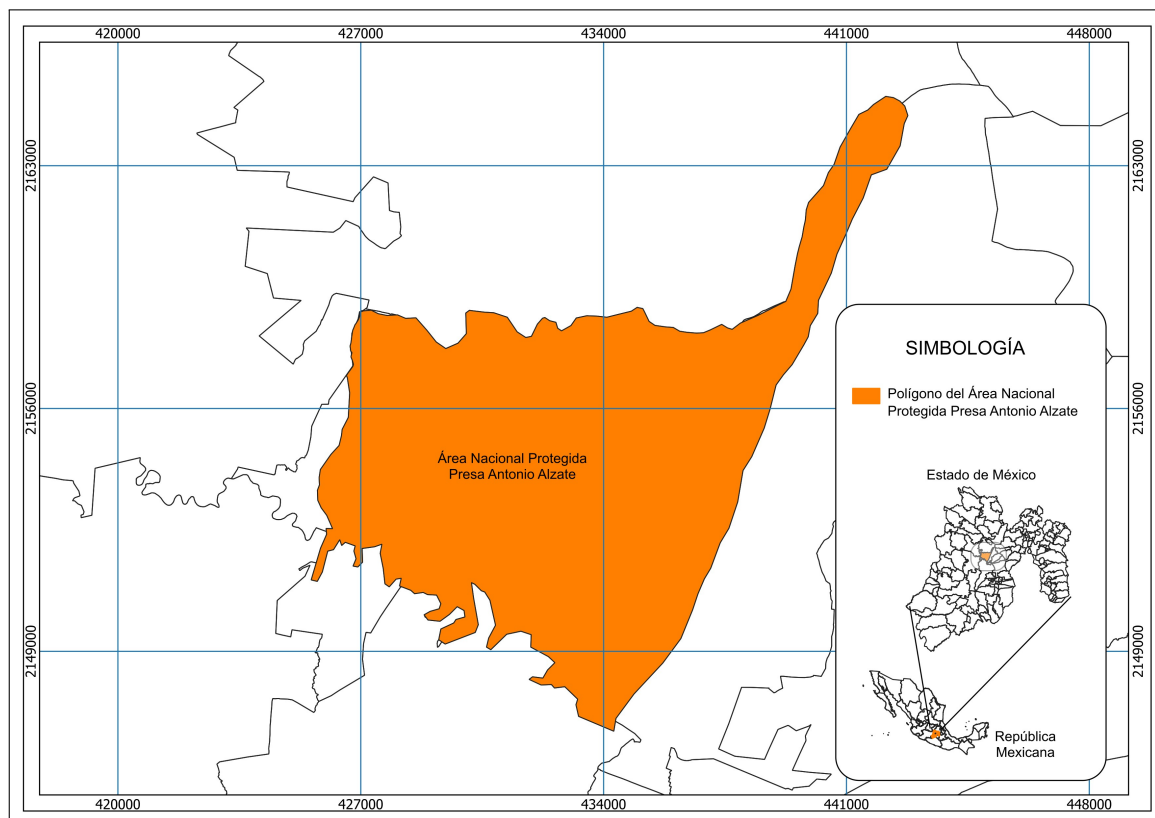


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en cartografía de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna del Estado de México.

El ANP cuenta con un marco normativo claramente definido, establecido a través de una Declaratoria estatal y desarrollado mediante el Programa de Manejo respectivo, el cual establece una zonificación interna diferenciada en dos grandes zonas (Figura 2):

Zona Núcleo, integrada en su totalidad por la presa "Antonio Álzate" con una superficie de 911.16614 hectáreas, que representa 7.9% del total del polígono del ANP.

Zona de Amortiguamiento, conformada por aquellas áreas en las que se busca que las actividades a realizar en su interior se orienten hacia el desarrollo sustentable, creando condiciones necesarias para lograr la conservación de los ecosistemas. Abarca una superficie de 10,618.67 hectáreas y ocupa 92.1% de la superficie total del ANP.

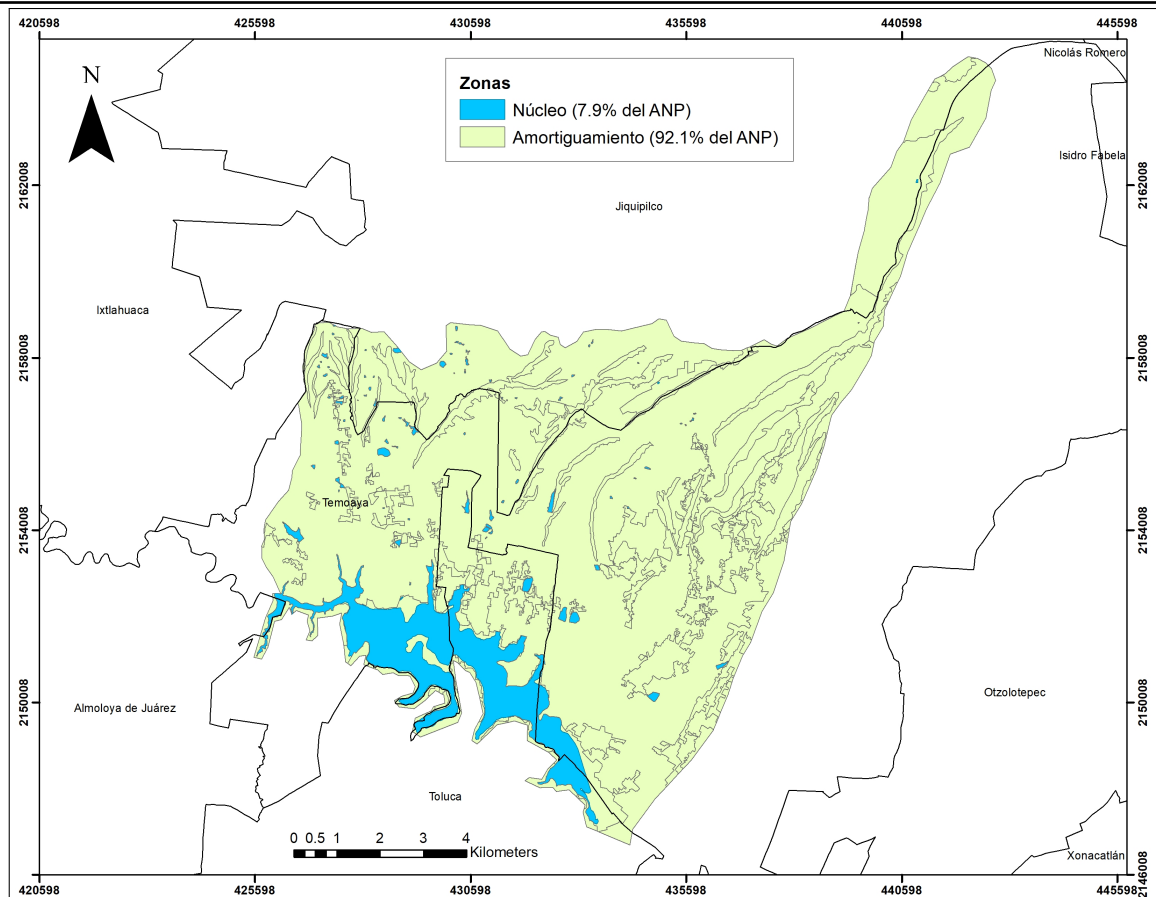


Figura 2. Zona núcleo y de amortiguamiento del ANP Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria de la Presa Antonio Álzate.

