



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis geoespacial para la delimitación de la
interfase urbano-rural en la alcaldía Tlalpan,
Ciudad de México en el periodo 2022-2032**

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniera Geomática

P R E S E N T A

Hannia Araceli Balderas Monjaraz

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Juan Daniel Castillo Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2025



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)**



De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ANALISIS GEOESPACIAL PARA LA DELIMITACION DE LA INTERFASE URBANO-RURAL EN LA ALCALDIA TLALPAN, CIUDAD DE MEXICO EN EL PERIODO 2022-2032 que presenté para obtener el título de INGENIERO GEOMÁTICO es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación.

HANNIA ARACELI BALDERAS MONJARAZ
Número de cuenta: 316057046

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, Araceli, quien me ha dado todo su amor, dedicación y tiempo sin importar nada. Eres mi guía, mi confidente y mi más grande apoyo, sin ti simplemente yo no estaría escribiendo estas palabras en este trabajo. No conozco a nadie que haya resistido tanto como tú, me has demostrado que aunque nos equivoquemos, nunca es tarde para retomar el camino y ser una mejor versión de nosotros. Mi deuda es impagable, pues te debo mi extraordinaria vida, pero te prometo que cada día me esfuerzo por hacer valer todo lo que me has entregado.

A Javier por su paciencia y amor. De ti he aprendido que en la vida no hay atajos, cualquier ambición o meta la debemos trabajar día a día. Que siempre nos debemos mantener en la LUZ y aunque tengamos momentos de oscuridad, estos no nos hacen malas personas. También que siempre debemos encontrar nuestra FUERZA interior. Gracias porque eres una gran... Padre.

A Tere, mi hermana mayor, por haber formado parte de mis primeros años y por los recuerdos compartidos en nuestra infancia, que también ayudaron a construir la persona que soy hoy. A su hijo Emir, por convertirse en un pequeño gran motivo de alegría en mi vida, y por recordarme, con su existencia, que la familia tiene muchas formas de unirnos.

A Michelle, mi querida hermana menor, por ser tan auténtica, intensa y maravillosa a su manera. Gracias por tu confianza, por nuestras conversaciones, por las risas y por tu compañía constante, que valoro más de lo que probablemente imaginas.

A Javi, el menor de mis hermanos, con quien comparto más afinidades de las que uno imaginaria con nueve años de diferencia. Tu creatividad es una inspiración constante para mí. Gracias por recordarme que la sensibilidad también es una forma de fortaleza.

A Woody y Ganchita quienes son mi compañía en las noches de desvelos y que todos los días, sin excepción, me demuestran su lealtad y amor incondicional.

A Caro, Dani, Fer, Sebas y Lydi, mis amigos del alma desde los 15 años. Gracias por ser mi refugio, mis confidentes, y por permitirme ser completamente yo en su compañía. Con ustedes he reído hasta el cansancio, viajado con el corazón ligero, compartido historias que aún nos hacen eco, y enfrentado momentos de estrés y dificultades sabiendo que nunca estaba sola. Nuestra amistad ha sido un ancla y un motor, tenerlos en mi vida es un tesoro invaluable.

A Esme, Preisser, Molina, Fer, Malo, Estela y Ana, compañeros de camino en esta aventura llamada Ingeniería Geomática. Gracias por los trabajos en equipo, las risas entre clases, los desvelos compartidos y el aliento mutuo en los momentos difíciles. Haber recorrido esta etapa con ustedes hizo toda la diferencia, y me siento profundamente agradecida por la amistad que construimos a lo largo de estos años.

A Esteph, Lupita, Darinka, Leo, René y Axel, quienes lograron lo impensable: que trabajar los fines de semana fuera sinónimo de risas, anécdotas inolvidables y mucha, mucha fiesta. Nunca imaginé que entre bicicletas surgiría un grupo tan auténtico, gracias por cada momento compartido, por la buena vibra y sobre todo, por su amistad.

Al Dr. Juan Daniel Castillo Rosas, mi asesor de tesis, jefe y amigo. Gracias por su guía constante, por su confianza en mí incluso cuando yo dudaba, y por recordarme con sus palabras que tengo potencial y razones para sentirme orgullosa de mi trabajo. Su apoyo ha sido fundamental, no solo en el ámbito académico y profesional, sino también en lo personal. Lo admiro profundamente y le agradezco por estar presente en este proceso con compromiso, paciencia y humanidad. Haberlo tenido como guía en esta etapa ha sido un verdadero privilegio.

A la M.C. María Elena Osorio Tai, quien ha sido mucho más que una tutora durante mi carrera: una guía, una aliada y un gran ejemplo a seguir. Gracias por su apoyo incondicional en momentos clave, por recomendarme en espacios donde pude crecer profesionalmente, y por confiar en mí incluso antes de que yo lo hiciera. Es una excelente profesora, siempre dispuesta a ayudar con generosidad y compromiso. Le tengo un profundo aprecio y admiración, y me honra profundamente que ahora forme parte de mi sínodo. Su acompañamiento ha dejado una huella invaluable en mi camino.

Al resto de los integrantes de mi sínodo: al M.I. Roberto Ascencio Villagómez, a la Dra. Griselda Berenice Hernández Cruz y al Dr. Roberto René Manzano Islas. Es un honor contar con su presencia en este momento tan importante. Son profesionistas a quienes admiro profundamente y cuya trayectoria representa un ejemplo de lo que muchos aspiramos a ser. Agradezco su tiempo, su disposición y el apoyo que brindan con su experiencia y conocimiento.

A la Facultad de Ingeniería y a la Universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme las puertas a una formación de excelencia, por brindarme las herramientas académicas, humanas y profesionales que hoy me permiten concluir esta etapa. Me siento profundamente agradecida y orgullosa de haber sido parte de esta institución, donde crecí, aprendí y me transformé. Llevaré siempre con honor el nombre de la UNAM y el espíritu de compromiso, responsabilidad social y excelencia que representa.

Agradezco profundamente el apoyo de todas las personas que han formado parte de este camino. Cada palabra, gesto, consejo y compañía han dejado una huella en mí. Mi compromiso continúa: seguiré esforzándome cada día por ser una mejor hija, hermana, amiga, ingeniera y, sobre todo, una mejor persona.

Índice

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	4
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
HIPÓTESIS	5
JUSTIFICACIÓN	5
ESTRUCTURA CAPITULAR	7
Capítulo 1. Estado del arte y marco conceptual	7
Capítulo 2. Interfase urbano-rural	7
Capítulo 3. Interfase urbano-rural en la alcaldía Tlalpan	7
Capítulo 4. Metodología	8
1. ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL	9
1.1. Delimitación de la interfase urbano-rural	9
1.2. Casos de estudio similares	10
1.3. Variables utilizadas para delimitar las zonas de interfase urbano-rural . . .	12
1.4. Estudios específicos en Ciudad de México y Tlalpan	15
1.5. Políticas Públicas	18
2. INTERFASE URBANO-RURAL	22
2.1. Definición del concepto de interfase urbano-rural	22
2.1.1. Términos similares	22
2.2. Características de la interfase urbano-rural	23
2.2.1. Transición funcional y espacial	23
2.2.2. Conflictos y sinergias campo-ciudad	23
2.3. Importancia de su estudio en contextos metropolitanos	24
2.3.1. Riesgos	24
2.3.2. Potencialidades	24

3. INTERFASE URBANO-RURAL EN LA ALCALDÍA TLALPAN	26
3.1. Contexto territorial de la alcaldía Tlalpan	26
3.1.1. Ubicación y extensión	26
3.1.2. División urbana y rural	26
3.1.3. Relevancia del suelo de conservación	27
3.1.4. Áreas con características mixtas	27
3.1.5. Posibles límites de transición	28
4. METODOLOGÍA	29
4.1. Índices espectrales	31
4.1.1. Índice de Áreas Construidas de Diferencia Normalizada (NDBI) . .	31
4.1.2. Índice de Vegetación Diferencial Normalizada (NDVI)	32
4.2. Cambio de uso de suelo	33
4.2.1. Matriz de transición	35
4.2.2. Tasas de cambio	36
4.3. Mapas temáticos	36
4.4. Modelo de predicción	37
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	57
TRABAJO FUTURO	59
REFERENCIAS	60

INTRODUCCIÓN

Los territorios urbanos y rurales se estudian como contrapartes lo que dificulta identificar las fronteras donde se relacionan. Existen diversos aportes donde se habla de sus características, contribuciones y diferencias que resaltan sus particularidades. En el contexto histórico y social se percibe que lo urbano corresponde al progreso, avance y modernización y que su extensión es inevitable, por lo tanto esto conlleva a la pronta desaparición de los territorios rurales. Sin embargo, lo rural continúa vigente y presenta características propias que lo identifican (Dalla Torre et al., 2019). Existe una porción de territorio donde estos dos sectores interactúan y que poseen características de ambos hemisferios por lo que contienen una identidad propia la cual se denomina como “interfase”.

La “interfase” o como otros autores la han denominado como periferia o área periurbana, busca comprender que estos territorios poseen características propias y diferenciables de la ciudad y del campo, aunque se encuentran articulados a estos dos espacios geográficos (Rodríguez y Ghermandi, 2016). La consideración de la interfase implica un abordaje multidisciplinar, ya que se trata de territorios que adquieren entidad propia en la medida en que se encuentran intercambios de dos unidades diferentes (fases), que obtienen propiedades de ambas pero que se constituyen a sí mismos como unidades funcionales con características propias derivadas de esa interacción (Barsky, 2005).

Desde el siglo pasado muchos de los especialistas en sociología han mostrado un gran interés por el impacto de la expansión urbana en las zonas rurales. Han estudiado y analizado que, en las áreas de interfase, aparecen desventajas en aspectos como accesibilidad, movilidad, cambios en el uso del suelo y perturbaciones ambientales. De hecho, muchos autores coinciden en que las áreas de interfase son sinónimo de vulnerabilidad social. La periferia es falta, ausencia, implica vivir por debajo de los estándares “normales” de dotación de servicios colectivos y de infraestructura (Hiernaux y Lindón, 2004).

La alcaldía Tlalpan, se encuentra en la parte sur de la Ciudad de México, al ser la alcaldía más grande no es de extrañarse que sea diversa y compleja en aspectos territoriales y sociales. Esta alcaldía sobresale por sus diferentes usos del suelo, se divide en dos porciones de territorio, la parte norte que resalta por estar más urbanizada y la parte sur que conserva amplias áreas rurales y naturales. En el área rural hay actividades como la agricultura, la ganadería y la conservación de recursos naturales, que desafortunadamente se ven presionadas con el crecimiento urbano, la expansión de la infraestructura y el aumento de la demanda de servicios y vivienda.

Esta alcaldía es muy rica en historia, cultura y naturaleza en la Ciudad de México. Su nombre significa “en la tierra de las tierras”, refleja sus raíces prehispánicas, su importancia como punto de comercio en la época colonial y su poderío en cuanto a dominio de territorio. En su centro histórico se encuentran edificios coloniales como el antiguo Palacio Municipal, que retrata el estilo de tiempos pasados. También cuenta con áreas naturales como el Bosque de Tlalpan y el Ajusco, que ofrecen espacios verdes ideales para diversas actividades recreativas y deportivas al aire libre. Con su combinación de patrimonio histórico y belleza natural, Tlalpan es un lugar único para quienes buscan conocer la riqueza cultural y natural de la ciudad (Alcaldía Tlalpan, s.f.).

La alcaldía Tlalpan cuenta con una población de 699,928 habitantes y tiene una superficie de 312 km² lo que la convierte en la alcaldía más grande de la Ciudad de México (figura 1), el 84 % de esa superficie está clasificado como suelo de conservación (Alcaldía Tlalpan, s.f.). La alcaldía de Tlalpan, es un ejemplo claro de la complejidad territorial que caracteriza a muchas zonas urbanas periféricas de la Ciudad de México, configurando una interfase en la que ambos mundos se solapan y conviven.

