

Análisis del uso adecuado e inadecuado del suelo para el desarrollo de políticas públicas en la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco

Analysis of appropriate and inappropriate land use for the development of public policies in the Metropolitan Zone of Santiago Tianguistenco

Claudia Andrea Vilchis Nestor

Daniel Villegas Martínez

Correspondencia:

cvilchis85@gmail.com

Profesor-Investigador de la
Universidad Estatal del Valle de
Toluca

Candidato a SNI.

ORCID: [https://
orcid.org/0000-0002-2993-5155](https://orcid.org/0000-0002-2993-5155)

danielvm@unevt.edu.mx Profesor
de tiempo completo de la
Universidad Estatal del Valle de
Toluca.

Nivel I del SNII.

ORCID: [https://
orcid.org/0000-0002-3970-9987](https://orcid.org/0000-0002-3970-9987)

DOI: [https://doi.org/10.63042/
ne793t78](https://doi.org/10.63042/ne793t78)

Fecha de recepción:

29-Mayo-2025

Fecha de aceptación:

08-Julio-2025

Resumen

La metropolización es un fenómeno que transforma aceleradamente el territorio, generando desarrollo económico, pero también diversos problemas socioambientales, especialmente cuando carece de una adecuada planificación y gestión territorial. En México, la conformación de Zonas Metropolitanas responde a un proceso metodológico integral; no obstante, casos como el de la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco (ZMST), designada en 2016, evidencian la ausencia de estudios que evalúen el uso adecuado del suelo y la efectividad de las políticas públicas que influyen en su desarrollo. Este artículo, enmarcado en el enfoque de Cambio de Uso y Cobertura del Suelo (*Land-Use and Land-Cover Change* [LUCC]), analiza la relación entre uso del suelo, expansión urbana y gobernanza territorial, así como las políticas y estudios relevantes para la ZMST. Se identificó que, si bien existe un marco normativo robusto, las políticas locales requieren actualizaciones estratégicas. El análisis geoespacial comparativo entre los modelos de uso potencial y el uso actual del suelo, permite detectar tanto usos adecuados como inadecuados del territorio, revelando un alto porcentaje de uso inapropiado, lo que contribuye a comprender mejor la dinámica territorial de la ZMST.

Palabras clave: política pública, metropolización, uso potencial de suelo, análisis geoespacial.

Abstract

Metropolization is a phenomenon that rapidly transforms territory, generating economic development but also leading to socio-environmental issues, particularly when lacking proper territorial planning and management. In Mexico, the establishment of Metropolitan Zones results from a comprehensive methodological process; however, cases such as the Santiago Tianguistenco Metropolitan Zone (ZMST), designated in 2016, reveal a lack of studies assessing appropriate land use and the effectiveness of public policies influencing its development. This study, framed within the Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) approach, analyzes the relationship between land use, urban expansion, and territorial governance, as well as the relevant policies and studies concerning the ZMST. Findings indicate that, although a robust regulatory framework exists, local policies require strategic updates. A comparative geospatial analysis between potential and current land use models allowed the identification of both appropriate and inappropriate land uses, revealing a high percentage of unsuitable land use and contributing to a more comprehensive understanding of the territory's development dynamics.

Keyword: Public policies, metropolization, potential land use, geospatial analysis.

Derechos de autor 2025 Los autores conservan el copyright de sus artículos publicados en Regiones y Desarrollo Sustentable, los cuales se distribuyen bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Esto permite su uso, distribución y adaptación siempre que se otorgue el crédito correspondiente al autor original y se indique que el artículo fue publicado por primera vez en Regiones y Desarrollo Sustentable. Nuestra política cumple con los estándares del Directorio de Revistas de Acceso Abierto (DOAJ), promoviendo el acceso abierto y derechos de uso claros.

Introducción

La metropolización es uno de los fenómenos urbanos más significativos de las últimas décadas, especialmente en regiones como América Latina, donde las ciudades han experimentado una rápida expansión y transformación (Romero, 2022). Este proceso no solo implica el crecimiento físico de las ciudades, sino también una compleja reconfiguración social, económica y territorial. La metropolización genera lo que se conoce como la “paradoja de las metrópolis”; es decir, la dualidad entre oportunidades y desafíos. Aunque las metrópolis se han convertido en motores económicos y centros de innovación, también concentran problemas de desigualdad, degradación ambiental y tensiones sociales, los cuales afectan directamente el bienestar de la población (Hassan y Lee, 2014).

Particularmente, las zonas periurbanas y las zonas metropolitanas de reciente creación experimentan una acelerada transformación impulsada por el desarrollo económico y el crecimiento urbano. Sin embargo, la rápida expansión de la mancha urbana, motivada por la migración, el desarrollo de infraestructura y la creciente demanda de vivienda, conlleva desafíos como la ocupación desordenada del suelo, la carencia de servicios básicos y la pérdida de áreas verdes. Estos fenómenos suelen superar con creces la capacidad de las autoridades para planificar y gestionar adecuadamente el territorio, lo que genera mayor vulnerabilidad social y ambiental (Martner-Peyrelongue, 2020; Haldar et al., 2024).

Esta compleja interacción entre crecimiento urbano, cambios sociales y presiones ambientales, requiere de marcos analíticos que permitan comprender sus causas, procesos y consecuencias. En este sentido, el enfoque de Cambio de Uso y Cobertura del Suelo (*Land Use and Land Cover Change* [LUCC]) ofrece una perspectiva útil, ya que explica cómo factores impulsores —como la expansión económica, la migración y el desarrollo de infraestructura— detonan procesos de cambio en el uso del suelo, los cuales generan impactos ambientales y sociales que, a su vez, demandan respuestas institucionales (Lambin y Geist, 2006). Además, este enfoque teórico-metodológico integra herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos espaciales, que permiten analizar cambios históricos, simular escenarios futuros y evaluar los impactos sociales y ambientales asociados a la expansión urbana.