Fuente: Elaboración propia con base en cartografía de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna del Estado de México.

A su vez, la zona de amortiguamiento está integrada por las siguientes subzonas (Figura 3):

- 1) Subzona de protección.- Abarca una superficie de 1,087.13 hectáreas, que representan 9.43% de la superficie total del ANP. Se considera la superficie con mayor integridad ecológica dentro del ANP, en ella se ubican las cañadas, zonas de recarga de manantiales y bosques.
- 2) Subzona de restauración.- Ocupa una superficie de 879.90 hectáreas que corresponden a 7.63% del ANP, en las que se identifican procesos de degradación, por lo que es necesario realizar actividades que contribuyan a la restauración de las funciones hidrológicas y ecológicas de los ecosistemas.
- 3) Subzona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas.- Se conforma por 7,655.74 hectáreas, equivalente a 66.4% del total de la superficie del ANP, integra superficies que por sus cualidades ambientales y socioeconómicas permiten que los recursos naturales puedan ser aprovechados bajo un enfoque sustentable.
- 4) Subzona de aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos.- Está conformada por una superficie de 995.90 hectáreas, que representa 8.64% del total del ANP, donde se han modificado significativamente los ecosistemas originales por el establecimiento de asentamientos humanos, desarrollo de actividades productivas, comerciales e industriales, así como por el establecimiento de infraestructura y equipamiento educativo, cultural, de salud, comunicación, recreación y deporte.

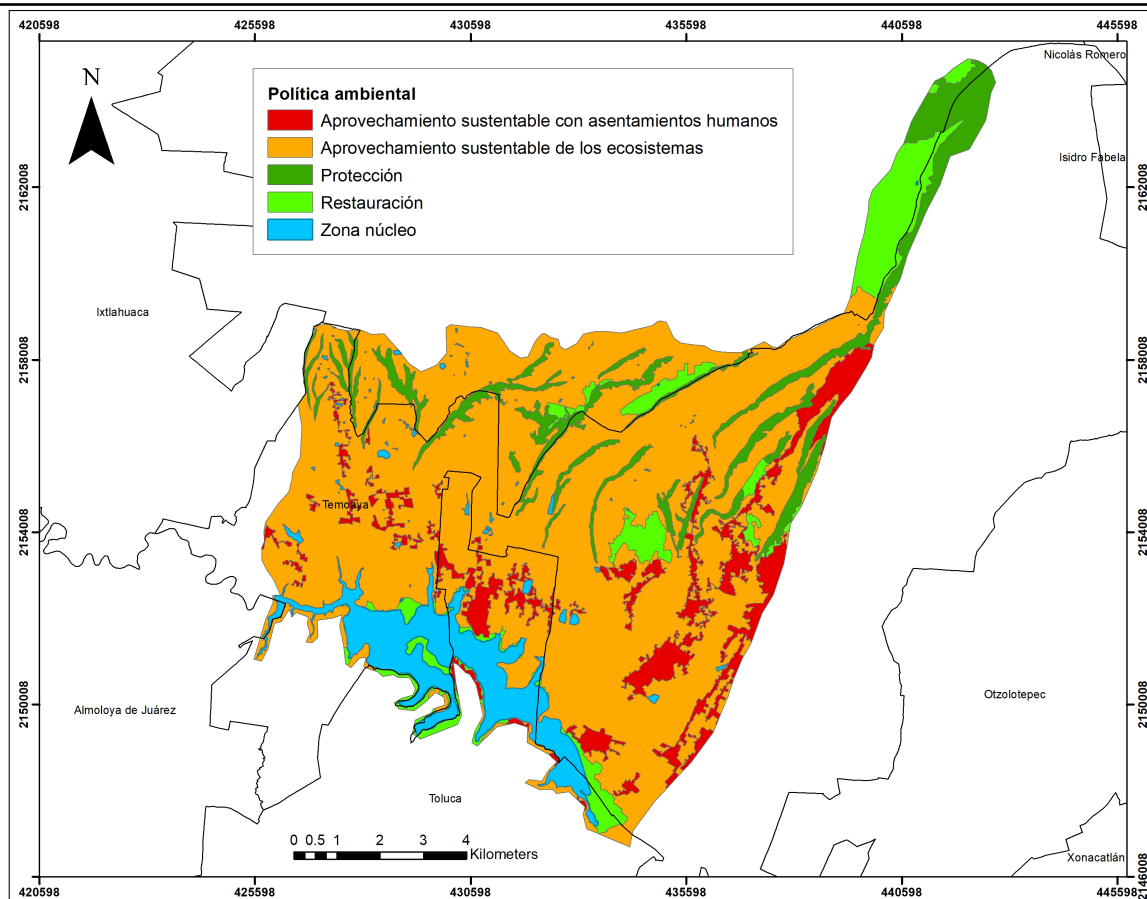


Figura 3. Zonificación del ANP Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria de la Presa Antonio Álzate.

Fuente: Elaboración propia con base en cartografía de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna del Estado de México.

3.2. Datos

La investigación se sustentó en la integración y análisis de las siguientes fuentes de información:

El Programa de Manejo y la cartografía de zonificación correspondiente, del ANP Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Presa Antonio Álzate, elaborado por la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna del Estado de México [CEPANAF], el cual constituyó la base normativa del análisis, en particular la delimitación oficial del polígono del ANP y su zonificación interna.

La cartografía de la zona urbana al año 2024, obtenida de la plataforma SIGEM del Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México [IGECEM]. Esta información fue utilizada como línea base para la identificación de la extensión de la mancha urbana en el ANP.

Se realizó trabajo de campo y de gabinete orientado a la actualización de la cartografía urbana al año 2025, mediante la verificación en sitio de la ocupación del suelo y la interpretación de imágenes satelitales recientes. Este proceso permitió complementar la información oficial, particularmente en zonas donde se identificaron procesos recientes de expansión urbana no registrados en la cartografía de 2024.

3.3. Técnicas de análisis

El estudio se desarrolló mediante un enfoque espacial-cartográfico apoyado en Sistemas de Información Geográfica [SIG], con el propósito de identificar y cuantificar la expansión de la mancha urbana en el Área Natural Protegida [ANP] Parque Estatal Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria de la Presa Antonio Álzate en los dos años posteriores a la fecha de la publicación de su Programa de Manejo, 2024 y 2025.



La metodología empleada es concordante conceptual y operativamente con el objetivo planteado y con el marco teórico que sustenta el análisis de la expansión urbana en Áreas Naturales Protegidas, y atiende una secuencia estructurada en cuatro etapas (Figura 4).