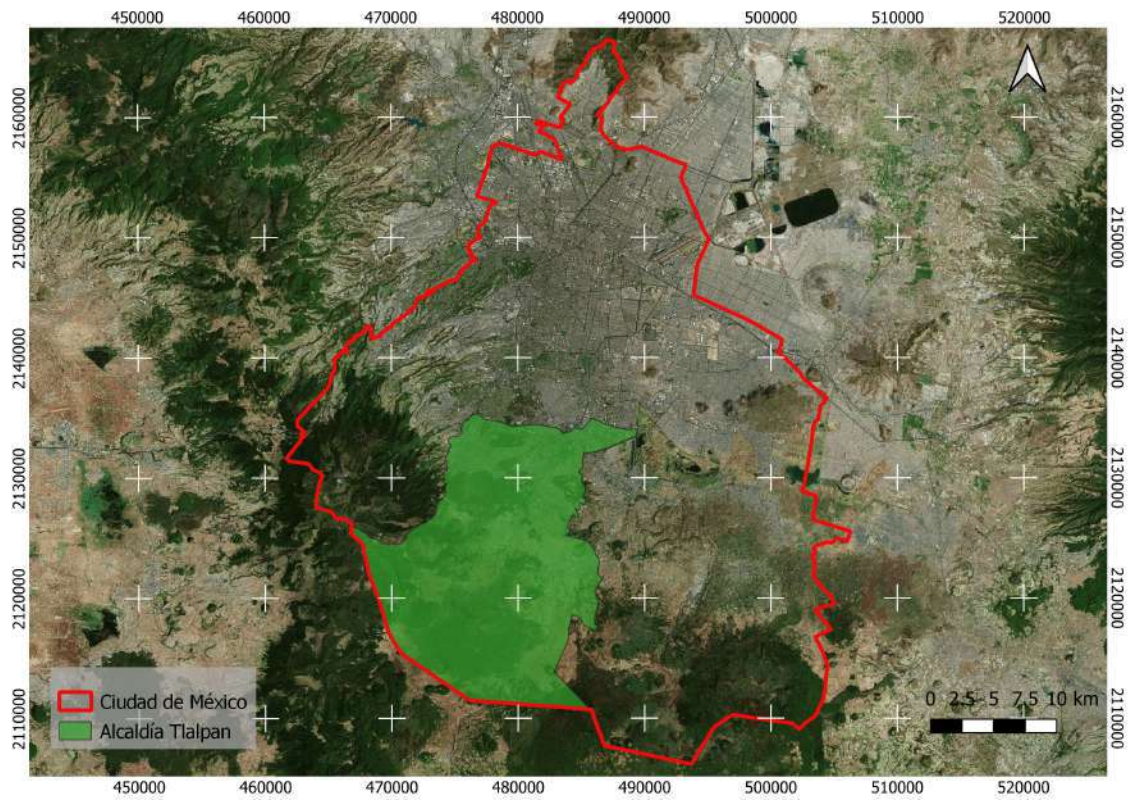


Figura 1: Mapa de localización de la zona de estudio.

OBJETIVOS

Debido a que la Ciudad de México se ha desarrollado de manera acelerada bajo los principios de progreso, lo que ha conduce a una extensión desordenada desde el núcleo urbano hacia las periferias y la alcaldía Tlalpan es la porción de territorio que mejor enmarca este comportamiento, se han planteado los siguientes objetivos para este trabajo:

Objetivo general

Definir y delimitar el área de interfase urbano-rural de la alcaldía Tlalpan, Ciudad de México, en el periodo 2022-2032.

Objetivos particulares

- Analizar los cambios en la fragmentación del uso del suelo en la alcaldía Tlalpan, con el fin de identificar la transición urbana y su impacto en las áreas rurales.
- Analizar la conectividad y accesibilidad del área de interfase con el núcleo urbano y otras áreas adyacentes.
- Delimitar los límites del área de interfase urbano-rural mediante métodos geoespaciales.
- Generar mapas temáticos que muestren la interfase urbano-rural de la alcaldía Tlalpan, con un enfoque multivariable de factores de infraestructura, servicios básicos y movilidad.
- Desarrollar un modelo geoespacial que permita proyectar la posible evolución de la interfase urbano-rural en la alcaldía Tlalpan para el periodo 2022-2032, con base en los patrones de crecimiento actuales y futuros.

HIPÓTESIS

Si se aplica la técnica geoestadística multivariable al análisis geoespacial de datos económicos, de movilidad y de infraestructura, es posible identificar cómo se ha transformado y seguirá transformándose la interfase urbano - rural en la Alcaldía Tlalpan durante el periodo 2022-2032. Además, los patrones de fragmentación del uso del suelo permitirán revelar de forma concreta cómo se redefinen los límites entre la zona urbana y la zona rural en este territorio del sur de la Ciudad de México.

JUSTIFICACIÓN

Según la Real Academia Española (RAE, 2023), una ciudad es el “conjunto de edificios y calles, regidos por un ayuntamiento, cuya población densa y numerosa se dedica por lo común a actividades no agrícolas”. Esta definición es demasiado general y sin duda es empleada con descuido ya que, por completo ignora que existen zonas en las ciudades con diferentes realidades económicas y sociales. Si solamente se observa el núcleo de la Ciudad de México la definición embona a la perfección; sin embargo, existen zonas en la periferia como la alcaldía Tlalpan, ubicada al sur de la Ciudad de México, que representa muy bien la dualidad territorial al integrar tanto zonas urbanas densamente pobladas como áreas rurales y de conservación ecológica. Esta condición la convierte en una zona ideal para estudiar la relación entre lo urbano y lo rural, fenómeno que sin duda cobra creciente importancia en el contexto de la expansión urbana, la presión sobre los recursos naturales y la necesidad de una planificación territorial sustentable.

Desde la Revolución Industrial, el crecimiento urbano acelerado ha sobrepasado las divisiones administrativas, fusionado ciudades en grandes extensiones construidas y desdibujando los límites entre los usos del suelo urbano y rural (Humeres y Samaniego, 2017). La delimitación de la interfase urbano-rural es fundamental para el diseño e implementación de políticas públicas, estrategias de ordenamiento territorial y conservación ambiental. Sin embargo, en muchos casos, dicha delimitación carece de claridad o se basa en criterios

administrativos poco representativos de la realidad territorial y funcional. Es importante resaltar que la interacción entre fases casi siempre es dinámica, por lo que la delimitación puede ser difusa y difícil de representar.

Una herramienta principal para poder delimitar la interfase urbano-rural son los datos geoespaciales, por ejemplo los indicadores de uso del suelo, las dinámicas demográficas, la localización y cobertura de infraestructura y servicios. A pesar de la relevancia de estas áreas como espacios de transición y transformación territorial, los estudios que específicamente están realizados para su caracterización y delimitación siguen siendo escasos, especialmente en lugares como la Ciudad de México.

Es igual de importante elaborar una representación más precisa del territorio y monitorear sus transformaciones a lo largo del tiempo. Analizar la década 2022-2032 permite proponer escenarios futuros que orienten la toma de decisiones desde una perspectiva integral y sostenible. Por tanto, la presente investigación hace uso de tecnologías de información geográfica para el análisis territorial, y aporta herramientas concretas para una mejor toma de decisiones del territorio en una de las alcaldías con mayor relevancia ecológica y social de la Ciudad de México.

ESTRUCTURA CAPITULAR

Capítulo 1. Estado del arte y marco conceptual

Este capítulo ofrece una revisión teórica y metodológica sobre la interfase urbano-rural, abordando su definición, características y problemáticas asociadas al crecimiento urbano desorganizado. Se presentan casos de estudio en América Latina, con énfasis en enfoques geoespaciales aplicados a la delimitación de zonas de interfase rural-urbana. Asimismo, se identifican las principales variables utilizadas para caracterizar estos espacios, tales como uso del suelo, densidad poblacional, accesibilidad, infraestructura y servicios públicos. Finalmente, se analizan estudios específicos desarrollados en la Ciudad de México y particularmente en Tlalpan, además del marco normativo y políticas públicas que han influido en la gestión del suelo de conservación y el control de asentamientos irregulares.

Capítulo 2. Interfase urbano-rural

Este capítulo profundiza en la definición y características del concepto de interfase urbano-rural, explicando su origen, términos relacionados y su relevancia como zona de transición entre espacios urbanos y rurales. Se identifican sus principales características, como la transición funcional del territorio y los conflictos y sinergias que surgen entre el campo y la ciudad. Asimismo, se resalta la importancia de su estudio en contextos metropolitanos, como la alcaldía Tlalpan, identificando los principales riesgos (como la pérdida de suelos agrícolas y el cambio de uso del suelo) y las potencialidades (como el impulso de economías híbridas, la conservación ambiental y la planeación participativa), fundamentales para un desarrollo territorial más sostenible y equilibrado.

Capítulo 3. Interfase urbano-rural en la alcaldía Tlalpan

Este capítulo ofrece una caracterización territorial de la alcaldía Tlalpan, la cual destaca por ser la más extensa de la Ciudad de México y por presentar una clara división entre suelos urbanos y rurales. Se analiza su ubicación geográfica, la proporción del suelo de conservación (83.5% del territorio) y su papel estratégico en la sostenibilidad ambiental

de la ciudad. Asimismo, se describen las zonas con características mixtas y se identifican posibles límites funcionales de la interfase urbano-rural a partir de variables ambientales, socioeconómicas e infraestructurales. El capítulo enfatiza la importancia de reconocer esta interfase urbano-rural para una mejor planeación y protección del territorio frente a la expansión urbana.

Capítulo 4. Metodología

Este capítulo describe los procedimientos utilizados para analizar la interfase urbano-rural en Tlalpan. Se emplearon imágenes satelitales Landsat (1987, 1993, 2001, 2014, 2022) corregidas radiométrica, geométrica y atmosféricamente, utilizando productos del USGS. A partir de estas imágenes se realizaron composiciones de bandas y se calcularon índices espectrales como el NDVI y el NDBI para identificar áreas vegetadas y construidas, respectivamente. También se analizó el cambio de uso de suelo entre 1993 y 2021 con datos del INEGI, utilizando herramientas de geoprocésamiento en QGIS para crear una matriz de transición y calcular tasas anuales de cambio. Además, se generaron mapas temáticos con variables clave (infraestructura, movilidad, servicios, etc.) a partir de datos del Portal de Datos Abiertos de la CDMX. Finalmente, se aplicó el plugin MOLUSCE para modelar la evolución del uso del suelo hacia 2030, con base en datos ráster de CONABIO para 2010 y 2020.

Esta tesis se enmarca en el artículo "Vulnerabilidad social en la interfase urbano-rural de la Ciudad de México: retos y perspectivas en la Alcaldía Tlalpan", al cual aporta un enfoque metodológico para la delimitación geoespacial de esta interfase, con base en indicadores multivariantes.

1. ESTADO DEL ARTE Y MARCO CONCEPTUAL

1.1. Delimitación de la interfase urbano-rural

La interfase urbano-rural, que también puede ser denominada como zona periurbana o periferia urbana, es un límite geográfico caracterizado por la interacción de dinámicas rurales y urbanas que generan una constantes transformaciones en el territorio. Aguilar et al. (2022) define esta zona como un espacio de transición donde se intensifican procesos de fragmentación del uso del suelo y urbanización informal, producto del crecimiento desordenado de las ciudades sobre áreas tradicionalmente rurales.

De acuerdo con Rodríguez López et al. (2015) el espacio periurbano es un escenario de notable interacción entre funciones urbanas y rurales, el problema son las tensiones en el manejo del territorio y los recursos naturales. Por su parte, Heider et al. (2018) plantea que la interfase urbano-rural representa un territorio dinámico donde circulan continuamente la población, los cambios de usos del suelo y las políticas ambientales, siendo fundamental para comprender la expansión urbana hacia zonas de conservación.

La expansión urbana acelerada y desorganizada representa una problemática significativa tanto para la planificación territorial como para la sostenibilidad ambiental y social. Este crecimiento, que por lo general se desarrolla sin una adecuada regulación ni planeación, genera una serie de desafíos como la pérdida de suelos agrícolas, la sobrecarga de infraestructura y servicios, establecimiento de asentamientos informales y una mayor fragmentación del territorio.

En los países en desarrollo una de las consecuencias con más impacto de este fenómeno ha sido la rápida expansión de las periferias metropolitanas con un patrón altamente disperso, que incorpora grandes franjas de territorio a los límites urbanos y agrava los problemas de ocupación y fragmentación del uso del suelo, tanto en términos sociales como ambientales (Aguilar et al., 2022). Además, aunque la expansión urbana rara vez

ocurre de manera ordenada o uniforme, históricamente se ha prestado poca atención a la dinámica e implicaciones de las zonas de transición, como la franja urbano-rural, a pesar de su relevancia creciente en los procesos de urbanización contemporánea (Simon, 2008). Esta falta de enfoque ha contribuido a una gestión territorial limitada, dificultando que el funcionamiento entre las áreas urbanas y su entorno rural se integren adecuadamente.

1.2. Casos de estudio similares

América Latina no es una excepción de la expansión urbana desorganizada, este fenómeno que ocurre en las grandes ciudades ha provocado una creciente necesidad de delimitar con mayor precisión las zonas de transición entre lo urbano y lo rural. Diversos estudios han abordado este fenómeno desde perspectivas geoespaciales, socioambientales y de planificación territorial, con el objetivo de entender sus dinámicas y proponer criterios para su gestión sostenible.

Un caso representativo se encuentra en la zona sur de Arequipa Metropolitana, Perú, específicamente en el sector Umapalca, donde se llevó a cabo un análisis cartográfico para identificar áreas con potencial de convertirse en nuevas centralidades urbanas (Lovon y Larota, 2020). Esta investigación se destaca porque reconoce los espacios de interfase urbano-rural como zonas clave para la elaboración de estrategias de desarrollo urbano sostenible. Esta investigación también se enfocó en proponer medidas de mitigación para la segregación social que vulnera a los residentes de estas zonas. Además, de la implementación de un plan que pretende aminorar los conflictos por el uso del suelo.