En México, se reconocen 92 metrópolis conformadas por 421 municipios, subdivididas en 48 zonas metropolitanas, 22 metrópolis municipales y 22 zonas conurbadas (SEDATU-INEGI-CONAPO, 2023). Las Zonas Metropolitanas se definen como:

un conjunto de municipios o demarcaciones con al menos 50,000 habitantes, cuya influencia se extiende más allá de sus límites originales, integrando a municipios vecinos con alta interacción socioeconómica. También abarca municipios que incluyen ciudades con una población de un millón o más de habitantes, así como territorios en proceso de conurbación con ciudades estadounidenses que albergan más de 250,000 habitantes. (INEGI, 2015, p. 35)

Por su parte, el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (Naciones Unidas, 2016, p. 2) define las metrópolis como “la integración de varios municipios o localidades alrededor de un núcleo urbano central, cuya dinámica social, económica y territorial está interconectada”.

Para la designación de una nueva Zona Metropolitana, en México se debe seguir un proceso que incluye la identificación de la ciudad central, criterios de delimitación, interacción funcional, continuidad física, criterios demográficos, consulta y aprobación técnica, y publicación oficial. Además, entre los estudios técnicos indispensables antes de la aprobación se encuentran: estudio demográfico, estudio de movilidad y conectividad, estudio de uso potencial del suelo, ordenamiento territorial, estudio socioeconómico, estudio de infraestructura, estudio de vulnerabilidad y riesgos ambientales, estudio de impacto ambiental, estudio de gobernanza y coordinación intermunicipal y estudio de cohesión social y seguridad (INEGI, 2015).

Sin embargo, a pesar de que existen algunas zonas clave, como el Valle de México y Guadalajara (ONU-Hábitat, 2019), que cuentan con estudios técnicos previos a su designación (SEDUE, 1987; INEGI, 1990; SDUEJ, 1989; 1990); en la mayoría de los casos, la expansión metropolitana avanza más rápido que la implementación de estudios e investigaciones formales que guíen su desarrollo. Un ejemplo de esta situación es la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco (ZMST), decretada el 25 de noviembre de 2016, y compuesta por seis municipios: Almoloya del Río, Atizapán, Capulhuac, Tianguistenco, Texcalyacac y Xalatlaco, ubicados en el territorio administrativo del Estado de México (Gobierno del Estado de México, 2016; 2017).

La primera acción para integrar a estos municipios fue la firma del “Marco de Coordinación Intermunicipal entre los municipios de la ZMST”, cuyo principal objetivo fue abordar la interconectividad en materia urbana (Martínez, 2023). De manera paralela, Vilchis y Villegas (2024) desarrollaron el primer modelo integral de uso potencial del suelo para la ZMST. Sin embargo, su acelerado crecimiento urbano, al igual que en otras regiones emergentes de México, enfrenta retos significativos relacionados con la planificación territorial, la distribución equitativa de recursos, y la protección y aprovechamiento (hoy en día explotación) de los componentes socioambientales de su territorio.

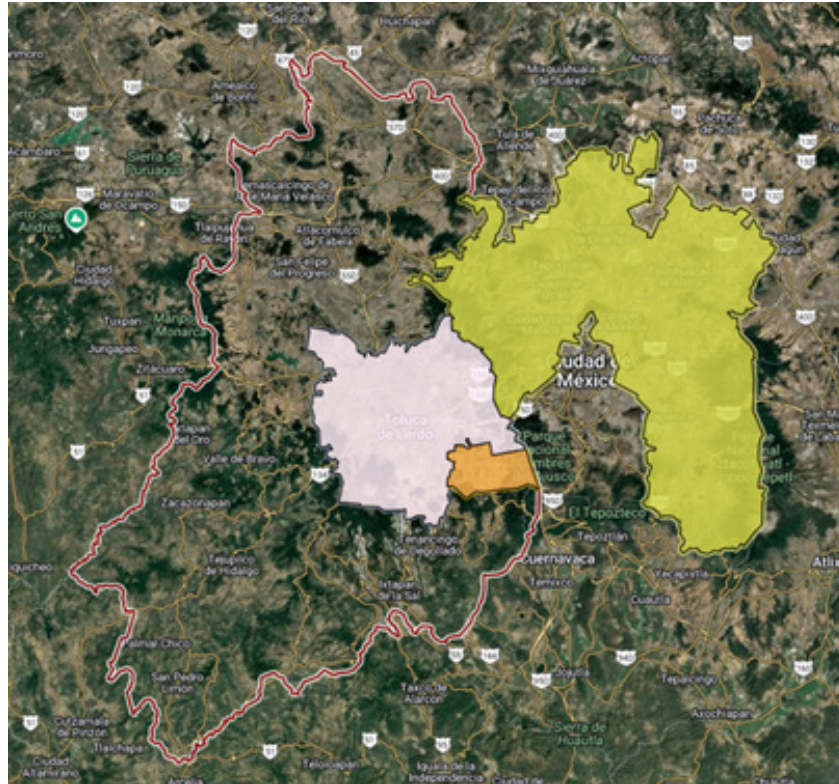
En este contexto, las políticas públicas juegan un papel clave para enfrentar estos desafíos, ya que permiten guiar el desarrollo y aprovechamiento del territorio y sus recursos de manera ordenada y sostenible. La presente investigación tiene como objetivo respaldar la hipótesis de que el estudio del uso potencial del suelo, así como la identificación de los usos adecuados e inadecuados del territorio, son fundamentales para el diseño de políticas públicas que promuevan un crecimiento metropolitano equilibrado. Estas políticas deben prevenir la pérdida y degradación de los componentes ambientales, además de mitigar los problemas sociales asociados al desarrollo desordenado. Para apoyar esta hipótesis, se analizaron políticas públicas relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo territorial a nivel nacional e internacional con influencia sobre la ZMST. Además, se retomaron los modelos previos de uso del suelo como base para desarrollar un modelo específico de uso adecuado e inadecuado del suelo de la ZMST, el cual ofrece un marco técnico valioso para orientar la toma de decisiones estratégicas en la planificación territorial de la ZMST.