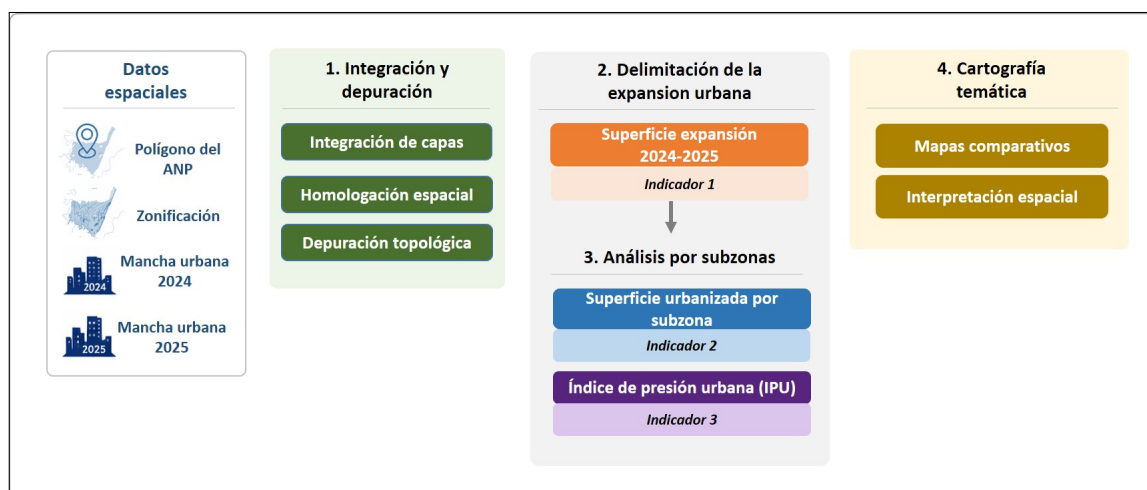


Figura 4. Etapas del análisis.

Fuente: Elaboración propia.

La utilización de Sistemas de Información Geográfica, la delimitación espacio-temporal de la mancha urbana, el análisis por subzonas y el índice de presión urbana [IPU] permiten hacer operativo el objetivo de identificar la distribución espacial de la expansión urbana y evaluar la vulnerabilidad territorial por presión urbana frente a procesos de urbanización. Esta aproximación resulta congruente con los planteamientos teóricos que reconocen que el cambio de uso del suelo responde a interacciones complejas entre regulación territorial y condiciones espaciales heterogéneas.

Asimismo, el análisis por subzonas permite reconocer que la presión urbana no se distribuye homogéneamente sobre el territorio, mientras que el IPU posibilita interpretar la urbanización como una presión territorial diferenciada y no únicamente como crecimiento físico de la mancha urbana. Esto fortalece la capacidad analítica del estudio para identificar las discrepancias entre la dinámica de urbanización y los objetivos de conservación ambiental establecidos en la normatividad del Área Natural Protegida.

La cartografía temática y comparativa constituye un componente fundamental de la metodología, ya que permite representar espacialmente los patrones de expansión urbana y su relación con la zonificación ambiental. En conjunto, la metodología integra dimensiones espaciales, territoriales y normativas que permiten analizar críticamente la expansión urbana como un proceso territorial diferenciado dentro de la zona de amortiguamiento del Área Natural Protegida analizada.

Procesos

Se inició con la preparación y homologación de la información espacial, en la cual se integraron en una misma base de datos geoespacial las capas cartográficas correspondientes al polígono del ANP, su zonificación oficial definida en el Programa de Manejo y las capas de la mancha urbana correspondientes a los años 2024 y 2025. Como parte de esta etapa se verificó la compatibilidad de los sistemas de referencia espacial utilizados y se realizó la depuración topológica necesaria, con el propósito de asegurar la consistencia geométrica y la integridad analítica de la información empleada.

Posteriormente, se llevó a cabo la delimitación de la expansión urbana mediante un análisis de superposición espacial que permitió identificar los polígonos de crecimiento urbano ocurridos entre 2024 y 2025 al interior del ANP. Este procedimiento hizo posible diferenciar la mancha urbana preexistente correspondiente

al año 2024 de la expansión reciente registrada en 2025. A partir de esta delimitación se definió el indicador 1: superficie de expansión urbana total (ha), el cual cuantifica el área total incorporada a usos urbanos dentro del polígono del ANP durante el periodo 2024–2025.

En una tercera etapa se desarrolló el análisis por subzonas ambientales de la zona de amortiguamiento. Para ello, se identificó la distribución de la mancha urbana en los años 2024 y 2025 dentro de cada subzona ambiental, lo que permitió calcular el indicador 2: superficie urbana por año y subzona (ha), referido al área de expansión urbana localizada en cada subzona para ambos años de análisis. Con base en esta información, se estimó posteriormente el indicador 3: índice de presión urbana por subzona [IPU], correspondiente al periodo 2024–2025.

Finalmente, se realizó la elaboración de cartografía temática, generando mapas que representan la distribución espacial de la mancha urbana en relación con la zonificación del ANP, así como los cambios observados entre los años 2024 y 2025. Estos productos cartográficos constituyen el principal insumo para la interpretación de resultados, ya que permiten visualizar de manera integrada la magnitud, localización y patrones espaciales del crecimiento urbano dentro del Área Natural Protegida.

En relación con el IPU, de la revisión bibliográfica se identifica que no existe un índice universal, sino diseños particulares de éste para objetivos específicos. Así, se tiene que [Hernández Guerrero \(2024\)](#) presenta un IPU sobre ANP en México considerando las 74 zonas metropolitanas del país (escala macro), utilizando técnicas de geoestadística y análisis de componentes principales e integrando variables asociadas al crecimiento poblacional, expansión urbana, densidad urbana y proximidad de la urbanización respecto de las áreas naturales protegidas, lo que evidencia que la presión urbana puede ser entendida como un fenómeno multidimensional derivado de la intensidad y expansión de los procesos de urbanización.

En el mismo sentido, pero a escala regional, [Trujillo-Rodríguez et al. \(2022\)](#) proponen un índice de presión en ocho áreas naturales protegidas de la zona metropolitana de Guadalajara y sus respectivas áreas de influencia. Utilizan percepción remota con clasificación supervisada y análisis multicriterio y consideran factores ambientales y antrópicos en la construcción del IPU, demostrando que la presión urbana puede ser representada a partir de variables que expresan transformación territorial, deterioro ambiental y cambio de uso del suelo.

Asimismo, [Tormo \(2009\)](#) analiza a escala regional la presión urbanística en la provincia de Alicante, a partir de una caracterización socioeconómica y territorial basada en el análisis de programas de planeación estratégica. Utiliza el análisis descriptivo y comparativo de los Planes de Actuación Integrada y los Planes Generales de Ordenación Urbana para cuantificar la carga urbanística proyectada. Operacionalizan la presión urbanística a través del número de viviendas proyectadas, la superficie del suelo que cambia de suelo no urbanizable a suelo urbanizable o urbano y el consumo de recursos hídricos, enfatizando el vínculo entre crecimiento urbano y presión territorial

Por su parte, organismos gubernamentales como la Junta de Castilla y León, España, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México reconocen que la concentración de población urbana constituye un indicador válido de presión sobre el territorio y los recursos naturales, debido a que implica mayores demandas de infraestructura, suelo, agua, servicios y capacidad ambiental.