Otro ejemplo relevante es el del Distrito Vertientes del Piedemonte, en Luján de Cuyo, Mendoza (Argentina), en este estudio se propone una metodología cualitativa que está basada en una investigación documental minuciosa, complementada con técnicas conversacionales y observacionales para caracterizar la interfaz urbano-rural (Rubio et. al., 2023). En este estudio se realizó una propuesta de los criterios sociales y ambientales que se deben

tomar en cuenta para la elaboración de políticas públicas de ordenamiento territorial congruentes con la importancia y complejidad de estos espacios en la interacción urbana-rural.

En el artículo “Interfase Rural-Urbana: contribuciones para la planificación territorial en Brasil. El caso del Asentamiento Rural Marapicu en la Región Metropolitana de Río de Janeiro”, Thurmann Prudente (2019) hace un análisis minucioso de los desafíos que enfrentan las zonas periurbanas ante el avance de la urbanización sobre territorios rurales que ya están consolidados. El análisis del asentamiento Marapicu, es una muestra de cómo la falta de una planificación estratégica e integral que tome en cuenta todos los riesgos y consecuencias tanto sociales como ambientales, genera tensiones entre el derecho a la ciudad y el derecho al territorio rural, resaltando especialmente contextos de vulnerabilidad como la pobreza y desigualdad social. El estudio destaca la importancia de reconocer la interfase rural-urbana no solo como una franja de transición física, sino como un espacio de interacción entre modos de vida diversos, que comparten prácticas agrícolas, usos residenciales y dinámicas metropolitanas.

En el estudio de Ubilla-Bravo (2024), titulado “A Geospatial Model of Periurbanization—The Case of Three Intermediate-Sized and Subregional Cities in Chile”, se plantea un enfoque metodológico cuantitativo para el análisis de los procesos de periurbanización a través del manejo de datos poblacionales y modelos geoespaciales. Mediante el uso de imágenes satelitales, análisis multitemporal y clasificación del uso del suelo, el autor identifica patrones de expansión urbana no planificada y sus implicaciones territoriales en ciudades intermedias chilenas. Este estudio es relevante, ya que permite comprender cómo el crecimiento urbano difuso afecta la estructura del territorio, genera presión sobre suelos agrícolas o de conservación y dificulta la delimitación clara entre lo urbano y lo rural. La propuesta metodológica de Ubilla-Bravo integra variables espaciales y temporales, lo cual puede ser replicado en otras ciudades intermedias, favoreciendo una delimitación más precisa y sustentada de la interfase urbano-rural.

Otro caso de estudio que presenta un enfoque innovador para abordar los problemas que emergen en la interfase urbano-rural corresponde a Sandoval et al., (2017), titulado “Identifying Clusters of Complex Urban–Rural Issues as Part of Policy Making Process Using a Network Analysis Approach: A Case Study in Bahía de Los Ángeles, Mexico”, donde a partir del análisis de redes complejas en Bahía de Los Ángeles, los autores identifican como el acceso desigual a servicios, la presión sobre recursos naturales y los conflictos por el uso del suelo afectan tanto a comunidades urbanas como rurales. Esta metodología se basa en una red topológica, donde cada variable que pueda delimitar el área de interfase es un nodo, la red se crea uniendo los nodos que tienen mayor relación entre sí, después se agrupan los nodos que tienen conexiones más densas y se centralizan, es decir, se les da un mayor rango de importancia a los grupos de nodos más grandes. Este método permite visualizar de forma estructurada las dependencias entre factores sociales, económicos y ambientales, lo cual es fundamental para orientar políticas públicas más integrales.

Cada uno de estos estudios manifiestan la necesidad de enfoques multidisciplinarios para la delimitación de la interfase urbano-rural, integrando variables físicas, sociales, económicas y ambientales. Asimismo, reflejan una tendencia creciente en la región por reconocer y gestionar estos espacios de transición como piezas clave en la planificación territorial actual.

1.3. Variables utilizadas para delimitar las zonas de interfase urbano-rural

Las variables utilizadas para delimitar la interfase urbano-rural son cruciales para definir la transición entre áreas urbanas y rurales. Estas variables ayudan a comprender mejor las dinámicas que operan en las zonas de interfase urbano-rural y permiten una delimitación fundamentada. A continuación, se explican las variables más comunes que diversos autores han utilizado para delimitar la interfase urbano-rural.

- **Uso del suelo**

Sin duda esta variable es central en la delimitación de la interfase urbano-rural, ya que

permite identificar las áreas dedicadas a la agricultura, la vivienda, la industria y los espacios naturales. Una de las principales particularidades de las áreas de interfase es la interacción de diferentes actividades y usos del suelo, construidos en relación directa con los procesos socioeconómicos que caracterizan al crecimiento de la ciudad (Matossian, 2014). El cambio de uso de suelo acelerado y desordenado, trae consigo dificultades sobre todo por la invasión a la naturaleza. Los diferentes usos del suelo se manifiestan muchas veces en conflicto, debido a las incompatibilidades de usos asociados a intereses de diversos actores públicos, privados y comunitarios (Gudiño, 2018).

- Dependencia de centros urbanos

Una de las mayores desventajas de las zonas de interfase es la gran dependencia que se tiene hacia los centros urbanos cercanos, una situación que se ve agravada en algunos casos por las dificultades de acceso. La ausencia de un centro comercial consolidado y la escasa disponibilidad de empleo obliga el desplazamiento hacia los núcleos urbanos donde se oferta más variedad de productos, precios más competitivos y más oportunidades laborales.

- Conectividad vial y accesibilidad

La conectividad vial es una variable que crece rápidamente sin supervisión alguna debido a la extrema necesidad de comunicarse con otros espacios, el término hace referencia al nivel de integración que presenta una red de calles dentro de una ciudad para facilitar el desplazamiento eficiente entre puntos de origen y destino. Los trazados viales experimentan modificaciones y actualizaciones, y en los procesos de periurbanización, se extienden hacia áreas no urbanizadas, frecuentemente sin una planificación adecuada, como respuesta a las demandas de la población que reside en las zonas periféricas de las ciudades (Rubio et al., 2023).

Por su parte, la accesibilidad implica la posibilidad de acceder a un lugar o servicio sin enfrentar barreras que lo dificulten o impidan. Por “accesibilidad” se entiende a la capacidad de desplazamiento de las personas y al conjunto de los dispositivos que

promueven, permiten, estimulan y alientan al uso social del espacio urbano, de las infraestructuras y de los equipamientos (Santos y De las Rivas Sanz, 2008).

- Servicios públicos

Otro de los criterios que permiten identificar la interfase urbano-rural es la limitada existencia de servicios públicos tales como agua potable, coladeras, electricidad, gas y recolección de residuos comparado con áreas urbanas (Allen et al., 2005). La urbanización se extiende desde el núcleo de las grandes ciudades hacia las periferias de manera acelerada, sin embargo los servicios básicos no avanzan al mismo ritmo, lo que provoca carencias a la población que se establece en las áreas de interfase.

- Densidad poblacional variable

La densidad poblacional en áreas de interfase urbano-rural presenta una alta variabilidad, por lo general suele ser más elevada en sectores cercanos al entorno urbano y disminuyendo en zonas rurales con menor intervención humana. Adicionalmente, la presencia de viviendas de uso permanente junto a residencias temporales, frecuentemente relacionadas con actividades turísticas, provoca fluctuaciones en la densidad habitacional según los usos específicos del territorio (Rubio et al., 2023).

- Áreas naturales

De acuerdo a Rodríguez y Ghermandi (2016), existe una percepción o creencia respecto a que vivir cerca de la naturaleza trae consigo bienestar y una mejor calidad de vida a las personas. Sin embargo, la realidad demuestra que las áreas naturales cercanas a zonas urbanas tienden a recibir impactos negativos por el aumento de residuos sólidos, aguas residuales, emisiones de vehículos, y contaminación acústica y lumínica. Estos factores afectan directamente la salud de los ecosistemas y de las especies que los habitan.

- Infraestructura

La proximidad a escuelas y hospitales es un factor determinante en la calidad de vida y en la configuración de la interfase urbano-rural por su distribución. Tener

que desplazarse por grandes distancias para poder estudiar o ante una emergencia médica es un factor de vulnerabilidad en las áreas rurales y de interfase.

- Actividades económicas

Las actividades económicas en la interfaz urbano-rural incluyen tanto actividades agrícolas como comerciales e industriales. La presencia de estas actividades influye en la configuración del uso del suelo y en las dinámicas socioeconómicas de la zona. Según Sandoval et al. (2017), el análisis de redes permite identificar agrupaciones de problemas urbanos-rurales complejos, lo que puede ser útil para entender las interacciones entre actividades económicas y procesos de urbanización.

1.4. Estudios específicos en Ciudad de México y Tlalpan

En el artículo “Remote sensing of sustainable rural-urban land use in Mexico City: A qualitative analysis for reliability and validity” de Rodríguez López et al. (2015), se explora la utilidad del análisis de imágenes satelitales para evaluar el uso del suelo y su transformación en la periferia sur de la Ciudad de México, con énfasis en la sustentabilidad del desarrollo urbano. Los autores se enfocan en las áreas donde se produce una transición entre lo rural y lo urbano, que son también las zonas donde ocurren los cambios más dinámicos y, a menudo, los más problemáticos desde el punto de vista ambiental y social.

El objetivo principal fue identificar y evaluar el grado de precisión y fiabilidad que ofrecen distintos tipos de imágenes satelitales para el análisis del cambio de uso del suelo, especialmente en contextos de crecimiento urbano descontrolado. Para ello, se utilizaron imágenes del satélite Landsat (resolución espacial de 30 metros) y del satélite RapidEye (resolución espacial de 5 metros). Estas imágenes se emplearon para observar las variaciones en la cobertura terrestre en el periodo reciente, y contrastarlas con los patrones urbanos reales observados en campo o mediante imágenes de mayor resolución.

El estudio se centró en determinar la viabilidad del uso de estos datos para planificar de

forma sostenible la expansión urbana, evitando la pérdida de áreas naturales, agrícolas y de conservación, que están bajo constante amenaza por la presión urbana. Aunque Landsat permite un análisis amplio y gratuito del territorio, sus limitaciones espaciales dificultan la identificación precisa de cambios urbanos finos o localizados. En contraste, RapidEye, a pesar de tener un costo, proporciona un mayor nivel de detalle y puede capturar dinámicas más sutiles dentro de la interfase urbano-rural.

Además de los aspectos técnicos, los autores también reflexionan sobre la necesidad de integrar la percepción local y el conocimiento cualitativo en los estudios de teledetección. Sugieren que un análisis exclusivamente cuantitativo puede resultar insuficiente para comprender las complejidades del cambio territorial en contextos urbanos tan diversos como los de la Ciudad de México.

El artículo "Peri-Urbanization and Land Use Fragmentation in Mexico City: Informality, Environmental Deterioration, and Ineffective Urban Policy", publicado en *Frontiers in Sustainable Cities* en 2022, aborda la expansión urbana en áreas periféricas de la Ciudad de México, específicamente en la alcaldía de Tlalpan. Los autores analizan cómo la urbanización en estas zonas ha llevado a una fragmentación del uso del suelo, caracterizada por la mezcla desordenada de áreas residenciales, agrícolas y de conservación. Este fenómeno ha resultado en la pérdida de espacios naturales, deterioro ambiental y una planificación urbana ineficaz. El estudio destaca la necesidad de políticas urbanas más efectivas y sostenibles para abordar estos desafíos.

Heider, López y Scheffran (2018) realizaron un estudio en la zona de conservación ecológica de la Ciudad de México, enfocándose en los patrones de periurbanización y fragmentación del uso del suelo. Su investigación combinó datos de teledetección (imágenes satelitales) con quejas ecológicas ciudadanas con el uso de la Información Geográfica Voluntaria (VGI) y análisis espacial mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). Esta metodología permitió identificar las áreas con mayor presión urbana y evaluar la relación entre los

asentamientos informales, las vías de comunicación y la pérdida de cobertura natural.

Los autores concluyen que la periurbanización en la Ciudad de México no ocurre de forma homogénea, sino que se concentra en zonas de transición entre el área urbana consolidada y la zona rural o de conservación, como es el caso de Tlalpan. Asimismo, evidencian que las herramientas colaborativas, al reflejar la percepción local y las dinámicas informales, pueden complementar significativamente los análisis cuantitativos tradicionales.

El artículo de Ríos-Sánchez et al. (2024) titulado "La gestión de las aguas subterráneas en la interfaz periurbana de las megaciudades de México", publicado en la revista *Sustainability*, analiza la creciente presión sobre los recursos hídricos subterráneos en la zona noreste de la Ciudad de México, específicamente en el Valle de Cuautitlán–Pachuca. Este estudio se centra en la expansión urbana y sus efectos en la sobreexplotación de los acuíferos, utilizando el modelo matemático WEAP (Water Evaluation and Planning System) para proyectar escenarios hasta el año 2050.

El artículo de Rodríguez López, Heider y Scheffran (2017), titulado "Human and remote sensing data to investigate the frontiers of urbanization in the south of Mexico City", presenta una metodología innovadora para analizar la expansión urbana en la zona sur de la Ciudad de México, utilizando una combinación de datos de teledetección, información geográfica voluntaria (VGI) y datos censales. El estudio se centra en identificar y explicar los puntos críticos de urbanización mediante un enfoque de análisis de puntos calientes (hot spots).