Área de estudio: la ZMST

En el Estado de México se reconocen tres zonas metropolitanas (ver Figura 1): la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) y la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco (ZMST) (SEDATU-INEGI-CONAPO, 2023). Esta última se localiza en la región centro del estado, una zona que combina extensos valles y laderas montañosas. La ZMST (ver Figura 2) abarca una superficie de 303.4 km² y cuenta con una población aproximada de 183,281 habitantes, distribuidos de la siguiente manera: Almoloya del Río, 12,694 habitantes; Atizapán, 12,984; Capulhuac, 36,921; Tianguistenco, 84,259; Texcalyacac, 5,736; y Xalatlaco, 30,687 (Gobierno de México, 2020).

Figura 1

Zonas metropolitanas del Estado de México. Zona Metropolitana de Cuautitlán- Texcoco en verde; Zona Metropolitana del Valle de Toluca en beige y Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco en naranja

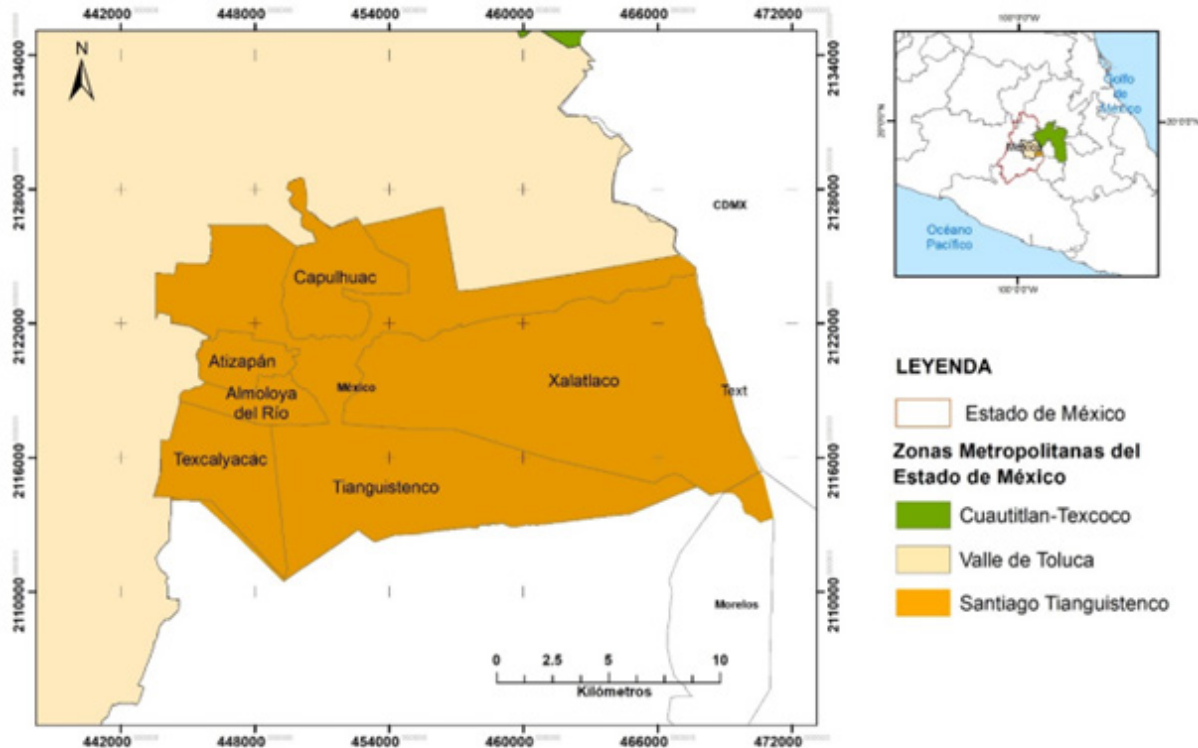


Fuente: Gobierno del Estado de México (2023).

La ZMST limita con el Valle de Toluca y la Ciudad de México, y presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, lo que favorece el desarrollo de una vegetación predominantemente compuesta por bosques de encinos, pinos y oyameles, así como áreas de pastizales inducidos y algunas zonas de tular¹. Todos estos ecosistemas son esenciales para el desarrollo de la biodiversidad y la provisión de servicios ambientales, como la captación de agua y la regulación del clima global.

Figura 2

Ubicación geográfica y municipios integrantes de la ZMST



Fuente: elaboración propia.

Método

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática de artículos científicos, normatividad federal y estatal, acuerdos nacionales e internacionales, y políticas públicas relacionadas con el uso potencial del suelo, el ordenamiento ecológico territorial y el desarrollo sostenible.

El análisis geoespacial se llevó a cabo utilizando el software ArcGIS 8.8TM, mediante métodos y herramientas de superposición y zonificación. Inicialmente, se cargaron tres insumos geoespaciales en formato raster: el modelo de uso potencial del suelo forestal, el modelo de uso potencial del suelo agrícola de Vilchis y Villegas (2024), y el uso del suelo y vegetación (INEGI, 2021). Para integrar estos insumos, se empleó la herramienta *Combine*, que permitió fusionar los tres archivos en un solo archivo raster.

Posteriormente, se utilizó la herramienta *Raster Calculator*, donde el archivo raster resultante del Combine se reclasificó en dos categorías: apto (2) y no apto (1), de acuerdo con los criterios establecidos para cada tipo de uso del suelo y vegetación. Después de la reclasificación, se calculó el área de cada categoría utilizando la herramienta *Zonal Statistics as Table*, lo que permitió obtener estadísticas detalladas de las áreas aptas y no aptas. Finalmente, se calcularon los porcentajes de cada categoría en relación con el área total del territorio mediante fórmulas estadísticas en la herramienta *Field Calculator*. Los resultados fueron representados en mapas temáticos.

Resultados

El territorio administrativo de la ZMST está sujeto a diversos marcos normativos y políticas públicas que tienen como objetivo regular su crecimiento urbano, proteger los componentes del ambiente y mejorar las condiciones de vida de sus habitantes. Estos marcos comprenden leyes federales y estatales, así como políticas públicas locales que, de manera conjunta, buscan garantizar un desarrollo equilibrado, sostenible y equitativo para la región. En la Tabla 1 se resumen algunas de las leyes y políticas públicas revisadas, diferenciadas por tipo de documento, descripción, nivel de aplicación dentro de la ZMST y los desafíos identificados.