La revisión precedente permite identificar que la medición de la presión urbana sobre las ANP ha sido abordada mediante enfoques metodológicos diferenciados, condicionados tanto por la escala de análisis como por los objetivos específicos de cada investigación. En este contexto, el presente estudio propone un índice de presión urbana por subzona (IPU) orientado a medir la intensidad relativa del crecimiento urbano al interior de las subzonas que integran la zona de amortiguamiento del ANP, a partir de la relación entre el incremento de la superficie urbanizada registrado entre 2024 y 2025 y la superficie total de cada subzona. Si bien se reconoce que la variable poblacional constituye un componente relevante en la evaluación de la presión urbana, ésta no

fue incorporada debido a la falta de correspondencia temporal entre la disponibilidad de los datos oficiales de población y los registros del crecimiento urbano analizados en el estudio.

Este IPU representa una aportación novedosa para el análisis de la expansión urbana en territorios sujetos a distintas funciones normativas y ecológicas, particularmente desde una escala micro al interior de un ANP, ámbito escasamente explorado en estudios a nivel local. Su construcción resulta metodológicamente pertinente en función de los objetivos de la investigación, centrados en analizar la expansión de la mancha urbana, identificar sus patrones de distribución espacial y evaluar la vulnerabilidad territorial por presión urbana de las subzonas frente a los procesos de urbanización. En este sentido, el índice privilegia la dimensión territorial de la presión urbana, expresada mediante la ocupación material del suelo, al constituir la manifestación más directa, observable y espacialmente verificable de transformación territorial dentro del ANP.

Asimismo, el IPU permite evidenciar las contradicciones entre la dinámica efectiva de expansión urbana y el marco normativo ambiental aplicable a las distintas subzonas, identificando aquellas en las que el crecimiento urbano se desarrolla en contravención de los usos y restricciones establecidos por la regulación ambiental correspondiente. Por ello, el índice se justifica no sólo por su capacidad analítica para interpretar los procesos territoriales de urbanización, sino también por su utilidad potencial como instrumento de apoyo para la gestión local, el monitoreo territorial y la evaluación del cumplimiento normativo en áreas ambientalmente protegidas.

4. Resultados

A partir del análisis espacial de capas vectoriales, se obtuvieron los indicadores establecidos, los cuales fueron definidos en términos operativos en un Sistema de Información Geográfica.

Superficie de expansión urbana total (ha)

La superficie de expansión urbana total cuantifica la extensión total del crecimiento de la mancha urbana dentro del polígono del ANP en los años 2024 y 2025, expresada en hectáreas.

Este indicador, representado con le (Ecuación 1), permite dimensionar en términos absolutos, el impacto espacial de la urbanización sobre la zona de amortiguamiento del ANP.

$$SEU = S_{urb,2025} - S_{urb,2024}$$

Ecuación 1. Cálculo de la superficie de expansión urbana de 2024 a 2025.

Fuente: *Elaboración propia.*

Donde:

SEU = Superficie de expansión urbana total (ha)

$S_{urb,2025}$ = Superficie urbana dentro del ANP en 2025 (ha)

$S_{urb,2024}$ = Superficie urbana dentro del ANP en 2024 (ha)

En la [Figura 5](#) se muestra, en color amarillo, la superficie de expansión urbana de 2024 a 2025.

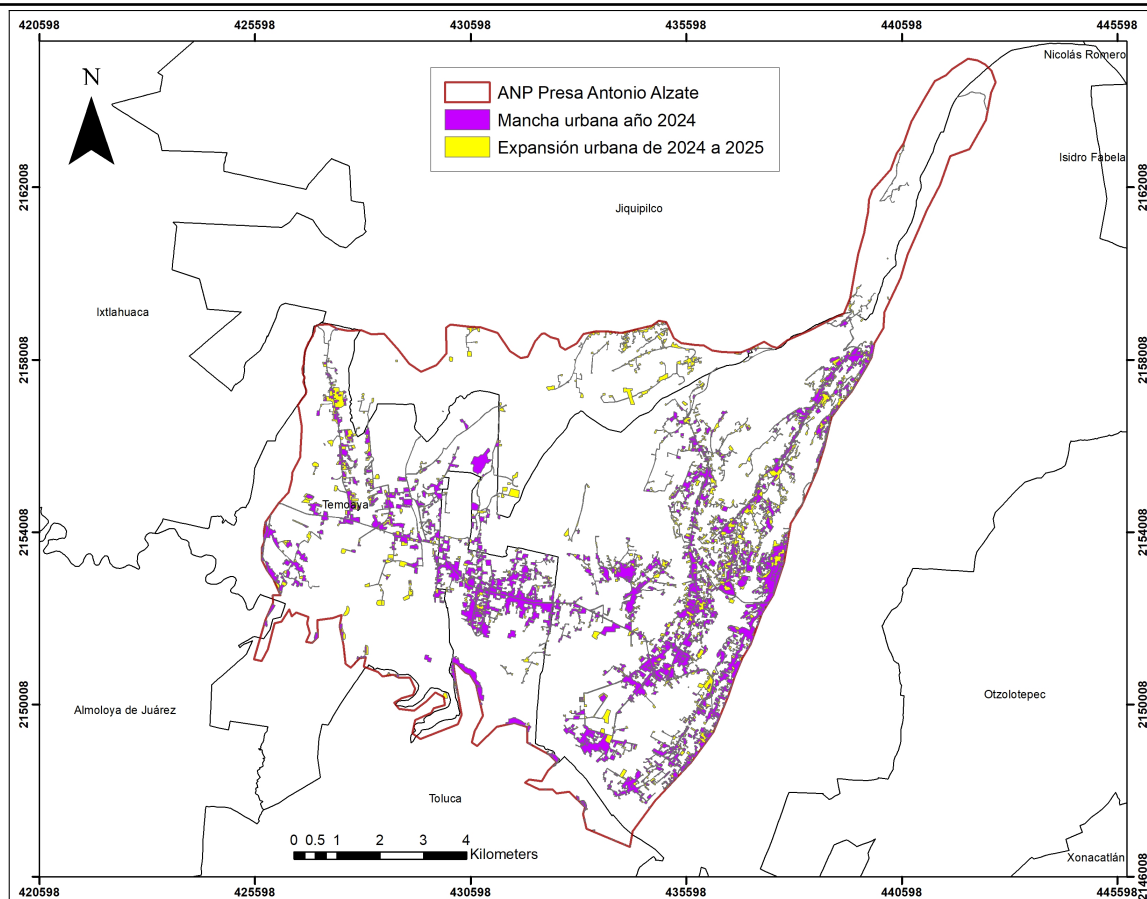


Figura 5. Expansión urbana de 2024 a 2025.

Fuente: Elaboración propia con base en cartografía de la Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna del Estado de México.

Como se muestra en la [Tabla 1](#), de la fórmula establecida resulta que la superficie de expansión urbana total de 2024 a 2025 es 448.56 hectáreas.

Tabla 1. Superficie de expansión urbana.