Los autores emplearon una clasificación semiautomática de imágenes satelitales para distinguir entre áreas urbanas y no urbanas. Complementaron este análisis con datos de quejas ecológicas presentadas ante la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT), que reflejan la expansión de asentamientos informales en zonas de conservación. Además, incorporaron datos del Censo Nacional de Población y

Vivienda 2010 para analizar factores socioeconómicos como el desempleo. La combinación de estos datos permitió una evaluación más precisa de los procesos de urbanización en áreas protegidas.

El estudio reveló que la expansión de asentamientos informales está fuertemente asociada con factores socioeconómicos, especialmente el desempleo, y con la pérdida de áreas ecológicas en las fronteras urbanas. Los autores destacan que la integración de datos humanos y de teledetección mejora la precisión en la identificación de puntos críticos de urbanización y proporciona una herramienta valiosa para la planificación urbana sostenible.

1.5. Políticas Públicas

Regulación y Contención de Asentamientos Irregulares.

Desde 2010, con el Programa de Desarrollo Urbano de la Delegación Tlalpan, Tlalpan ha trabajado en la identificación y regularización de asentamientos humanos irregulares, en los cuales existen propiedades que desde hace más de cuatro décadas no cuentan con escrituras o documentos que avalen su legitimidad.

En colaboración con el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), se han elaborado 11 diferentes estudios, que integran la delimitación geográfica, análisis de riesgos, cantidad de viviendas y levantamiento topográfico del territorio (NTCD Noticias, 2014).

Protección del Suelo de Conservación.

En el primer informe anual de actividades de 2016, la Jefatura Delegacional de Tlalpan comunicó los 10 ejes principales de avances. El eje número ocho ha impulsado una política pública orientada al respeto del uso de suelo, el rescate del patrimonio cultural y la promoción de un ordenamiento urbano con justicia social. Tlalpan requiere ordenamiento y planeación urbana con criterios sociales que promuevan la equidad, rescaten y potencien

el patrimonio cultural con la participación de sus habitantes (NTCD Noticias, 2016).

El eje número nueve orientado al rescate urbano y cultural de los pueblos originarios de Tlalpan, se ha destacado por incluir la participación ciudadana en asambleas donde el objetivo es obtener una visión colectiva sobre las obras que se llevarán a cabo.

Por último el eje número 10 reconoce la importancia del Suelo de Conservación, debido a que brinda servicios ambientales y preserva la diversidad biológica. Tlalpan es la delegación con mayor superficie de la Ciudad de México, de la cual cerca del 70 % son zonas agrícolas y bosques que pertenecen al llamado suelo de conservación de la Ciudad de México (NTCD Noticias, 2016).

Durante la administración de la entonces Jefa de Gobierno de la Ciudad de México, en 2021 se consolidó una visión estratégica sobre el Suelo de Conservación, reconociendo su papel fundamental para el equilibrio ambiental y su relevancia socioeconómica. En este contexto, se anunció que, de manera excepcional y bajo criterios técnicos, se podría permitir el cambio de uso de suelo en determinados asentamientos irregulares, priorizando medidas de mitigación ambiental acordadas entre autoridades y pobladores, en lugar de imponer pagos por servicios ambientales perdidos (Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México, 2023). En este discurso político se presenta una recopilación de las leyes y programas implementados en el territorio, los cuales han sido organizados de forma cronológica (figura 2).

CRONOLOGÍA

Política para el Suelo de
Conservación

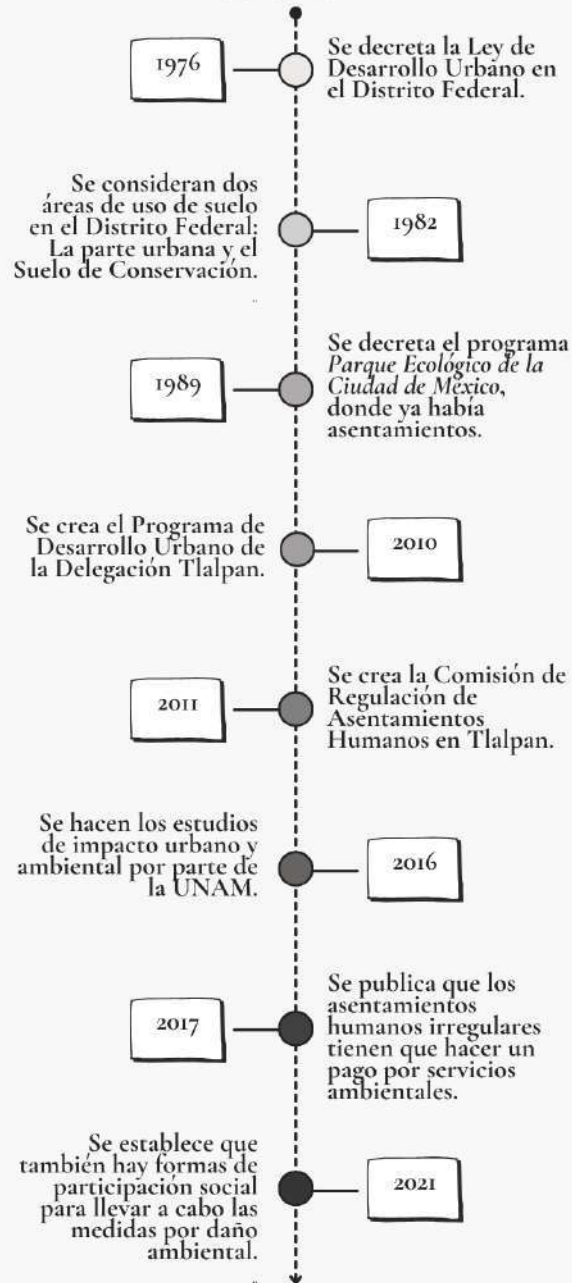


Figura 2: Leyes y Programas más relevantes implementados en la Alcaldía Tlalpan. Elaboración propia

Rechazo a Cambios de Uso de Suelo.

En 2025, el Congreso de la Ciudad de México desechó iniciativas ciudadanas que proponían cambios en el uso de suelo en Tlalpan e Iztapalapa, la iniciativa no cumple con lo establecido en la Ley de Desarrollo Urbano, no aporta elementos técnicos, no considera que la demarcación tiene un déficit en el suministro de agua y de infraestructura de drenaje (Congreso de la Ciudad de México, 2025). Esto refleja el compromiso de la alcaldía con la preservación del suelo y el ordenamiento urbano.

2. INTERFASE URBANO-RURAL

2.1. Definición del concepto de interfase urbano-rural

El concepto de interfase urbano-rural se fundamenta en el principio físico y químico de “interfase”, el cual se refiere a límite en la separación de dos fases distintas. Este término se adaptó a cuestiones territoriales, donde se refiere a la zona de contacto entre lo urbano y lo rural, esta interacción es dinámica y compleja. Según Eizaguirre (2001), la interfase urbano-rural es la franja donde las estructuras rurales se “subruralizan” y las urbanas se “suburbanizan”, reflejando una transición continua entre ambos entornos.

2.1.1. Términos similares

- Zona periurbana: Se refiere a áreas situadas en la periferia de las ciudades, donde coexisten usos urbanos y rurales. Estas zonas suelen ser objeto de procesos de urbanización dispersa y transformación del uso del suelo, lo que genera paisajes híbridos con características tanto urbanas como rurales.
- Frontera urbana: Este término se utiliza para describir el límite físico y funcional entre el espacio urbano consolidado y el rural. A diferencia de la interfaz, que implica una interacción continua y compleja, la frontera urbana puede percibirse como una línea divisoria más estática y definida.
- Rururbanización: Describe el proceso mediante el cual áreas rurales experimentan transformaciones hacia características urbanas, sin perder completamente su identidad rural. Este fenómeno es común en zonas de transición donde las dinámicas urbanas comienzan a influir en el entorno rural.

2.2. Características de la interfase urbano-rural

2.2.1. Transición funcional y espacial

La interfase urbano-rural se caracteriza por una transición tanto funcional como espacial entre las áreas urbanas y rurales. Esta transición implica una transformación en el uso del suelo, la infraestructura y las actividades económicas, reflejando una mezcla de características urbanas y rurales.

Además, la movilidad juega un papel crucial en esta transición. El desarrollo de infraestructuras de transporte y la mejora en las comunicaciones han permitido una mayor interacción entre las áreas rurales y urbanas, facilitando procesos de rururbanización y la expansión de la frontera urbana hacia zonas rurales.

2.2.2. Conflictos y sinergias campo-ciudad

La interacción entre lo urbano y lo rural en la interfase urbano-rural genera tanto conflictos como sinergias. Los conflictos suelen surgir debido a la competencia por el uso del suelo, la presión sobre los recursos naturales y las diferencias en las prioridades de desarrollo entre las áreas urbanas y rurales. Por ejemplo, la expansión urbana puede llevar a la pérdida de tierras agrícolas y a la alteración de ecosistemas rurales.

Por otro lado, las sinergias se manifiestan en la colaboración entre las áreas urbanas y rurales para el desarrollo sostenible. Las ciudades intermedias, por ejemplo, actúan como nodos funcionales que facilitan la interacción entre los centros urbanos y las zonas rurales, promoviendo el intercambio de recursos, servicios y conocimientos.

Además, la movilidad cotidiana y la infraestructura en la configuración del espacio rural no periurbano muestran cómo las mejoras en el transporte y las telecomunicaciones han modificado la forma en que se organiza el territorio, permitiendo una mayor interacción entre las áreas rurales y urbanas.

2.3. Importancia de su estudio en contextos metropolitanos

Delimitar la interfase urbano-rural en contextos metropolitanos como la alcaldía Tlalpan es esencial para comprender y gestionar los riesgos y conflictos potenciales asociados con la expansión urbana. La presión urbana, el cambio de uso de suelo y la pérdida de suelos agrícolas son riesgos significativos que afectan tanto a las áreas urbanas como rurales. Al mismo tiempo, la economía híbrida, la conservación y la planeación participativa ofrecen oportunidades para un desarrollo sostenible y equilibrado.

2.3.1. Riesgos

- **Presión urbana y cambio de uso de suelo**

La expansión urbana no planificada puede llevar a la conversión de tierras agrícolas en áreas urbanas, lo que reduce la disponibilidad de recursos naturales y afecta la biodiversidad. Por ejemplo, en China, la urbanización ha llevado a la pérdida de tierras agrícolas, afectando la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental (Li et al., 2015).

- **Pérdida de suelos agrícolas**

La conversión de suelos agrícolas en áreas urbanas reduce la capacidad de producción de alimentos y puede aumentar la dependencia de fuentes externas para el abastecimiento alimentario. En el caso de la Alcaldía Tlalpan, la expansión urbana podría comprometer la producción local de alimentos y aumentar la huella de carbono asociada al transporte de productos agrícolas (Assennato et al., 2022).

2.3.2. Potencialidades

- **Economía híbrida**

La coexistencia de actividades urbanas y rurales puede fomentar una economía híbrida que aproveche los recursos de ambas áreas. Esto puede incluir la producción local de alimentos, el ecoturismo y la prestación de servicios ambientales, contribuyendo a la resiliencia económica de la región (Yu et al., 2023).

- Conservación

Realizar una delimitación precisa de la interfase urbano-rural ayuda a identificar áreas clave para la conservación de ecosistemas y diversidad biológica. Esto orienta la implementación de políticas de conservación más efectivas y la promueve la protección de recursos naturales indispensables para las comunidades urbanas y rurales.

- Planeación participativa

Involucrar a las comunidades locales en el proceso de planificación urbana y rural puede mejorar la efectividad de las políticas y garantizar que las necesidades y aspiraciones de todos los grupos sean consideradas. La participación activa puede fortalecer la cohesión social y promover un desarrollo más equitativo y sostenible (IPCC, 2014).

3. INTERFASE URBANO-RURAL EN LA ALCALDÍA TLALPAN

3.1. Contexto territorial de la alcaldía Tlalpan

3.1.1. Ubicación y extensión

La Alcaldía Tlalpan es la demarcación territorial más extensa de la Ciudad de México, con una superficie aproximada de 33,061 hectáreas, lo que representa alrededor del 20.7 % del total del territorio capitalino (Gobierno de la Ciudad de México, 2021). Está situada en el sur de la ciudad y limita al norte con las alcaldías Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Coyoacán; al este con Xochimilco y Milpa Alta; al sur con el estado de Morelos; y al oeste con el Estado de México.

3.1.2. División urbana y rural

Tlalpan presenta una marcada división territorial: aproximadamente el 16.5 % de su superficie es urbana, mientras que el 83.5 % restante corresponde a suelo de conservación (Plataforma Digital para el Ordenamiento Territorial, 2020). Esta distribución muestra una transición espacial y funcional, donde las zonas del norte son más densamente pobladas y urbanizadas, mientras que el sur conserva características rurales, con núcleos poblacionales tradicionales y actividades agroforestales.