Tabla 1*Clasificación de Leyes y Políticas Públicas en la ZMST*

Documento / Ley	Nivel	Descripción	Aplicación en la ZMST	Desafíos Identificados
LEGEPA	Federal	Marco normativo para la protección ambiental y ordenamiento ecológico del territorio a nivel nacional.	Aplicación limitada a nivel local y poca coordinación con planes urbanos.	Falta de implementación y supervisión efectiva.
LGAHOTDU	Federal	Regula el desarrollo urbano y la planificación territorial en México.	Marco de referencia para los Planes de Desarrollo Urbano Municipales.	Prioriza la expansión urbana sin alinearse con la capacidad de carga ambiental.
PEDU	Estatad	Directrices para la conectividad, crecimiento y desarrollo metropolitano.	Define áreas de expansión en la ZMST y zonas de conservación.	Ausencia de un modelo de uso del suelo basado en capacidades locales.
Código para la Biodiversidad del Estado de México	Estatad	Normativa que protege la biodiversidad y regula el uso de suelo en áreas de conservación.	Presente en las áreas protegidas de la ZMT.	Debilidad en la implementación y falta de integración con planes de desarrollo.
PDM Tlanguistenco, Xalatlaco, Capulhuac, Santa Cruz Atizapán, Texcalyacac	Municipal	Regulación del uso del suelo en los municipios que componen la ZMST.	Fragmentación del uso del suelo y expansión urbana.	Falta de alineación con los Programas de Ordenamiento Ecológico Local (POEL).
POEL	Municipal	Definición del uso del suelo con base en la capacidad ecológica y de conservación del territorio.	Delimitación de áreas prioritarias de conservación en la ZMST.	Desvinculación de las políticas de desarrollo urbano y débil implementación.

ODS	Internacional	Conjunto de metas globales para el desarrollo sostenible.	Alineación limitada con los planes locales de la ZMST.	Falta de articulación con los planes urbanos y ambientales locales.
POETEM	Estatal	Instrumento que define el uso y manejo del territorio con criterios de sustentabilidad.	Proporciona directrices para la ZMST en términos de conservación.	Integración débil con los planes urbanos locales.

Fuente: elaboración propia, con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGPA), la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGATODU), el Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México (PEDU); los Planes de Desarrollo Urbano Municipales (PDM); los Programas de Ordenamiento Ecológico Local (POEL), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Plan de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de México (POETEM).

Adicionalmente, se revisaron con mayor detalle los programas locales que desempeñan un papel fundamental en el ordenamiento del territorio y el desarrollo urbano en la ZMST. En particular, el POET y el PMDU. Estos programas cuentan con insumos técnicos como: análisis de uso del suelo, vocación, tenencia de la tierra y diagnósticos socioeconómicos, entre otros, y están enfocados en regular el uso del suelo y la infraestructura. Integran principios ecológicos, sociales y económicos que permiten un enfoque integral de la gestión territorial (ver Tabla 2).

Tabla 2*Detalles del POET y PMDU de los municipios de la ZMST*

Municipio	POET	PMDU	Mapa Uso de suelo	Mapa Vocación
Almoloya del Río	Existente y desactualizado Vigencia 2014-2040	Existente y desactualizado Fecha probable de elaboración 2003	Fecha de elaboración 2003 E2A/ E-2	Fecha de elaboración 2003 D2
Atizapán	Existente y desactualizado Vigencia 2014-2040	Existente y desactualizado Fecha probable de elaboración 2003	Fecha de elaboración 2003 E2A Incompleto	No Disponible
Capulhuac	Existente y desactualizado Vigencia 2014-2040	Existente y desactualizado Fecha probable de elaboración 2003	Fecha de elaboración 2003 E2A/ E2	Fecha de elaboración 2003 D2
Texcalyacac	Existente y desactualizado Vigencia 2014-2040	Existente y desactualizado Fecha probable de elaboración 2003	Fecha de elaboración 2003 E2	Fecha de elaboración 2003 D-02
Tianguistenco	Existente y completo, ligeramente, desactualizado Vigencia 2014-2040	Existente, completo y ligeramente desactualizado 2013- 2015	Fecha de elaboración 2015 E2	Fecha de elaboración 2015 D02
Xalatlaco	Existente, pero desactualizado Vigencia 2014-2040	Existente y desactualizado Fecha probable de elaboración 2003	Fecha de elaboración 2003 E2 Titulado “zonificación del territorio”	Fecha de elaboración 2003 D2

Fuente: elaboración propia con base en el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio (POET) y el Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU).

Asimismo, se encontraron y revisaron seis artículos científicos publicados entre 2018 y 2024, los cuales abordan temas clave relacionados con las Zonas Metropolitanas de México, particularmente en aspectos como urbanización, sostenibilidad, uso del suelo, movilidad y desigualdades sociales. Los temas centrales de los artículos incluyen los factores de expansión de la ZMST, los territorios inteligentes y sustentables (ver Tabla 3); incluso, en algunos de ellos, se analizan las estrategias para la sostenibilidad en las Zonas Metropolitanas emergentes y las desventajas sociales intraurbanas, particularmente en la Zona Metropolitana de Toluca. Cabe señalar que, en la mayoría de los artículos, la relación con la ZMST es indirecta, aunque relevante, ya que los procesos de urbanización y metropolización observados en los estudios son aplicables a este contexto.