Año	Superficie urbana (ha)	Superficie de expansión urbana (SEU)
2024	945.42	448.56 ha
2025	1393.98	

Fuente: Elaboración propia.

$$SEU = 1393.98 - 945.42$$

$$SEU = 448.56 \text{ ha}$$

De acuerdo con lo anterior, el análisis cartográfico permitió identificar una superficie de expansión urbana total de 448.56 hectáreas al interior del ANP durante el periodo 2024–2025, lo que representa solamente un año. Esto evidencia un proceso sostenido de crecimiento urbano en un ANP sujeta a regulación ambiental.

Superficie urbanizada por subzona (ha)

La superficie urbana por subzona cuantifica la extensión absoluta del suelo urbanizado dentro de cada subzona del ANP, expresada en hectáreas, en los años 2024 y 2025 ([Ecuación 2](#)).



$$SUS_i = S_{urb,año} \cap Z_i$$

Ecuación 2. Cálculo de la superficie urbanizada por subzona.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

SUS_j = Superficie urbanizada por subzona en el año j (ha)

$S_{urb,j}$ = Mancha urbana del año j

Z_i = Polígono de la subzona ambiental i

\cap = Operación de intersección espacial

El indicador se obtuvo mediante la superposición cartográfica de la capa de mancha urbana de 2025 y de 2024, y la capa de cada subzona ambiental del programa de manejo, utilizando herramientas de análisis espacial en un Sistema de Información Geográfica. Posteriormente, se calcularon las superficies resultantes en hectáreas y se agregaron por tipo de subzona. Los resultados informados en la [Tabla 2](#) muestran un evidente incremento de la superficie urbanizada de 2024 a 2025 en las cuatro subzonas.

Tabla 2. Superficie urbanizada por subzona.

Subzona	SUS ₂₀₂₅ (ha)	SUS ₂₀₂₄ (ha)
Protección	7.94	2.98
Restauración	14.05	6.25
Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas	593.86	278.54
Aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos	775.76	657.12

Fuente: Elaboración propia.

Índice de presión urbana por subzona [IPU]

El Índice de presión urbana por zona ambiental [IPU], calculado a partir de la [Ecuación 3](#), mide el grado de ocupación urbana relativa que presenta cada tipo de subzonas del ANP, en función de la superficie urbana incrementada del año 2024 a 2025, respecto a la superficie total de dicha zona.

En términos analíticos, el IPU expresa el incremento en la presión urbana de cada subzona originada por el crecimiento urbano de 2024 a 2025.

$$IPU_i = (SUS_{i,2025} / S_{tot,i}) - (SUS_{i,2024} / S_{tot,i})$$

Ecuación 3. Cálculo del índice de presión urbana por subzona.

Fuente: Elaboración propia.

Donde:

IPU_i = Índice de presión urbana en la subzona i

$SUS_{i,2025}$ = Superficie urbanizada en la subzona i en el año 2025 (ha)

$SUS_{i,2024}$ = Superficie urbanizada en la subzona i en el año 2024 (ha)

$S_{tot,i}$ = Superficie total de la subzona i (ha)

i = Tipo de subzona (protección, restauración, aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos)

Para calcular la proporción de afectación por subzona se consideraron los datos contenidos en la [Tabla 3](#):

Tabla 3. Superficie total y superficie urbanizada por subzona.

Subzona	S _{tot} (ha)	SUS ₂₀₂₅ (ha)	SUS ₂₀₂₄ (ha)
Protección	1087.13	7.94	2.98
Restauración	879.90	14.05	6.25
Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas	7655.74	593.86	278.54
Aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos	995.90	775.76	657.12

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando la fórmula establecida para el índice de presión urbana IPU, se obtuvo el incremento del éste [Δ IPU] de 2024 a 2025, el cual es mostrado en la

Tabla 4. Incremento del índice de presión urbana de 2024 a 2025, por subzona.

Subzona	SUS ₂₀₂₅ / S _{tot} (%)	SUS ₂₀₂₄ / S _{tot} (%)	Δ IPU (%)
Protección	0.73	0.27	0.46
Restauración	1.60	0.71	0.89
Aprovechamiento sustentable de los ecosistemas	7.75	3.64	4.11
Aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos	77.89	65.99	11.9

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se tiene que el incremento de la presión urbana entre 2024 y 2025 muestra una tendencia de intensificación del proceso de ocupación territorial al interior del ANP, particularmente en subzonas cuya vocación normativa es ambientalmente restrictiva.

Se observa que el aumento registrado no se limita a áreas previamente consolidadas, sino que se extiende hacia espacios destinados a la protección y restauración. Esto muestra un patrón de expansión progresiva más que un simple proceso de densificación interna, lo que indica una transición gradual desde usos compatibles hacia usos urbanos incompatibles con los objetivos de manejo.

Desde una perspectiva territorial, el incremento observado refleja que la presión urbana se desplaza desde las zonas con asentamientos humanos reconocidos hacia áreas con mayores restricciones ambientales (subzonas de protección y restauración). Este contraste entre los resultados espaciales y el marco normativo del programa de manejo revela una discrepancia entre la normatividad y el uso real del suelo ya que, de acuerdo con el programa de manejo, la subzona de protección responde a un régimen de preservación estricta orientado a mantener la integridad ecológica de los ecosistemas, por lo que prohíbe cualquier actividad susceptible de modificar las condiciones naturales del territorio. Entre las principales restricciones se incluyen el cambio de uso de suelo, las actividades agropecuarias, el establecimiento de asentamientos humanos, la construcción de infraestructura y el desarrollo de usos asociados a la urbanización del espacio natural. Asimismo, se restringen actividades que generen perturbaciones ecológicas directas, tales como el tránsito vehicular fuera de caminos autorizados, actividades recreativas de alto impacto, aprovechamientos extractivos, disposición de residuos, descargas contaminantes y cualquier acción que altere la fauna o los procesos ecosistémicos.

Por su parte, la subzona de restauración establece restricciones orientadas a eliminar presiones antrópicas que interfieran con la recuperación ambiental de áreas degradadas. En este sentido, se prohíben actividades agropecuarias, asentamientos humanos, apertura de nuevos senderos y el desarrollo de infraestructura

urbana, industrial o de servicios. Asimismo, se restringe la instalación de infraestructura potencialmente generadora de impactos ambientales, así como actividades que impliquen perturbación física, biológica o extractiva del medio, incluyendo tránsito vehicular campo traviesa, actividades recreativas de alto impacto, aprovechamiento de materiales, extracción de vegetación y alteración de fauna silvestre.

Si bien el índice de presión urbana IPU permite cuantificar la intensidad espacial de la expansión urbana sobre las subzonas de la zona de amortiguamiento, por sí solo resulta insuficiente para dimensionar la magnitud de la tensión territorial y ambiental del proceso de urbanización.

La interpretación aislada de valores bajos del IPU podría conducir a asumir que la afectación es poco significativa; sin embargo, en las ANP la relevancia del crecimiento urbano no depende únicamente de su magnitud superficial, sino también de las características normativas y ecológicas del territorio afectado. En este sentido, incluso IPU relativamente bajos pueden representar impactos críticos del crecimiento de la mancha urbana cuando ocurren en subzonas destinadas a la protección o restauración ecológica, debido a que estas cumplen funciones estratégicas relacionadas con la preservación de cobertura vegetal, infiltración hídrica o regulación ambiental, en su papel de amortiguamiento de la zona núcleo.