Las zonas urbanas incluyen áreas como el Centro Histórico de Tlalpan, Coapa y Pedregal de San Nicolás, mientras que las rurales comprenden comunidades como San Miguel Topilejo, San Pedro Mártir, Parres El Guarda y San Andrés Totoltepec. Estas comunidades mantienen prácticas agrícolas, forestales y de organización comunal, aunque enfrentan crecientes procesos de urbanización y conurbación.

3.1.3. Relevancia del suelo de conservación

El suelo de conservación en Tlalpan juega un papel clave en la sostenibilidad ecológica de la Ciudad de México. Este territorio proporciona servicios ecosistémicos fundamentales, como la infiltración de agua al acuífero del Valle de México, la regulación del clima local, la conservación de la biodiversidad y el almacenamiento de carbono (SEMARNAT y CONAFOR, 2022).

No obstante, este suelo enfrenta múltiples amenazas: urbanización desordenada, asentamientos irregulares, tala clandestina y expansión de infraestructura vial. Según datos de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), entre 150 y 200 hectáreas de suelo de conservación se pierden anualmente por estas causas (SEDEMA, 2024).

En 2025, como parte de los esfuerzos por revertir esta tendencia, el gobierno capitalino recuperó 68.91 hectáreas de suelo de conservación en San Andrés Totoltepec, a través de operativos coordinados con participación comunitaria (SEDEMA, 2025). Esta recuperación representa un paso importante para salvaguardar los servicios ambientales que estos suelos prestan a toda la metrópoli.

3.1.4. Áreas con características mixtas

En Tlalpan, existen territorios que exhiben rasgos tanto rurales como urbanos, creando un espacio intermedio con funciones múltiples. Estos incluyen:

- Zonas rurales bajo presión urbana

Comunidades como San Miguel Topilejo, San Pedro Mártir y San Andrés Totoltepec presentan una estructura agraria y comunal, con presencia de suelos de conservación y actividades agropecuarias. Sin embargo, están cada vez más integradas a la mancha urbana por el crecimiento habitacional, las vialidades y el acceso a servicios básicos.

- Áreas urbanas con funciones rurales

Algunos sectores del límite sur de colonias urbanizadas, como Héroes de Padierna o Fuentes del Pedregal, aún conservan huertos familiares, pequeñas parcelas y zonas forestales remanentes. Estas áreas, aunque urbanas en infraestructura, mantienen

funciones rurales, especialmente en actividades económicas o culturales de los habitantes.

Este tipo de espacio intermedio ha sido conceptualizado por la literatura como “espacio periurbano” o “espacio de interfase”, caracterizado por su inestabilidad funcional y diversidad de transiciones (Douglas, 2006; Allen, 2003).

3.1.5. Posibles límites de transición

La delimitación de la interfase urbano-rural no puede asumirse como una línea fija, sino como una zona de transición con gradientes en las variables analizadas. No obstante, es posible identificar límites funcionales preliminares con base en ciertos criterios:

- Límites ambientales

La transición entre suelo urbano y suelo de conservación, definidos en el Programa General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México (PGOT), representa una frontera ecológica crítica, especialmente al sur del Anillo Periférico y en las inmediaciones de la Carretera Federal a Cuernavaca (SEDUVI, 2021).

- Límites socioeconómicos

Cambios en densidad de población, tipo de vivienda, formas de tenencia de la tierra (propiedad privada vs. ejidal o comunal) y actividades económicas permiten trazar líneas funcionales entre zonas urbanas y rurales. Por ejemplo, en la transición de Párres El Guarda a San Miguel Ajusco, se observan contrastes marcados en ocupación del suelo y acceso a servicios públicos.

- Límites de infraestructura

Infraestructura vial, como la Autopista México-Cuernavaca o la carretera Picacho-Ajusco, actúa como barrera o conector entre áreas urbanizadas y rurales, definiendo corredores de expansión y zonas de conflicto territorial.

4. METODOLOGÍA

En este trabajo se utilizaron imágenes satelitales de Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 8 correspondientes a los años 1987, 1993, 2001, 2014 y 2022 respectivamente (Tabla 1). Las imágenes se descargaron de la plataforma Earth Explorer de la USGS (United States Geological Survey). Se procuró que las imágenes seleccionadas fueran de la misma época del año para garantizar condiciones climáticas y estacionales similares entre ellas, la única excepción es la imagen del año 1987, debido a que las imágenes disponibles entre febrero y marzo no cumplen con el porcentaje mínimo de nubosidad.

Tabla 1: Detalles de las imágenes usadas en el estudio

Misión	Imagen	Fecha
Landsat 4	LT04L2SP02604719871215	15 de diciembre de 1987
Landsat 5	LT05L2SP02604719930222	22 de febrero de 1993
Landsat 5	LT05L2SP02604720010316	16 de marzo de 2001
Landsat 8	LC08L2SP02604720140216	16 de febrero de 2014
Landsat 8	LC08L2SP02604720220310	10 de marzo de 2022

Los datos que proporcionan los satélites están sujetos a contener errores cuando son capturados debido a diversos factores como interferencias de la atmósfera, movimientos inesperados de la plataforma o fallos en los sensores. Por lo tanto, es indispensable realizar un preprocesamiento donde se implementen correcciones en sus valores para que las imágenes mejoren su calidad. Existen tres tipos de correcciones para las imágenes satelitales.

- Corrección radiométrica

Se encarga de corregir los valores de líneas o píxeles perdidos.

- Corrección geométrica

Se encarga de restaurar las distorsiones en la imagen, ubicando a los píxeles en el espacio geográfico.

- Corrección atmosférica

Se encarga de corregir las interferencias en los valores de reflectancia que llegan al sensor.

En Earth Explorer del USGS se pueden encontrar productos de nivel 1 y nivel 2. Las imágenes de nivel 1 son aquellas cuyos Números Digitales (ND) no han sido procesados, es decir, se trata de productos crudos. En el caso de las imágenes Landsat de nivel 2, el USGS aplica una metodología específica para generar esta colección corregida a partir de los productos de nivel 1. En este trabajo se utilizaron imágenes de nivel 2, por lo que no fue necesario aplicar un programa adicional para su corrección.

Factor de escala

En la documentación disponible por el USGS se explica que para hacer más eficiente la entrega de los productos Landsat nivel 2, a cada píxel de coma flotante se le aplica un desplazamiento, que luego se multiplica por una ganancia para llevar el valor al rango de enteros de 16 bits (o enteros sin signo). Estos valores se denominan enteros escalados (United States Geological Survey, s.f.).

Por lo tanto, para utilizar los productos con valores originales a cada píxel se le debe aplicar un factor de escala y sumarle un desplazamiento.

$$(ND) * \text{factordeescala} + \text{desplazamiento} \quad (1)$$

Donde

- DN = Número Digital.
- factor de escala = 0.0000275
- desplazamiento = -0.2

A cada banda utilizada en este trabajo se le agregó este factor de escala.

Composición de bandas

Con el fin de poder visualizar con mejor detalle las imágenes satelitales, se emplearon dos combinaciones de bandas.

- Falso color.

Es una combinación de bandas que resalta en tonalidad roja la vegetación. Utiliza las bandas del infrarrojo cercano (NIR), RED y GREEN. La combinación de bandas para Landsat 4 y 5 sería [4, 3, 2] mientras que en Landsat 8 la combinación sería [5, 4, 3].

- Falso color para detección de zonas urbanas:

Es una combinación de bandas que resalta en tonos magenta las áreas urbanas y en verde brillante las áreas forestales. Utiliza las bandas del infrarrojo de onda corta (SWIR) 2, SWIR 1 y RED. La combinación de bandas para Landsat 4 y 5 sería [7, 5, 3] mientras que en Landsat 8 la combinación sería [7, 6, 4].

4.1. Índices espectrales

Los índices espectrales sirven para resaltar características específicas de la superficie terrestre.

4.1.1. Índice de Áreas Construidas de Diferencia Normalizada (NDBI)

Este índice se utiliza para poder identificar áreas construidas y urbanas. Se calcula utilizando las bandas del NIR y del SWIR, ya que las áreas construidas suelen reflejar más en la banda SWIR y menos en la NIR. Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula propuesta por (Zha, Gao y Ni, 2003):

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2)$$

Landsat 4-5

$$NDBI = \frac{\text{BANDA 5} - \text{BANDA 4}}{\text{BANDA 5} + \text{BANDA 4}} \quad (3)$$

Landsat 8

$$NDBI = \frac{\text{BANDA 6} - \text{BANDA 5}}{\text{BANDA 6} + \text{BANDA 5}} \quad (4)$$

Donde

- SWIR: valores de reflectancia en la banda del infrarrojo de onda corta.
- NIR: valores de reflectancia en la banda del infrarrojo cercano.

Los valores se interpretan de la siguiente manera:

- 1: los valores cercanos a 1 indican una mayor presencia de áreas construidas.
- 0: indican una mezcla de superficies construidas y no construidas.
- -1: los valores cercanos a -1 indican áreas no construidas, como vegetación o agua.

4.1.2. Índice de Vegetación Diferencial Normalizada (NDVI)

Este índice se utiliza para evaluar la salud y densidad de la vegetación en la superficie terrestre. Se calcula utilizando las bandas del NIR y RED, ya que la vegetación sana refleja más luz en el infrarrojo cercano y absorbe más luz en el rojo visible. Se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (5)$$

Landsat 4-5

$$NDVI = \frac{\text{BANDA 4} - \text{BANDA 3}}{\text{BANDA 4} + \text{BANDA 3}} \quad (6)$$

Landsat 8

$$NDVI = \frac{\text{BANDA 5} - \text{BANDA 4}}{\text{BANDA 5} + \text{BANDA 4}} \quad (7)$$

Donde

- NIR: Banda del infrarrojo cercano
- RED: Banda del rojo

Los valores se interpretan de la siguiente manera:

- 1: los valores cercanos a 1 indican vegetación densa y saludable.
- 0.2 – 0.5: los valores en este intervalo indican vegetación escasa o en crecimiento.
- 0: indican suelo desnudo, rocas, zonas urbanas.
- -1: los valores cercanos a -1 indican agua, nubes, nieve

4.2. Cambio de uso de suelo

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha producido siete series de Uso de Suelo y Vegetación a escala 1:250,000. Las series se identifican con números romanos y se pueden descargar del geoportal CONABIO, para este trabajo se utiliza la serie II con año de referencia 1993 y la serie VII con año de referencia 2021.

El cambio de uso de suelo se emplea para analizar las transiciones entre la vegetación y otros usos del suelo a través del tiempo. El uso de suelo se refiere al aprovechamiento que se le da a la cubierta terrestre.

Los geoprocursos se llevaron a cabo en el programa QGIS, primero se cargan los siguientes datos.

- Serie II de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.
- Serie VII de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI.
- Polígono de la alcaldía Tlalpan

En el menú de *propiedades* en la sección *fuentes* se crea un índice espacial a cada una de las capas, con el fin de no tener errores en los procesos siguientes. Este índice espacial se debe crear cada vez que se genera una nueva capa vectorial.

Se cortan las Series de Uso de Suelo y Vegetación con la extensión del polígono correspondiente a la alcaldía Tlalpan, para poder trabajar únicamente con el área de estudio. El programa QGIS detecta geometrías inválidas en la serie VII, por lo que se corrige con la herramienta *corregir geometrías*. Una vez hecha la corrección se puede cortar sin problema.

En la tabla de atributos de cada serie, se observa el campo que describe las clasificación de las coberturas. Esta clasificación se tiene que llevar de lo particular a lo general, por ejemplo, en la tabla de atributos vienen clasificados distintos tipos de bosque, como bosque de oyamel, bosque de encino, bosque de cedro, etc. Entonces todos los tipos de bosque se reagrupan como una sola clase. Se eligen 5 clases para generalizar:

- BOSQUE
- VEGETACIÓN SECUNDARIA
- AGRICULTURA
- PASTIZAL
- ZONA URBANA

Se usa la herramienta *disolver* y el campo *descripcion* para hacer una primera compresión de las clases. Las nuevas capas se encuentran en el sistema [EPSG:4326 - WGS 84 - Geográfico] y se re proyectan con la herramienta *reproyectar capa*, se elige el siguiente sistema [EPSG:32614 - WGS 84 / UTM zone 14N] para poder hacer mediciones más precisas y en sistema métrico decimal.

Se crea un nuevo campo con las nuevas clases que reagrupamos y con la *calculadora de campos* se calcula el área en hectáreas de cada una de las clases. Se crea otro campo para definir el tiempo, en la Serie II el campo se llama *t1* y contiene los valores, 10, 20, 30, 40 y 50; en la Serie VII el campo se llama *t2* y contiene los valores, 1, 2, 3, 4 y 5.

Con la herramienta *interseccion* se hace una superposición de la Serie II y Serie VII, el producto es una nueva capa vectorial, la tabla de atributos contiene datos de las capas que se superpusieron. Se crea un nuevo campo que es la suma de *t1* y *t2* el resultado es la transición entre estos dos tiempos, a partir de las transiciones se calcula el área de cambio.

4.2.1. Matriz de transición

Los resultados se organizan en una matriz de transición (tabla 2), el objetivo de esta matriz es evaluar la cantidad de uso de suelo que se conservó a través del tiempo y la cantidad que se transformó.