Tabla 3*Resumen de Artículos Científicos Relacionados con ZMST*

Artículo	Objetivo
González et al. (2018). <i>Factores de incidencia en la expansión entre 2010 y 2020 de la zona metropolitana de Tianguistenco, Estado de México.</i>	Analiza los factores de incidencia sobre la expansión entre 2010 y 2020 de la zona metropolitana de Tianguistenco, mediante sistemas de información geográfica (SIG).
Campos et al. (2022). <i>Vulnerabilidad ambiental de la zona metropolitana de Toluca por periurbanización.</i>	determinar el grado de vulnerabilidad ambiental que presenta la zona periurbana en la Zona Metropolitana de Toluca.
Mandujano y Cabrera (2024). <i>Las desventajas sociales intraurbanas de la zona metropolitana de Toluca de cara al COVID-19.</i>	Analizar la relación entre las condiciones de vivienda, salud y acceso a artículos esenciales con la incidencia de COVID-19 y comorbilidades en la zona metropolitana de Toluca y la ZMST.
Madrigal et al. (2023). <i>Análisis de los territorios inteligentes y sustentables: caso de la microrregión Lerma en la ZMT.</i>	Examinar los territorios inteligentes y sostenibles en la microrregión Lerma, en el contexto de la Zona Metropolitana de Toluca.
Hernández (2024). <i>Índice de presión urbana sobre áreas naturales protegidas en zonas metropolitanas de México.</i>	Establecer un índice para medir la presión de la urbanización sobre las áreas naturales protegidas en las zonas metropolitanas.
Valdez y Jiménez (2021). <i>Proceso de metropolización, dinámica económica y demográfica en la Zona Metropolitana de Toluca.</i>	Analizar el proceso de metropolización en la zona metropolitana de Toluca y su impacto en la economía y la demografía.

Fuente: elaboración propia.

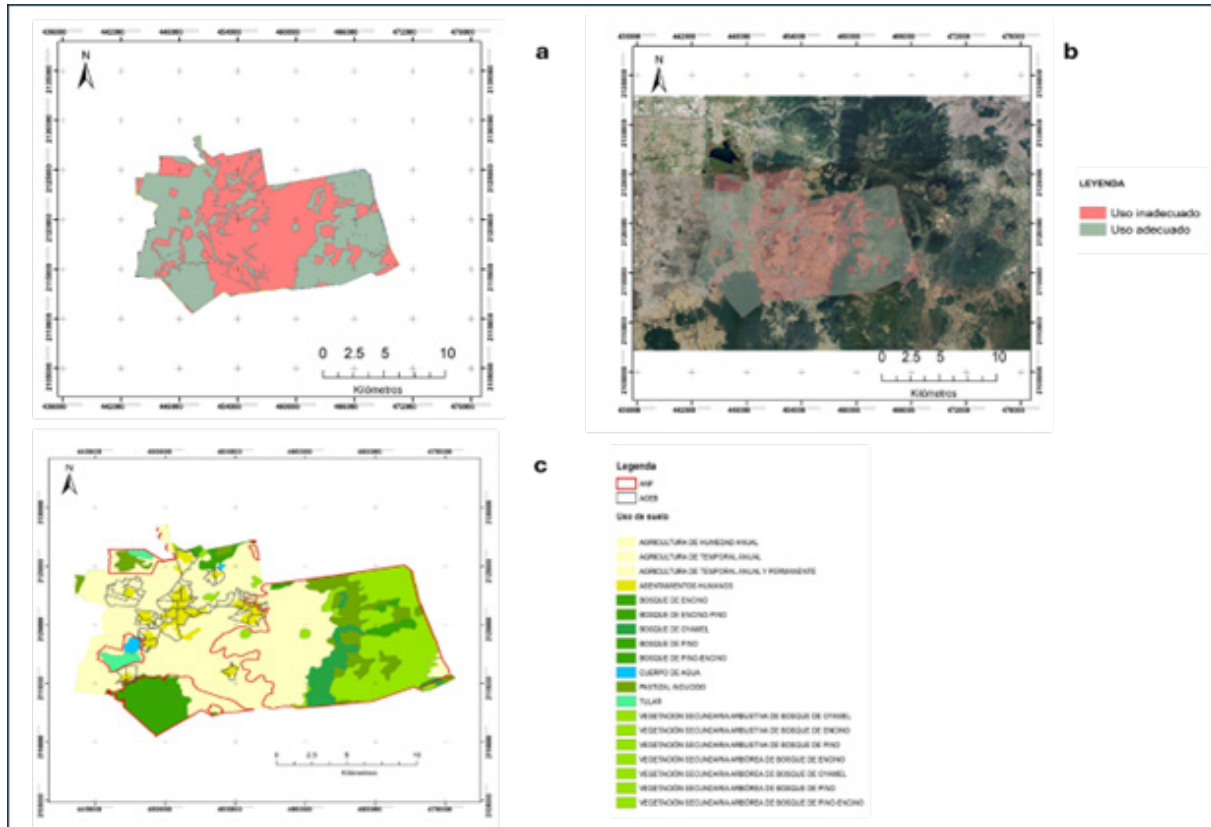
El mapa de uso actual del suelo (ver Figura 3c) revela que predomina el uso agrícola en los seis municipios, e incluso dentro de los límites de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), ubicadas en el contexto geográfico de la ZMST. Además, se observa una extensa cobertura de vegetación secundaria. En comparación con el mapa que muestra el modelo de uso adecuado e inadecuado del suelo en la ZMST (ver Figura 3a), los resultados del análisis geoespacial, obtenidos mediante la integración de tres capas raster (modelo

de uso del suelo forestal, agrícola y el uso del suelo y vegetación), indican que el 45% del territorio se utiliza de manera adecuada, mientras que el 55% restante se utiliza de forma inadecuada. Esta proporción de uso inadecuado coincide con una intensiva actividad agrícola, la expansión de vegetación secundaria, pastizales inducidos y la disminución de bosques nativos presentes en las ANP de la ZMST.

Por su parte, al comparar el uso actual del suelo con la superposición del modelo de uso adecuado e inadecuado, una imagen satelital y la observación directa (ver Figuras 3a y 3b), se encontraron otros usos inadecuados como: asentamientos humanos, pastizales inducidos, vegetación secundaria e industria. Si bien, no se evaluó el potencial de cada categoría en el modelo anterior de uso potencial de suelo, que priorizó el uso forestal y agrícola, es posible observar que los cambios son de enorme relevancia y se ajustan al proceso de degradación en la transformación del paisaje (Gibson et al., 2011). Este proceso de transformación y degradación, caracterizado por la pérdida de ecosistemas originales, como los bosques, debido a actividades industriales y agrícolas, pone de manifiesto la fragilidad de estos territorios y sus funciones ecológicas. Esto, a su vez, enfatiza el riesgo de una reconfiguración ambiental, social y económica de sus pobladores.