En concordancia con lo anterior, este estudio incorpora el concepto de vulnerabilidad territorial por presión urbana [VTPU], entendido como la susceptibilidad diferenciada de las subzonas frente a procesos de urbanización en función no sólo de la intensidad del crecimiento urbano, sino también de las restricciones normativas y de la función ecológica que desempeñan dentro del ANP. De esta manera, la VTPU permite contextualizar espacialmente el IPU y mostrar las discrepancias entre la dinámica urbana y los objetivos de conservación ambiental.

En este contexto, la amenaza asociada a la VTPU radica en la posibilidad de que las subzonas del Área Natural Protegida vean comprometida su capacidad para cumplir las funciones ecológicas establecidas en la normatividad ambiental. Así, la VTPU no deriva únicamente del crecimiento físico de la mancha urbana, sino de la contradicción entre la urbanización efectiva del territorio y la función ambiental regulada asignada a cada subzona.

Este enfoque pone énfasis en la incompatibilidad entre la expansión urbana, la funcionalidad ecológica del territorio y los objetivos de conservación ambiental, teniendo como núcleo analítico la presión urbana ejercida sobre un espacio ambientalmente protegido.

La propuesta se diferencia de estudios convencionales que abordan la vulnerabilidad territorial desde la perspectiva de la exposición a amenazas naturales, la capacidad adaptativa o las fragilidades socioeconómicas de la población, en el sentido de que el presente trabajo no analiza desastres naturales ni resiliencia social, sino las implicaciones territoriales derivadas de la presión urbana sobre áreas sujetas a protección ambiental. Desde esta perspectiva, la VTPU evidencia la necesidad de fortalecer los mecanismos que garanticen la armonía entre la regulación normativa y la dinámica territorial real.

Bajo este enfoque, los valores obtenidos del IPU permitieron establecer una tipología de VTPU de las subzonas del área de amortiguamiento del ANP, clasificándose con vulnerabilidad por presión urbana alta a la subzona de protección, debido a que constituye el espacio con mayores restricciones normativas al uso del suelo, donde se prohíben asentamientos humanos, infraestructura y transformaciones urbanas permanentes. En consecuencia, la presencia de expansión urbana en esta subzona representa una afectación directa a los objetivos de conservación del ANP, al tratarse de la ocupación de un área cuya función normativa y ecológica está orientada a la preservación. Bajo esta lógica, incluso incrementos relativamente moderados del IPU representan un alto impacto en el territorio.

El nivel de VTPU media-alta fue asignado a las subzonas de restauración y de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas. En el caso de la subzona de restauración, su orientación hacia la recuperación ambiental significa que cualquier grado de presión urbana compromete directamente su capacidad restaurati-

va y la viabilidad de los procesos de regeneración ecosistémica. Por su parte, la subzona de aprovechamiento sustentable de los ecosistemas, si bien permite ciertos usos productivos regulados, no autoriza procesos de urbanización extensiva. En esta subzona, la expansión urbana observada evidencia una sustitución progresiva de actividades productivas compatibles por usos habitacionales y de servicios, configurando un proceso de transformación del territorio que incrementa la vulnerabilidad del ANP. Ambas subzonas fueron identificadas como áreas de transición crítica, en los cuales la presión urbana tiende a consolidarse cuando no existen mecanismos efectivos de control del crecimiento urbano.

Finalmente, se identifica el nivel de VTPU moderada para la subzona de aprovechamiento sustentable con asentamientos humanos, dado que reconoce normativamente la existencia de asentamientos humanos bajo condiciones específicas y de cierta infraestructura básica, lo que le da una mayor capacidad para soportar el crecimiento urbano. Sin embargo, los incrementos acelerados del IPU detectados en esta subzona muestran que la expansión observada excede la capacidad y condiciones previstas por la normativa. Esto significa que, aun tratándose de un espacio con cierta capacidad de urbanización, el crecimiento acelerado puede generar presiones indirectas sobre subzonas más restrictivas, principalmente por procesos de urbanización por contigüidad, incrementando el riesgo de desbordamiento de la mancha urbana hacia áreas ambientalmente más sensibles.

En la [Figura 6](#) se muestra espacialmente el nivel de vulnerabilidad territorial por presión urbana identificado en cada subzona.

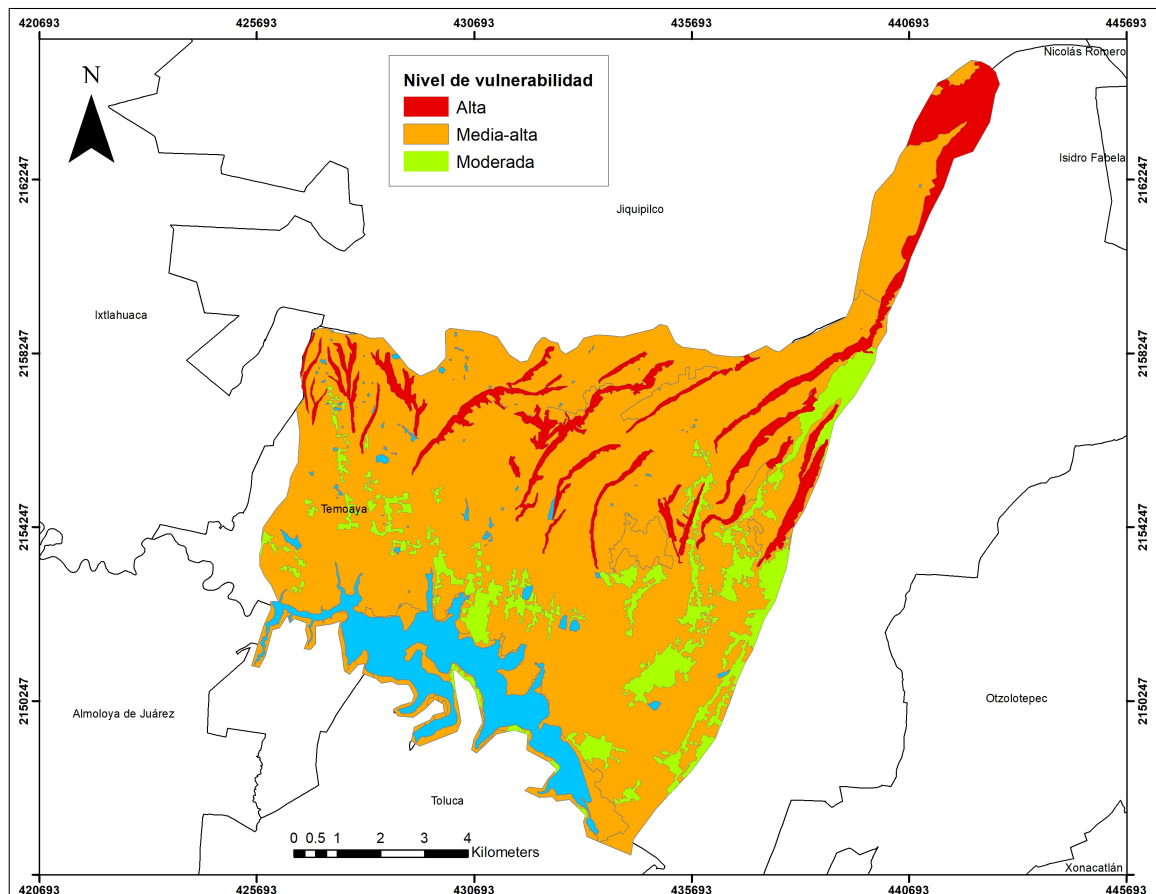


Figura 6. Nivel de vulnerabilidad territorial por presión urbana por subzona.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran que la VTPU no se distribuye de manera homogénea en el ANP, sino que sigue una lógica espacial de desplazamiento desde áreas permisivas hacia zonas con mayores restricciones



normativas.