Tabla 2: Matriz de transición para 5 clases

		2021				
		Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4	Clase 5
1993	Clase 1	p_{11}	p_{12}	p_{13}	p_{14}	p_{15}
	Clase 2	p_{21}	p_{22}	p_{23}	p_{24}	p_{25}
	Clase 3	p_{31}	p_{32}	p_{33}	p_{34}	p_{35}
	Clase 4	p_{41}	p_{42}	p_{43}	p_{44}	p_{45}
	Clase 5	p_{51}	p_{52}	p_{53}	p_{54}	p_{55}

4.2.2. Tasas de cambio

La tasa de cambio se calcula con la siguiente fórmula propuesta por la (FAO, 1995):

$$\delta = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^{\frac{1}{n}} - 1 \quad (8)$$

Donde

- δ : es la tasa anual de cambio.
- S_1 : es la superficie en la fecha 1.
- S_2 : es la superficie en la fecha 2.
- n : es la diferencia de años entre las dos fechas.

La tasa de cambio porcentual se obtiene multiplicando la tasa anual de cambio por 100.

4.3. Mapas temáticos

El Portal de Datos Abiertos de la Ciudad de México ofrece una gran variedad de datos de distintas categorías, generados por distintas instituciones y disponibles en diversos formatos. Para este estudio se seleccionaron las categorías: *Desarrollo urbano, vivienda y territorio, Movilidad e Infraestructura*. Dado que, la delimitación de la interfaz urbano-rural está sujeta a la interpretación de distintas variables, se seleccionaron las que comunican de mejor manera las deficiencias de zonas erróneamente denominadas urbanas:

- Agua potable
- Energía eléctrica
- Servicios de salud
- Escuelas

- Mercados
- Colonias que recorren mayor distancia para llegar a hospitales, escuelas y mercados
- Áreas naturales protegidas
- Movilidad
- Densidad de población
- Viviendas

Los datos recopilados en formato shp, se corrigen geométricamente, se convierten al mismo sistema de coordenadas y se agrupan dependiendo su nivel para mantener un mejor orden. Después se extraen o se cortan únicamente aquellos datos que corresponden al área de estudio.

Se debe tomar en cuenta el tipo de información que manejan las capas vectoriales, es muy fácil verificarlo en la tabla de atributos. Teniendo en cuenta estos aspectos se logra representar de manera precisa cada variable.

4.4. Modelo de predicción

Para calcular los cambios que se esperan en el futuro se utilizó un *plugin* para QGIS llamado *MOLUSCE* (Modules for Land Use Change Evaluation). Este *plugin* lo desarrolló Asia Air Survey para las versiones 2.x de QGIS. Se utiliza principalmente para hacer simulaciones del uso del suelo en el futuro.

Los datos que se utilizaron en este trabajo son del tipo ráster (.TIFF) obtenidos del portal CONABIO, “Cobertura del Suelo de México a 30 metros, 2010” y “Cobertura del Suelo de México a 30 metros, 2020”.

En el formulario de la herramienta *MOLUSCE*, la primera pestaña corresponde al ingreso del ráster de fecha de inicio y el ráster de la fecha final. Las siguientes pestañas corresponden al análisis de las áreas de cambio del uso del suelo, aunque previamente ya obtuvimos un análisis de esta transformación entre los usos del suelo de diferentes fechas, es necesario calcularlos en este entorno para poder obtener la simulación futura.

Desde la pestaña *Cellular Automata Simulation* se activa la opción *simulation result* y se obtiene la evolución del uso del suelo para el año 2030.

RESULTADOS

En la Figura 3 se muestra como la vegetación densa y sana (rojo brillante) se degrada a una vegetación menos desarrollada (rosa). Por su parte la Figura 4 exhibe el avance de las zonas urbanas sobre áreas que solían ser para la agricultura. En ambos casos, sobresale el salto abrupto de la degradación de la vegetación y la expansión urbana en el periodo 1993-2001.

Al aplicar el NDBI se buscaba resaltar las áreas de construcción en la alcaldía Tlalpan, con el fin de analizar el crecimiento de la urbanización, sin embargo podemos observar en la figura 5 que los valores más cercanos a 1 (rojo) se concentran muy al sur de la alcaldía. Si se contrasta con el análisis de la figura 4, se observa que los valores más altos corresponden a las zonas de agricultura.

El NDVI resalta la vegetación, por lo que los valores cercanos a uno corresponden a la vegetación más densa. En la figura 6, entre los años 1987 y 1993 se observa una degradación del tono verde brillante a verde más suave, lo que implica el cambio de vegetación primaria a vegetación secundaria. Para el año 2001, la degradación de la vegetación persiste y las áreas con valores pequeños aumentan significativamente. En las imágenes de años posteriores se observa que hay recuperación de la vegetación primaria.

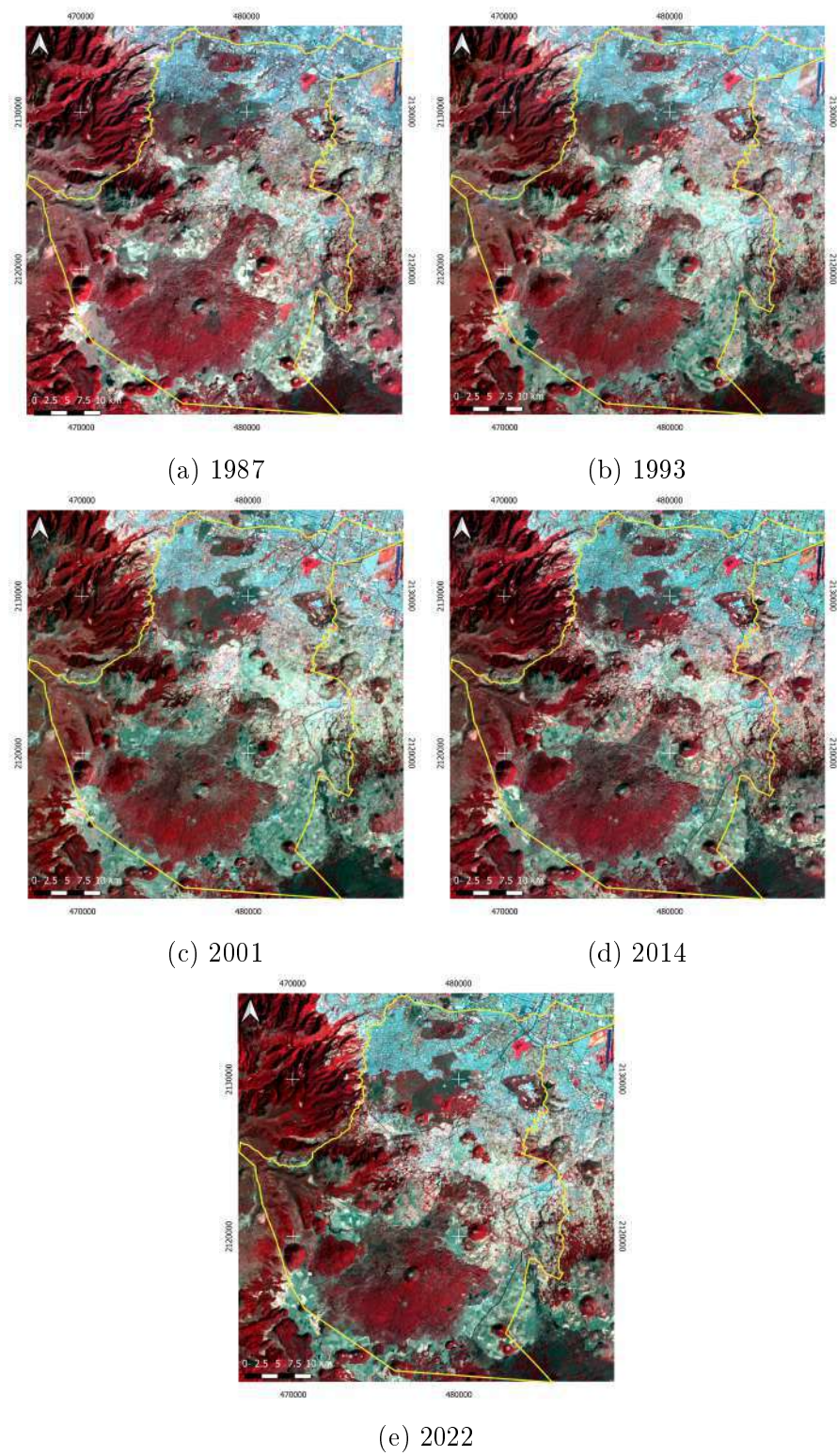
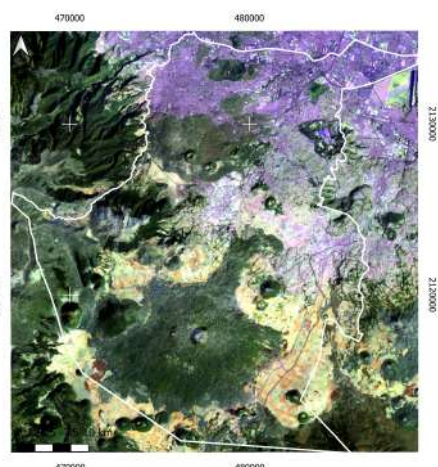


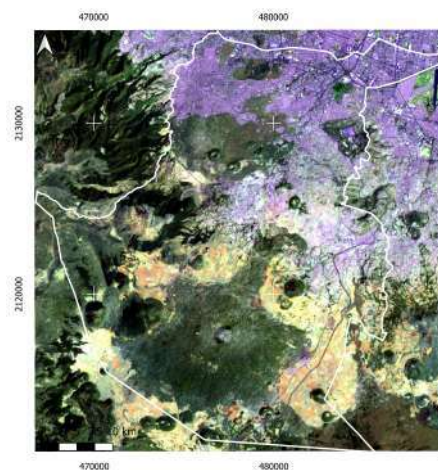
Figura 3: Composición de falso color para detección de vegetación.



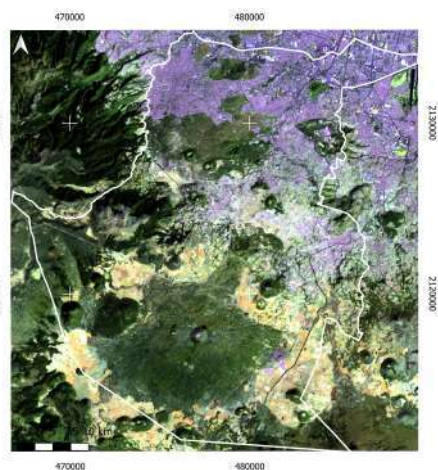
(a) 1987



(b) 1993



(c) 2001



(d) 2014



(e) 2022

Figura 4: Composición de falso color para detección de zonas urbanas.

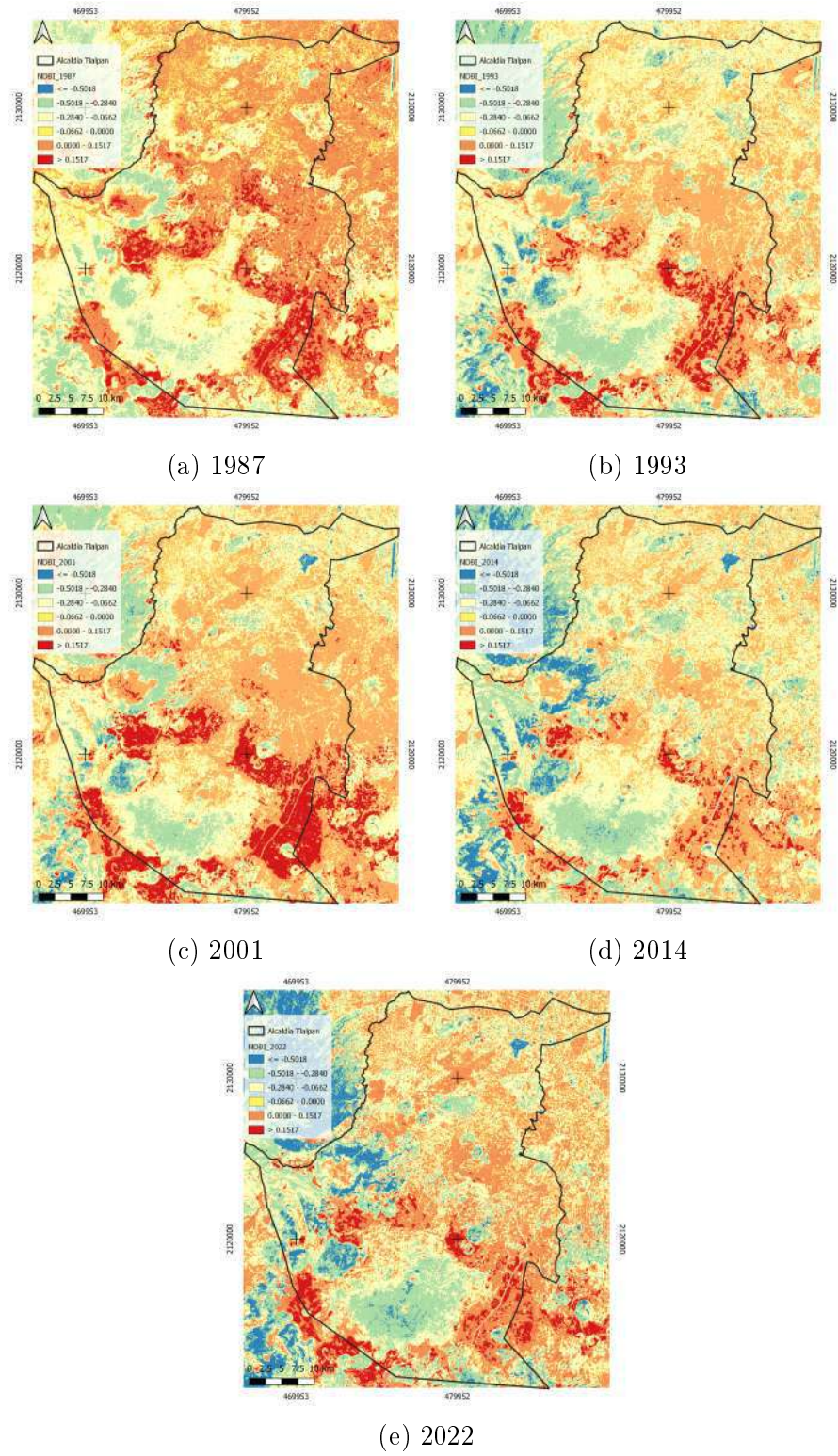


Figura 5: NDBI multitemporal para detección de áreas construidas.