Figura 3

Comparación del uso de suelo en la ZMST. Modelo de uso adecuado e inadecuado del suelo en la ZMST (a), superposición de imagen satelital obtenida de Google Earth Pro (b) y mapa temático de uso de suelo actual (c).



Fuente: a) elaboración propia, con base en Vilchis y Villegas (2024); b) elaboración propia, con base en imagen satelital obtenida de Google Earth Pro; c) Elaboración propia con base INEGI 2021 Serie VII.

Discusión

La Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco (ZMST) se encuentra regida por un conjunto de marcos normativos y políticas públicas que abarcan diversas escalas, desde lo internacional hasta lo local. Estos marcos tienen como objetivo regular el crecimiento urbano, proteger los componentes del ambiente y mejorar las condiciones de vida de los habitantes. Las leyes federales y estatales, junto con las políticas locales, buscan garantizar un desarrollo equilibrado, sostenible y equitativo. Sin embargo, a pesar de la existencia de normativas clave como el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial (POET) y el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU), fundamentales para el ordenamiento del territorio, la implementación de estas políticas enfrenta importantes desafíos que limitan su efectividad.

Uno de los principales obstáculos es la falta de actualizaciones periódicas de estos instrumentos normativos, lo que impide su adecuada adaptación a los cambios dinámicos del territorio, por ejemplo, tanto el POET como el PMDU tienen más de 20 años de vigencia sin revisiones sustanciales. Esta falta de actualización, aunada al uso de insumos geoespaciales obsoletos y la ausencia de homologación de datos, ha generado vacíos normativos que facilitan la expansión urbana descontrolada y la transformación de áreas agrícolas y forestales en zonas urbanas e industriales.

Actualmente, puede afirmarse que existe un desfase entre los planes documentales y la realidad territorial, lo que contribuye a la pérdida de funcionalidad ecológica y al deterioro de los servicios ecosistémicos. De acuerdo con la revisión bibliográfica y las entrevistas realizadas por Vilchis y Villegas (2024), los planes de desarrollo municipal de los seis municipios que integran la ZMST incorporan estrategias puntuales para avanzar hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en materia de salud, ciudades asequibles y medio ambiente. No obstante, el conocimiento técnico de los actores gubernamentales involucrados directamente en la gestión territorial y la toma de decisiones fue limitado o nulo durante el periodo de gestión 2022-2024.

Sumado a lo anterior, los programas de ordenamiento territorial, aunque bien intencionados, no logran una aplicación efectiva ni en lo particular (por municipio), ni en lo general (como Zona Metropolitana). En este contexto, resulta fundamental que las políticas públicas y los instrumentos de ordenamiento territorial se revisen y actualicen periódicamente, considerando la conectividad funcional y ecológica entre zonas metropolitanas. Además,

es esencial priorizar el uso de insumos geoespaciales actualizados, así como fortalecer la capacitación del personal administrativo (particularmente a nivel municipal) en temas como sostenibilidad, manejo del territorio y comprensión integral del entorno geográfico.

Desde la perspectiva *Land Use and Cover Change* (LUCC), el análisis de la transformación territorial en la ZMST podría estructurarse en tres niveles: 1) factores impulsores, como el crecimiento demográfico, el desarrollo de infraestructura y dinámicas económicas; 2) procesos de conversión del suelo, incluyendo expansión urbana y reducción de coberturas naturales; y 3) consecuencias ambientales y sociales, como cambios en servicios ecosistémicos, clima regional o bienestar que, a su vez, retroalimentan la formulación de políticas públicas mediante escenarios prospectivos cuantitativos. Sin embargo, para aplicar rigurosamente este enfoque en la ZMST, es indispensable contar con datos geoespaciales actualizados (por ejemplo, imágenes satelitales, fotos aéreas y análisis SIG), así como con información socioeconómica reciente e histórica que permita comprender el rol de los actores sociales, políticos e institucionales (Zhai et al. 2020). En este enfoque, el uso del suelo, en interacción con factores biofísicos, sociales y políticos, condiciona los procesos de transformación del paisaje y las decisiones de política territorial. Este enfoque representa una estrategia efectiva y aplicable al diseño de ciudades sostenibles, equitativas y asequibles, trascendiendo la visión tradicional de un modelo urbano estandarizado.

Adicionalmente, la revisión de artículos científicos publicados entre 2018 y 2024 revela un vacío considerable en la investigación aplicada a la ZMST. La mayoría de los estudios se han enfocado en zonas metropolitanas como el Valle de Toluca o el Valle de México, abordando temáticas como la urbanización acelerada, la sostenibilidad y las desigualdades socioespaciales. Estas investigaciones han identificado factores comunes como la expansión urbana desmedida, la ausencia de planes de desarrollo urbano adecuados y la creciente fragmentación del territorio, elementos que también están presentes en la ZMST. En consecuencia, las estrategias propuestas en dichos estudios pueden fungir como marcos referenciales para orientar la evolución de la ZMST y prevenir problemas sociales, ambientales y de salud pública, como los observados en Ecatepec, Naucalpan, Toluca y la Ciudad de México, donde se han registrado altos índices de delincuencia y desabasto de agua (López-Santiago, Hernández-Juárez y León-Merino, 2017; INEGI, 2012).

Por último, el análisis geoespacial del uso adecuado e inadecuado del suelo en la ZMST, basado en la integración de modelos ráster (uso potencial del suelo forestal y agrícola, y uso

del suelo y vegetación), revela que, aunque el 45% del territorio es utilizado adecuadamente, el 55% presenta un uso inadecuado. Este hallazgo es preocupante, ya que evidencia una expansión urbana e industrial desordenada, así como una transformación acelerada del paisaje. El patrón de cambio incluye el paso de bosques a áreas agrícolas, luego a pastizales inducidos y, finalmente, a zonas habitacionales e industriales en menor escala. Esta secuencia implica una pérdida significativa de cobertura vegetal y biodiversidad, con impactos directos sobre la funcionalidad ecosistémica.