De los resultados obtenidos se tiene que, si bien la escala microterritorial y la identificación precisa del crecimiento de la mancha urbana en dos temporalidades consecutivas no son frecuentes en estudios de esta naturaleza, es posible reconocer coincidencias analíticas con los hallazgos reportados en la literatura revisada.

En lo relativo al IPU, aunque el estudio de [Hernández Guerrero \(2024\)](#) se desarrolla a escala nacional y en una temporalidad determinada, sus resultados asocian la presión urbana principalmente con el crecimiento de la superficie urbana y la proximidad de la urbanización respecto al suelo de protección, lo que coincide con la lógica de presión por contigüidad territorial identificada en la presente investigación.

Por otra parte, el trabajo de [Tormo \(2009\)](#) comparte como punto de convergencia el análisis de la presión urbanística en relación con los instrumentos de ordenamiento territorial; sin embargo, mientras en el caso de Alicante la propia normatividad urbanística funcionaba como mecanismo causante de la presión territorial, en el área de estudio analizada la expansión urbana ocurre predominantemente al margen del marco normativo ambiental y de planeación territorial, evidenciando una disociación entre la regulación formal del territorio y las dinámicas reales de urbanización.

En cuanto a la VTPU utilizada en este trabajo, los planteamientos de [Reyes et al. \(2021\)](#) coinciden en comprender la vulnerabilidad territorial como una condición social y espacialmente construida, en la que la presión urbana, expresada mediante asentamientos humanos y procesos de ocupación del suelo, evidencia las limitaciones de la normativa ambiental para contener las dinámicas de expansión urbana sobre territorios protegidos.

De igual forma, la propuesta desarrollada presenta amplias coincidencias con [Hidalgo \(2009\)](#) en al menos dos aspectos centrales. En primer lugar, en la concepción de la vulnerabilidad territorial como resultado del rompimiento del equilibrio entre el sistema social (crecimiento urbano) y el sistema natural (función ecológica), lo cual supera la capacidad regulatoria de la normatividad ambiental. En segundo término, coincide con la idea de una "realidad territorial fantasma", entendida como la existencia de transformaciones territoriales materializadas espacialmente, pero incompatibles con el marco normativo vigente. En este sentido, la presencia de expansión urbana en espacios donde la regulación ambiental restringe dichos usos evidencia procesos territoriales que la regulación ambiental no logra contener, reforzando la pertinencia de metodologías capaces de hacer visibles estas contradicciones territoriales.

Por otra parte, se identifica una convergencia entre los resultados de este trabajo y los hallazgos de [Domínguez \(2023\)](#), particularmente en entender la vulnerabilidad territorial como resultado de la discrepancia entre la protección ambiental y las dinámicas reales de transformación territorial. Mientras Domínguez demuestra que la mercantilización del suelo y las modificaciones al marco jurídico debilitan la efectividad de la conservación ambiental, la VTPU muestra procesos de ocupación territorial incompatibles con la función ecológica y normativa de las subzonas del ANP. Ambos enfoques coinciden en reconocer que la expansión urbana y el cambio de uso de suelo, tanto el establecido normativamente como el materializado de facto, representan las principales presiones sobre el territorio protegido.

Con base en lo anterior, se considera que la VTPU definida en el presente trabajo complementa y amplía las perspectivas desarrolladas por los autores revisados, aportando una lectura territorial crítica sobre las contradicciones entre urbanización y conservación ambiental al interior de las Áreas Naturales Protegidas. Su principal contribución radica en integrar la presión urbana como un proceso territorial específico con la normatividad ambiental y la funcionalidad ecológica diferenciada de las subzonas, permitiendo interpretar el impacto territorial de la expansión urbana más allá de su magnitud superficial.

5. Conclusiones

En el análisis espacial del periodo 2024–2025 se observa un incremento significativo de la presión urbana al interior del ANP, con una expansión que no se limita a las zonas con asentamientos humanos reconocidos, sino que se extiende hacia subzonas con vocación ambiental restrictiva.

El mayor nivel de vulnerabilidad se registró en la subzona de protección, donde el Programa de Manejo prohíbe expresamente el desarrollo de asentamientos humanos, infraestructura urbana, cambio de uso de suelo y actividades comerciales e industriales, lo que refleja una discrepancia entre el marco normativo ambiental y las dinámicas reales de ocupación del territorio.

El patrón espacial identificado muestra una expansión por contigüidad, caracterizada por el avance progresivo de la mancha urbana desde áreas con asentamientos humanos consolidados hacia zonas ambientalmente sensibles.

En conjunto, los resultados evidencian limitaciones en la efectividad del Programa de Manejo del ANP frente a las dinámicas de expansión urbana recientes, lo que plantea desafíos relevantes para la preservación de los servicios ecosistémicos de la subcuenca de la Presa Antonio Álzate.

Referencias bibliográficas

- Arriola Padilla, V., Estrada Martínez, E., Ortega Rubio, A., Pérez Miranda, R. & Gijón Hernández, A. (2014). Deterioro de las áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal. *Investigación y Ciencia*, 22(60), 37-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67431160005>
- Álvarez Malvido, M., Lázaro, C., De Lamo, X., Juffe Bignoli, D., Cao, R., Bueno, P. & Guerra, F. (Eds.) (2021). *Planeta Protegido: Latinoamérica y el Caribe, 2020 [informe]*. Ciudad de México, México, Cambridge UK, Gland, Switzerland, Bogotá, Colombia: Red Parques, UNEP-WCMC, CMAP-UICN, WWF, CONANP y Proyecto IA-PA. <https://www.iucn.org/es/news/areas-protegidas/202104/informe-planetaprotegido-2020-latinoamerica-y-el-caribe>.
- Bhatta, B., Saraswati, S. y Bandyopadhyay, D. (2010). Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree of-goodness of urban growth from remote sensing data. *Applied Geography*, 30(1), 96-111. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.08.001>
- Caro-Borrero, A., Carmona-Jiménez, J., Rivera-Ramírez, K. y Bieber, K. (2021). The effects of urbanization on aquatic ecosystems in peri-urban protected areas of Mexico City: The contradictory discourse of conservation amid expansion of informal settlements. *Land Use Policy*, 102(105226). <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105226>
- Chaudhuri, A., Ahasan, R. y Güneralp, B. (2026). Urban expansion and its impact on species ranges and Key Biodiversity Areas in Indonesia. *Biological Conservation*, 316(111731). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2026.111731>.
- Deng, X., Xu, X., Cai, H. y Li, J. (2024). Assessment the impact of urban expansion on cropland net primary productivity in Northeast China. *Ecological Indicators*, 159(111698). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111698>
- De la Mora-De la Mora, G. (2020). *Gobernanza ambiental: conservación de áreas naturales protegidas urbanas y servicios ambientales. El caso de los sistemas de Guadalajara y Monterrey, México (1a ed.)*. CDMX: CRIM-UNAM
- Domínguez, E. (2023). *La vulnerabilidad de las áreas naturales protegidas ante la reforma agraria de 1992. El caso de la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí (1990–2022)* [Tesis de maestría, Escuela Nacional de Antropología e Historia]. <https://www.revistas.inah.gob.mx/index.php/contemporanea/article/view/21065/23145>