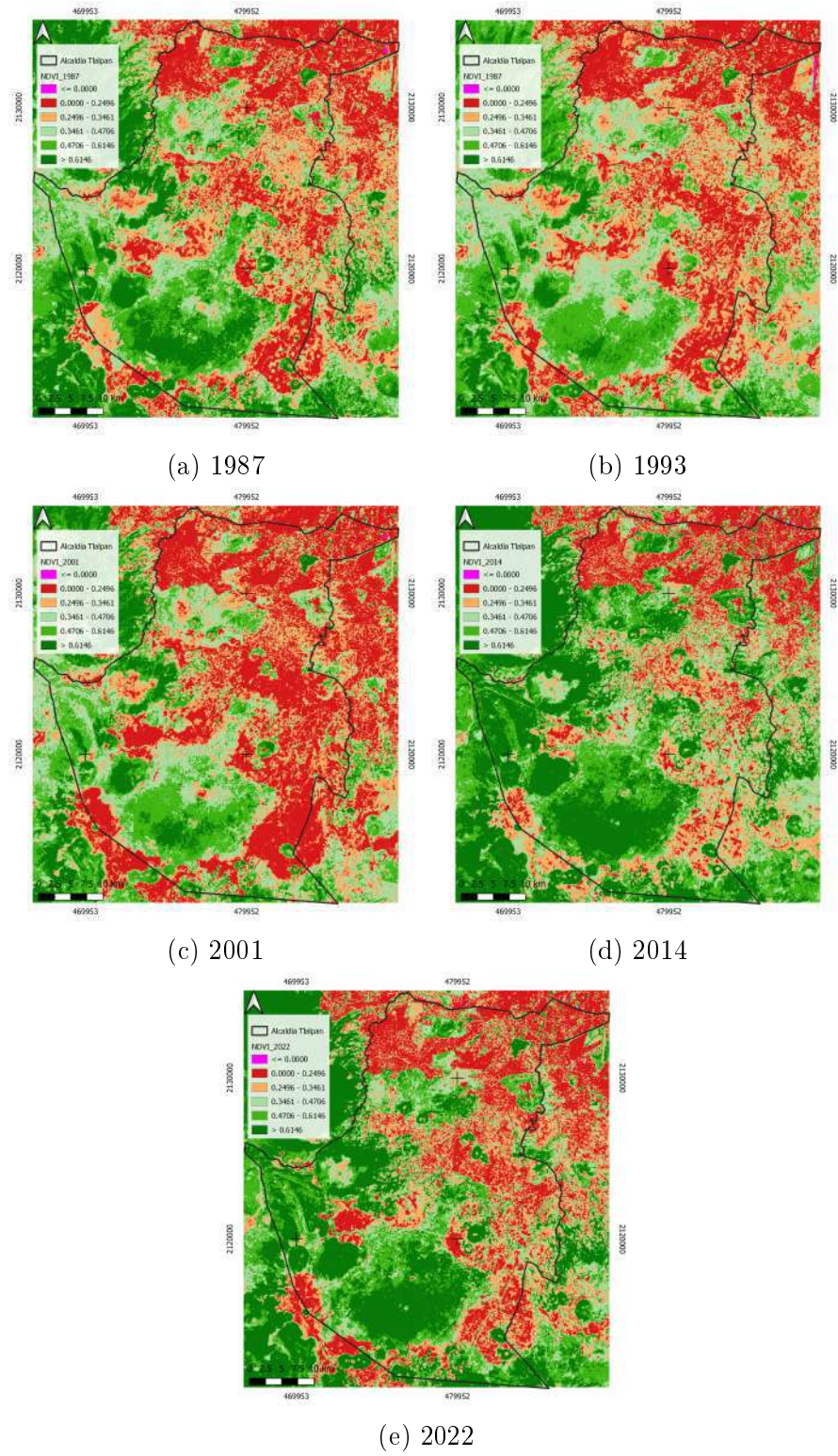


Figura 6: NDVI multitemporal para la detección de la salud y densidad de la vegetación.

En la Tabla 3 se presentan los valores de la superficie que se transformaron y los valores que permanecieron inalterados. En la diagonal principal se encuentran los valores de las clases que no presentaron cambios, fuera de esta diagonal se encuentran los valores que nos proporcionan los patrones de cambio. De acuerdo con la Tabla 4 podemos decir que de las 31,439 hectáreas, 19,298 hectáreas permanecieron intactas este valor equivale al 61.38 %, por lo tanto, la superficie total de cambios equivale al 38.62 %. En la Figura 9 se representan las clases que tuvieron más pérdidas, el bosque fue la clase con mayor transición pasando a vegetación secundaria. Las zonas de agricultura se ocuparon por espacio urbano y algunos pastizales ahora son área de cultivo.

En la Tabla 5 se tiene la tasa de cambio en el periodo 1993-2021, la cual indica cuál es el porcentaje de superficie ganada o pérdida de cada clase. Por lo tanto, podemos decir que vegetación secundaria y zona urbana son las clases que ganaron más superficie, por otro lado, agricultura fue la clase con más pérdida de superficie. También, se puede deducir que la zona urbana creció 1,375 Has entre 1993 y 2022, en promedio es un crecimiento de 49 Has/año. En 10 años el crecimiento urbano sería de 490 ha aproximadamente.

Tabla 3: Matriz de transición en los usos de suelo (ha)

		2021				
		Bosque	Veg Sec	Agricultura	Pastizal	Urbano
1993	Bosque	4,016	7,967	79	552	75
	Veg Sec	9	1,353	22	NA	88
	Agricultura	65	176	7,820	4	1300
	Pastizal	100	506	1,092	1,325	10
	Urbano	2	20	4	70	4,784

Tabla 4: Hectáreas que permanecen y cambios totales

	Diagonal (permanece)	Pérdida	Ganancia
Bosque	4,016	8,673	176
Vegetación secundaria	1,353	119	8,669
Agricultura	7,820	1,545	1,197
Pastizal	1,325	1,708	626
Urbano	4,784	96	1,473
	19,298	12,141	12, 141

$$A_T = 19,298 + 12,141; A_T = 31,439ha \quad (9)$$

Tabla 5: Tasa de cambio

	Superficie (ha)		Tasa de cambio	Tasa de cambio (%)	Porcentajes	
Clase	1993	2021	1993 _ 2021	1993 _ 2021	1993	2021
1. Bosque	12,690	4,194	-0.038	-3.876	40.35	13.33
2. Vegetación secundaria	1,474	10,024	0.07	7.08	4.68	31.87
3. Agricultura	9,367	9,020	-0.0013	-0.13	29.7	28.6
4. Pastizal	3,036	1,953	-0.015	-1.56	9.6	6.2
5. Zona Urbana	4,884	6,259	0.008	0.88	15.5	19.90
Total	31,451	31,450				

La Figura 8 muestra las colonias que no cuentan con el servicio de agua potable, un elemento básico para garantizar una vivienda digna. En la Figura 9, se observa la distribución del servicio de energía eléctrica, revelando que no todas las colonias dentro de la alcaldía tienen acceso a este recurso esencial.

La Figura 10 destaca, en tonos de rosa más intenso, las colonias cuyos habitantes deben recorrer mayores distancias para acceder a servicios fundamentales como escuelas, hospitales o mercados. Esta situación afecta principalmente a las colonias ubicadas en el sur

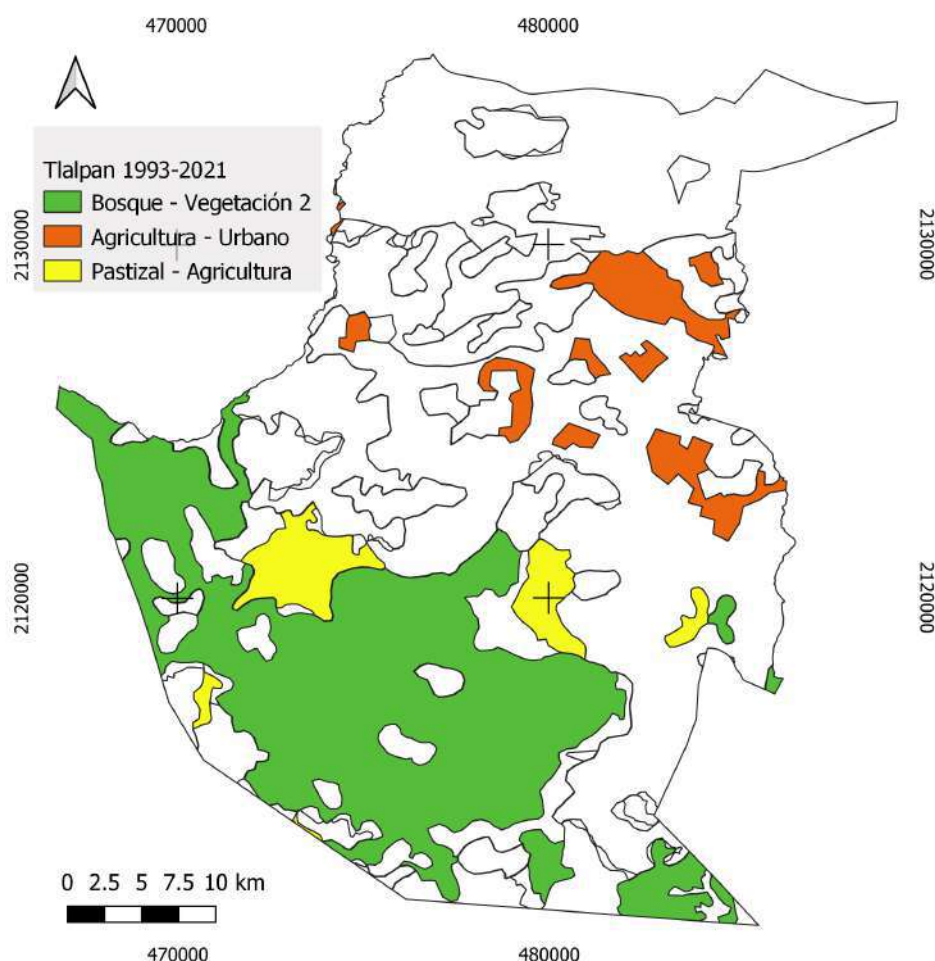


Figura 7: Mapa de los cambios de uso de suelo más dominantes desde 1993 a 2021

de la alcaldía Tlalpan, donde se concentra la mayor exclusión en términos de accesibilidad.

Tal como se discutió en capítulos anteriores, las áreas de interfase urbano-rural mantienen una fuerte dependencia del núcleo urbano para el acceso a servicios y bienes básicos. La Figura 11 refuerza esta afirmación, al mostrar que son pocas las colonias que cuentan con mercados públicos dentro de su territorio. Esto implica que los habitantes del sur deben recorrer mayores distancias para acceder a productos de consumo básico, generalmente a precios más accesibles en estas instalaciones.

Finalmente, las Figuras 12 y 13 muestran la localización de escuelas y hospitales, respectivamente. Los datos indican que la infraestructura educativa y de salud es insuficiente para atender la demanda generada por la expansión urbana, lo que profundiza las desigualdades territoriales y la fragmentación social en la interfase urbano-rural.

Un hallazgo relevante de los mapas temáticos es que las colonias adyacentes a las áreas naturales protegidas (figura 14) han experimentado una disminución en el número de viviendas y población, lo que sugiere un efecto de contención natural al crecimiento urbano en estas zonas. Por otro lado, los ejes viales y de transporte (figura 15) están principalmente concentrados en el norte de la alcaldía Tlalpan y se extienden progresivamente hacia el sur, en áreas con menor presencia de zonas naturales protegidas.