De manera alarmante, gran parte del uso intensivo de suelo agrícola en la ZMST ocurre en Áreas Naturales Protegidas (ANP), lo que contraviene los principios de conservación ambiental. El uso del suelo inadecuado está estrechamente asociado con la reducción de ecosistemas de bosques nativos de encino, oyamel y pino, y con la proliferación de vegetación secundaria y pastizales inducidos (Villegas y Gómez 2020). Estos fenómenos degradan los hábitats naturales y amenazan la resiliencia ecológica del territorio. La alta proporción de territorio utilizado de forma inadecuada subraya la urgencia de revisar y monitorear las políticas de uso del suelo, particularmente en cuanto a aprovechamiento, conservación, protección y restauración, sobre todo en zonas bajo protección ambiental.

Conclusiones

A pesar de la existencia de marcos normativos y de regulación territorial, se identificaron desafíos clave, entre ellos la falta de conocimiento y de coordinación intermunicipal respecto a la normatividad de usos del suelo, incluso por parte de las autoridades locales encargadas de su regulación e instrumentación. También se evidencian debilidades en la integración e implementación de políticas públicas en áreas rurales y urbanas emergentes. Los resultados muestran que el cumplimiento de los objetivos establecidos en programas como el POET y el PMDU sigue siendo limitado, con una instrumentación prácticamente nula. Esta afirmación se refleja en el desajuste entre las políticas públicas aprobadas y la realidad de los usos actuales del suelo dentro del territorio administrativo de la ZMST.

Este artículo enfatiza la necesidad de fortalecer y considerar estudios sobre el uso del suelo que contemplen los cambios de uso, el uso potencial, el uso actual, así como los usos adecuados e inadecuados, utilizando herramientas geoespaciales que contribuyan a reducir el vacío entre la información científica disponible sobre la ZMST y la realidad que enfrenta. Es

esencial promover un crecimiento habitacional, agrícola e industrial ordenado y sostenible, en espacios aptos para su desarrollo. Asimismo, resulta necesario que los programas y estrategias de desarrollo consideren factores ambientales, sociales y económicos de carácter local, y que su monitoreo se lleve a cabo a corto, mediano y largo plazo, de acuerdo con la naturaleza de cada iniciativa. Lo anterior permitiría avanzar hacia un desarrollo equilibrado y sostenible en la ZMST.

El mapa temático más actualizado sobre uso del suelo y vegetación (Serie VII de INEGI) data de 2021, mientras que el modelo de uso adecuado e inadecuado corresponde al año 2024. Aunque ambas fuentes no son completamente actuales ni están elaboradas a escalas cartográficas detalladas, ofrecen un acercamiento bastante preciso a la realidad territorial de la ZMST. A pesar de los esfuerzos por regular el uso del suelo y la cobertura vegetal, persiste una presión significativa sobre las áreas no urbanizadas, en particular sobre bosques y pastizales.

En este sentido, el enfoque metodológico LUCC es una herramienta valiosa para analizar la transformación territorial en la ZMST, pues integra factores biofísicos, sociales y económicos en un marco que facilita proyectar escenarios y diseñar políticas de ordenamiento más efectivas. Si bien, su aplicación no fue posible en este estudio por la falta de datos geoespaciales actualizados y series históricas completas, se prevé su uso en investigaciones futuras para generar modelos y proyecciones que fortalezcan la planeación y el desarrollo sostenible de la región.

Al considerar los desafíos socioambientales que enfrenta la ZMST, resulta fundamental que las políticas públicas y los programas de ordenamiento territorial se revisen y actualicen periódicamente, conforme a los cambios y necesidades emergentes. Igualmente, es prioritario fortalecer la coordinación interinstitucional e intermunicipal para asegurar su aplicación, regulación y monitoreo continuo.

Además, el análisis del uso actual y adecuado del suelo en la ZMST revela un marcado desajuste en las prácticas de manejo territorial, ya que más de la mitad del área analizada se encuentra bajo usos inadecuados. Este patrón de uso y aprovechamiento genera una creciente presión sobre los componentes naturales, particularmente aquellos ubicados dentro de Áreas Naturales Protegidas (ANP), afectadas por el desarrollo y la expansión agrícola constante. Esta situación fomenta la degradación continua de los ecosistemas forestales de la región.

En este sentido, es urgente implementar e instrumentar estrategias de monitoreo sobre el desarrollo de actividades permitidas, reguladas y prohibidas en las zonas bajo protección

ambiental, ya que estas áreas experimentan actualmente las mayores presiones de degradación socioambiental, lo cual pone en riesgo el equilibrio ecológico de la región.

Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) y a la Universidad Estatal del Valle de Toluca (UNEVT) por las facilidades brindadas.

Referencias

- Campos-Medina, E., Adame-Martínez, S. y Hoyos-Castillo, G. del C. (2022). Vulnerabilidad ambiental de la zona metropolitana de Toluca por periurbanización. *Revista de Geografía*, 24(2), 151-168. <https://www.redalyc.org/journal/401/40174429007/40174429007.pdf>
- Gibson, L., Lee, T. M., Koh, L. P., Brook, B. W., Gardner, T. A., Barlow, J., ... Sodhi, N. S. (2011). Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity. *Nature*, 478, 378-381. <https://doi.org/10.1038/nature10425>
- Gobierno de México (2020). *Data México: Tianguistenco*. <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/tianguistenco>
- Gobierno del Estado de México (2016). *Decreto número 159*. <https://legislacion.edomex.gob.mx/sites/legislacion.edomex.gob.mx/files/files/pdf/gct/2016/nov255.pdf>
- _____. (2017). *Zona Metropolitana de Tianguistenco*. Consejo Estatal de Población del Estado de México. <https://coespo.edomex.gob.mx/sites/coespo.edomex.gob.mx/files/files/coespopdfzms17.pdf>
- _____. (2023). *Sistema de Información Geográfica de Zonas Metropolitanas*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Obra. <https://seiumevi.edomex.gob.mx/SIGZonasMetropolitanas/portal/visorSIGZM.do#>
- González, I. M., Santana Juárez, M. V. y Santana Castañeda, G. (2018). Factores de incidencia en la expansión entre 2010 y 2020 de la zona metropolitana de Tianguistenco, Estado de México. En *Retos para el desarrollo territorial* (pp. 40-60). <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/105006268/RETOS2-libre.pdf>