- Geng, H., Van Vliet, J., Albert, J., Zhang, L., Qu, Y. y Huang, K. (2025). Rural development outpaces urban expansion in threatening biodiversity in China. *Resources Conservation and Recycling*, 215(108176). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2025.108176>
- Guevara, M. (2017). Impacto del crecimiento urbano en zonas agrícolas: Reserva Territorial Atlixcáyotl, Puebla. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 6(11), 53- 68. DOI:10.18537/est.v006.n011.a04
- Hernández Guerrero, J. (2024). Índice de presión urbana sobre áreas naturales protegidas en México. *Revista Cartográfica*, (109), 55-78. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2663-39812024000200055
- Hidalgo, P. (2009). *Vulnerabilidad territorial: hacia una definición desde el contexto de la cooperación internacional*. *Anales de Geografía, Universidad Complutense*, 29(2), 155–172. <https://revistas.ucm.es/index.php/AGUC/article/view/AGUC0909220155A/30776>
- Holmes, G. (2015). Markets, nature, neoliberalism and conservation through private protected areas in southern Chile. *Environmental and Planning A*, 47(4), 850-866. <https://doi.org/10.1068/a140194p>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (s.f.). Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Jiang, Q., Bei, N., Wu, J., Li, X., Wang, R., Yu, J., Lu, Y., Tie, X. y Li, G. (2023). Impacts of urban expansion on meteorology and air quality in North China Plain during wintertime: A case study. *Urban Climate*, 52(101696). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101696>.
- Juan, J. (2021). Estudio de los procesos de cambio de uso del suelo en México. Fundamentos teóricos y metodológicos (1a Ed.). Clave Editorial
- Kasahun, M., Diriba, D. y Karuppannan, S. (2026). Scenario modeling of urban expansion and its impact on farmland using artificial neural networks: A case study of Chiro Town, Oromia, Ethiopia. *Social Sciences & Humanities Open*, 13(102736). <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2026.102736>
- Manley, E., Ogneva Y., Ruelle, M., Hanumantha, R., Mazari M. y Downs T. (2022). Land-cover change and urban growth in the Mexico-Lerma-Cutzamala Hydrological Region, 1993–2018. *Applied Geography*, 147(102785). <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2022.102785>
- McNeill, J. (2003). Observations on the Nature and Culture of Environmental History. *History and Theory*, 42(4), 5-43. <https://doi.org/10.1046/j.1468-2303.2003.00255.x>
- Pineda, N. y Principi, N. (2019). Análisis espacial de usos del suelo con Sistemas de Información Geográfica. En G. Buzai, L. Humacata y S. Lanzelotti, E. Montes y N. Principi (Comp.), *Teoría y Métodos de la Geografía Cuantitativa* (pp. 75-95). INIGEO. Universidad de Luján. Buenos Aires, Argentina.
- Presidencia de la República de México (2019). Los objetivos de desarrollo sostenible y la visión de país hacia 2030. En *Estrategia Nacional para la implementación de la Agenda 2030 en México* (pp. 25-94). CDMX: Gobierno de México. [https://www.gob.mx/agenda2030/documentos/estrategia-nacional-de-la-imple](https://www.gob.mx/agenda2030/documentos/estrategia-nacional-de-la-implementacion-de-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible-en-mexico)
[mentacion-de-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible-en-mexico](https://www.gob.mx/agenda2030/documentos/estrategia-nacional-de-la-imple)
- Reyes, A., Miranda, V. y Juárez, R. (2021). *Vulnerabilidad y Resiliencia de Áreas Naturales Protegidas ante Asentamientos Humanos Irregulares*. En S. E. Martínez Pellegrini, J. F. Sarmiento Franco y M. C. Valles Aragón (Coords.), *Aproximaciones teórico-metodológicas para el análisis territorial y el desarrollo regional sostenible* (Vol. I). Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Económicas y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional. <https://ru.iiec.unam.mx/5413/1/037-Reyes-Miranda-Ju%C3%A1rez.pdf>
- Ruiz, R. y Galicia, S. (2016). La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socioambientales. *Investigaciones Geográficas*, (89), 137-153. <https://doi.org/10.14350/rig.47515>
- Suarez, M. y Delgado, J. (2007). La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista

y dos alternativos para el año 2020. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 22(1), 101-142. <https://doi.org/10.24201/edu.v22i1.1295>

Tormo, J. (2009). La presión urbanística en las comarcas interiores Alicantinas. *Papeles de Geografía*, (49-50), 133-146. <https://www.redalyc.org/pdf/407/40712345011.pdf>

Trujillo-Rodríguez V., González-Rivera, F., Velarde-Soto, E., Ordaz-Rojas, R., Flores-Guerra, R., Martínez-Díaz J., Alvarado-Garnica, L., Márquez-Delgado, E., Gómez-Gómez, A., Sandoval-Cepeda, G. y Ruiz-Toledo, A. (2022). Índice de presión en las áreas naturales protegidas de la zona metropolitana de Guadalajara [Proyecto de Aplicación Profesional (PAP), Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente]. <https://rei.iteso.mx/items/334cb123-df44-439b-9bcb-019fc3d51047>

United Nations (2021). The sustainable development goals report, 2021. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2021/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2021.pdf>.

Valencia, T.A., Adame, M.S. y Sánchez, N.R. (2017). Reflexión sobre enfoques metodológicos para la medición de la expansión urbana: El caso de la zona metropolitana de Toluca. En G.B. Carrasco (Coord.), *Megaproyectos urbanos y productivos. Impactos socio-territoriales* (pp.105-117). UAEMex.

Wu, T., An, M., Zhang, L., Wu, X. y Li., M. (2024). Modeling urban expansion and its impacts on carbon storage through integrative scenario analysis for sustainable development in the Changchun-Jilin-Tumen region. *Sustainable Cities and Society*, 117(105970). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105970>

Notas

1. Declaratoria del Ejecutivo del Estado por el que se establece el Área Natural Protegida con la categoría de Parque Estatal denominada "Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Presa Antonio Alzate, publicada en el Periódico Oficial Gaceta Gobierno del Estado de México el 12 de mayo de 2006.↑