- Haldar, S., Chatterjee, U., Bhattacharya, S. y Saha, A. (2024). Peri-urban dynamics: Assessing expansion patterns and influencing factors. *Ecological Processes*, 13, 58. <https://doi.org/10.1186/s13717-024-00533-5>
- Hassan Abbas, M. y Lee, H. (2014). *The paradox of the sustainable city: Definitions and examples*. Environment, Development and Sustainability. <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9604-z>
- Hernández Guerrero, J. A. (2024). Índice de presión urbana sobre áreas naturales protegidas en México. *Revista Cartográfica*, (109). <https://doi.org/10.35424/rcarto.i109.5785>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (1990). *Diagnóstico urbano de la Zona Metropolitana del Valle de México*. <https://www.inegi.org.mx>
- _____. (2012). *Cambios en la segregación residencial socioeconómica en México*. <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2012/05/05/cambios-en-la-segregacion-residencial-socioeconomica-en-mexico/>
- _____. (2015). *Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2015*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/344506/1_Preliminares_hasta_V_correcciones_11_de_julio.pdf
- López-Santiago, M. A., Hernández-Juárez, M. y León-Merino, A. (2017). La marginación y exclusión como posibles factores socioeconómicos de la violencia urbana: El caso de Valle de Chalco Solidaridad, Estado de México. *Papeles de Población*, 23(91), 171-199. <https://doi.org/10.22185/24487147.2017.91.008>
- Madrigal, G. L., Rosales, V., Rozga, L. R., Canales, G. R. y Chávez, R. (2023). Análisis de los territorios inteligentes y sustentables: Caso de la microrregión Lerma en la Zona Metropolitana de Toluca. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 1689. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.711>
- Mandujano Bautista, O. A. y Cabrera Pereyra, J. A. (2024). Las desventajas sociales intraurbanas de la zona metropolitana de Toluca de cara al COVID-19. *Región y sociedad*, 36, e1915. <https://doi.org/10.22198/rys2024/36/191>
- Martínez, L. (2023). *Zona Metropolitana de Tianguistenco: Una gran alianza para el crecimiento uniforme en la región*. Gobierno de Santiago Tianguistenco. <https://tianguistenco.gob.mx/zona-metropolitana-de-tianguistenco-una-gran-alianza-para-el-crecimiento-uniforme-en-la-region/>

- Martner-Peyrelongue, C. D. (2020). Metamorfosis regional acelerada, articulación territorial y financiarización en una ciudad intermedia mexicana: El caso de Querétaro. *Territorios*, (43-Especial), 1-26. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/territorios/a.8285>
- Naciones Unidas. (2016, 3 de junio). Declaración de Montreal sobre Áreas Metropolitanas: Documento final de la reunión temática de Hábitat III sobre áreas metropolitanas (A/CONF.226/PC.3/4). Secretaría de la Conferencia Hábitat III. <https://habitat3.org/wp-content/uploads/Montreal-Declaration-S.pdf>
- ONU-Hábitat (2019). *Informe CPI extendida: Aglomeración urbana de Guadalajara*. https://unhabitat.org/sites/default/files/documents/2019-05/extended_cpi_report_-_guadalajara.pdf
- Ramankutty, N., Foley, J. A., & Olejniczak, N. J. (2006). Global land-cover change: Recent progress, remaining challenges. In E. F. Lambin & H. J. Geist (Eds.), *Land-use and land-cover change: Local processes and global impacts* (Vol. 18, pp. 9–39). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-32202-7_2
- Romero Álvarez, R. A. (2022). Una revisión de las transformaciones urbanas en las ciudades latinoamericanas contemporáneas. *Vivienda y Ciudad*, 9, 83-103. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/ReViyCi/article/view/38290>
- Secretaría de Desarrollo Urbano del Estado de Jalisco (SDUEJ) (1989). *Estudio integral de la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Gobierno del Estado de Jalisco.
- _____. (1990). *Diagnóstico urbano y socioeconómico de la Zona Metropolitana de Guadalajara*. Gobierno del Estado de Jalisco.
- Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2023). *Las Metrópolis de México 2020*. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/metropolis-de-mexico-2020>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) (1987). *Estudio de la Zona Metropolitana del Valle de México*. Gobierno de México.
- Valdez García, D. y Jiménez Sánchez, P. (2021). *Proceso de metropolización, dinámica económica y demográfica en la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT)*. [https://file:///C:/Users/Usuario_UNEVT/Downloads/2021CapProceso_Metropolizacion_ZMT_Publicacion.pdf](file:///C:/Users/Usuario_UNEVT/Downloads/2021CapProceso_Metropolizacion_ZMT_Publicacion.pdf)

- Vilchis Nestor, C. A. y Villegas Martínez, D. (2024). Determinación del uso potencial del suelo de una metrópoli emergente del centro de México: Mediante herramientas de modelación geoespacial. *Revista Internacional de Sostenibilidad*, 6(1), 25-58. <https://doi.org/10.18848/2642-2719/cgp/v06i01/25-58>
- Villegas, D. y Gómez, W. (2020). Procesos locales de transformación que detonan el cambio de uso de suelo y vegetación en un área natural protegida de la región centro de México. *Acta Universitaria*, 30, 1-21. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2864>
- Zhai, R., Zhang, C., Li, W., Zhang, X. y Li, X. (2020). Evaluation of Driving Forces of Land Use and Land Cover Change in New England Area by a Mixed Method. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(6), 350. <https://doi.org/10.3390/ijgi9060350>