Esta infraestructura vial favorece la accesibilidad y atrae procesos de urbanización, correlacionándose con el incremento poblacional observado en dichas colonias del sur. Este patrón espacial reafirma la influencia directa que la disponibilidad de infraestructura de transporte tiene sobre la dinámica del crecimiento urbano, mientras que la conservación de áreas naturales actúa como barrera para la expansión residencial.

La Figura 16 muestra, en color azul, las colonias que registraron una disminución en el número de viviendas entre los años 2000 y 2010. A partir del color verde hasta el rojo se representan aquellas colonias que experimentaron un incremento en el número de viviendas durante el mismo periodo. Por su parte, la Figura 17 presenta la densidad habitacional por colonia en el año 2010, donde las tonalidades azules indican menor densidad, y los tonos cálidos (naranja y rojo), una mayor concentración de viviendas por unidad de superficie. Finalmente, la Figura 18 muestra el incremento poblacional entre 2000 y 2016, destacando en rojo las colonias con mayor crecimiento demográfico.

Al analizar conjuntamente estas tres figuras, se infiere que varias de las colonias representadas en tonos azules incrementaron tanto su población como el número de viviendas,

aunque sin alcanzar niveles altos de densidad habitacional. Esto contrasta con las colonias del norte de la alcaldía Tlalpan, las cuales, aunque no presentan el mismo nivel de crecimiento poblacional reciente, conservan una densidad significativamente mayor debido a un desarrollo urbano más consolidado.

La simulación realizada con el *plugin* MOLUSCE proyecta un crecimiento urbano sostenido en la alcaldía Tlalpan para el periodo 2022-2032 (figura 19). Sin embargo, un resultado destacable es la proyección de recuperación de vegetación densa en ciertas áreas, especialmente en aquellas colonias que, según los datos históricos, han mostrado una disminución en la densidad de viviendas. Este fenómeno sugiere que, junto con la expansión urbana, existen procesos simultáneos de renaturalización o reducción en la ocupación habitacional en ciertas zonas, lo que podría estar asociado a políticas de conservación, abandono de áreas urbanizadas o dinámica socioeconómica que favorece la recuperación del uso del suelo natural.

Esta coexistencia de crecimiento urbano y recuperación de vegetación muestra la complejidad y heterogeneidad de la interfase urbano-rural en Tlalpan, donde no todos los cambios implican una urbanización irreversible. Por lo tanto, la planificación territorial debe considerar estos procesos duales para fomentar un equilibrio entre desarrollo urbano y conservación ambiental.

La Figura 20 presenta la delimitación del área de interfase urbano-rural correspondiente al año 2032, construida a partir del análisis multivariable realizado con base en infraestructura, servicios, movilidad y densidad de población. Las colonias sombreadas comparten un patrón común: presentan deficiencias en servicios básicos como agua, energía eléctrica, centros de salud, mercados y escuelas, lo cual refleja un grado de urbanización incompleto. Este déficit de equipamiento básico es una característica típica de las interfase urbano-rural, que no están plenamente integradas al núcleo urbano pero tampoco conservan un carácter rural intacto.

A pesar de estas condiciones, muchas de estas colonias están clasificadas oficialmente como AGEB urbano según el Conjunto de Datos Geoespaciales de la Ciudad de México (CDMX), lo cual representa una incongruencia significativa. Aunque formalmente están etiquetadas como urbanas, en la práctica carecen de los atributos funcionales de una ciudad consolidada y se ubican en un estado de vulnerabilidad estructural. Esta discrepancia muestra las limitaciones de los criterios administrativos convencionales para representar adecuadamente la realidad territorial.

Además, muchas de estas colonias se caracterizan por tener baja densidad habitacional pero con una tendencia clara de crecimiento, lo cual refuerza su condición de interfase urbano-rural. La combinación de crecimiento poblacional con carencias de infraestructura ilustra el fenómeno propio de la interfase urbano-rural.

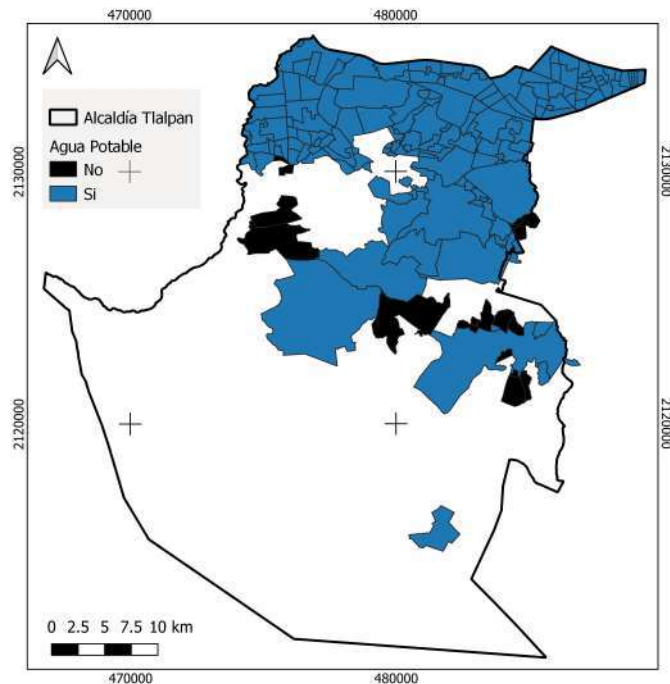


Figura 8: Colonias que cuentan con agua potable.

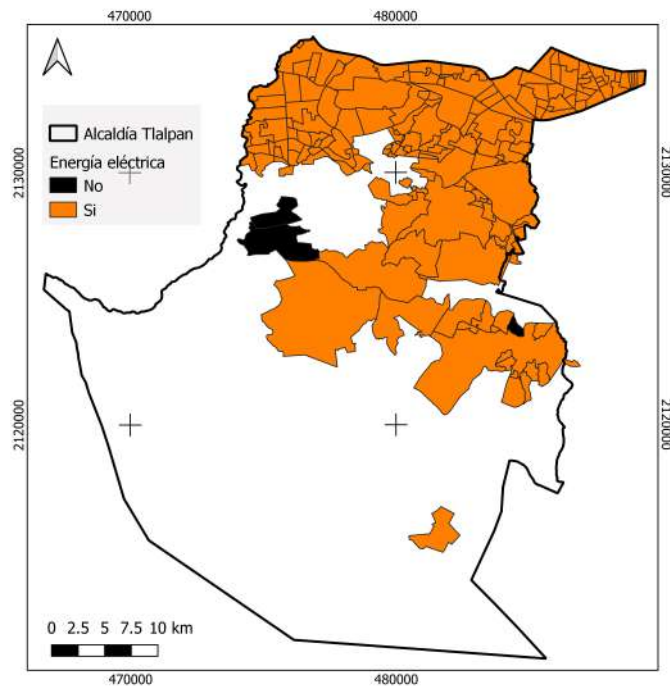


Figura 9: Colonias que cuentan con energía eléctrica.

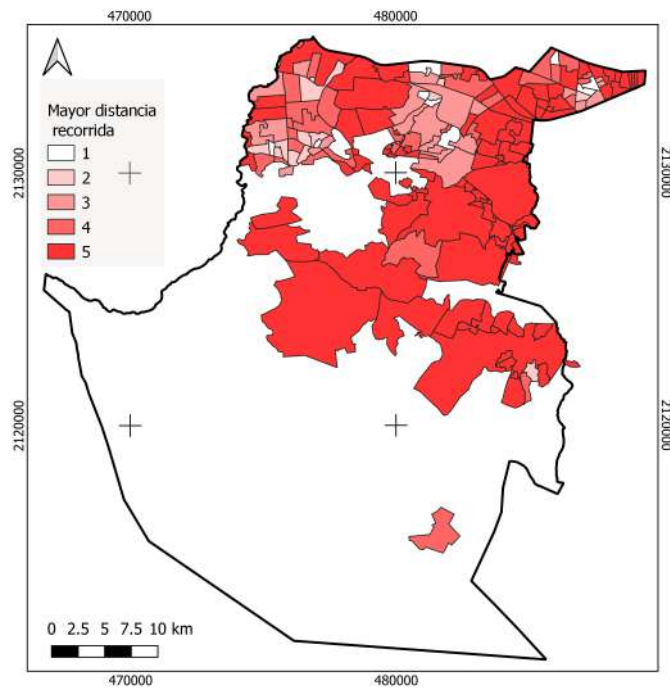


Figura 10: Colonias que recorren mayor distancia.

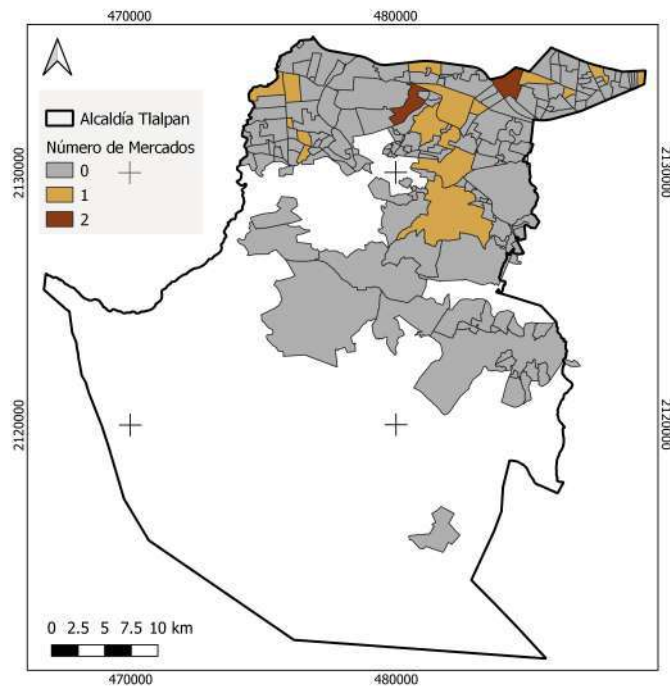


Figura 11: Número de mercados por colonia.

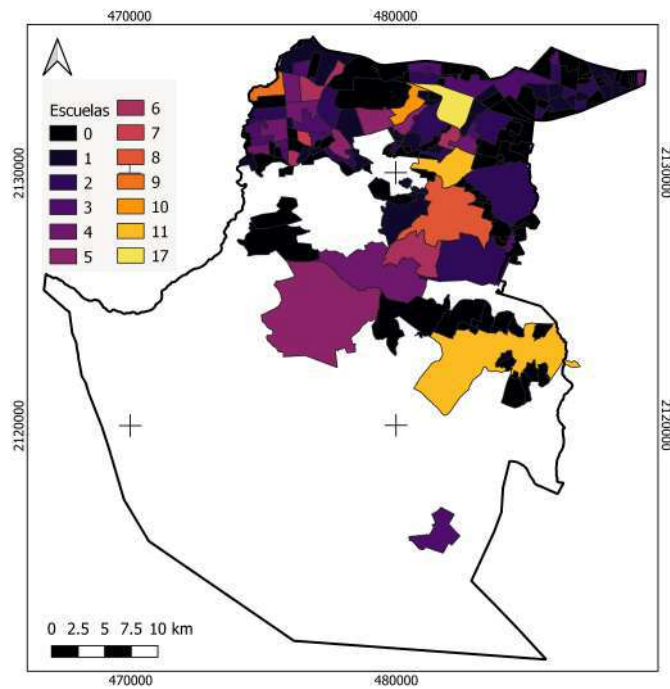


Figura 12: Número de escuelas por colonia.

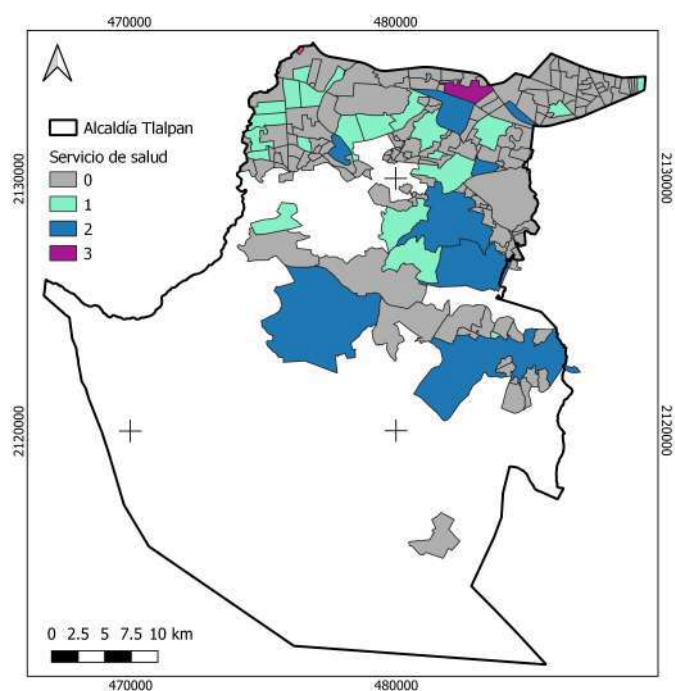


Figura 13: Número de centros de salud u hospitales por colonia.

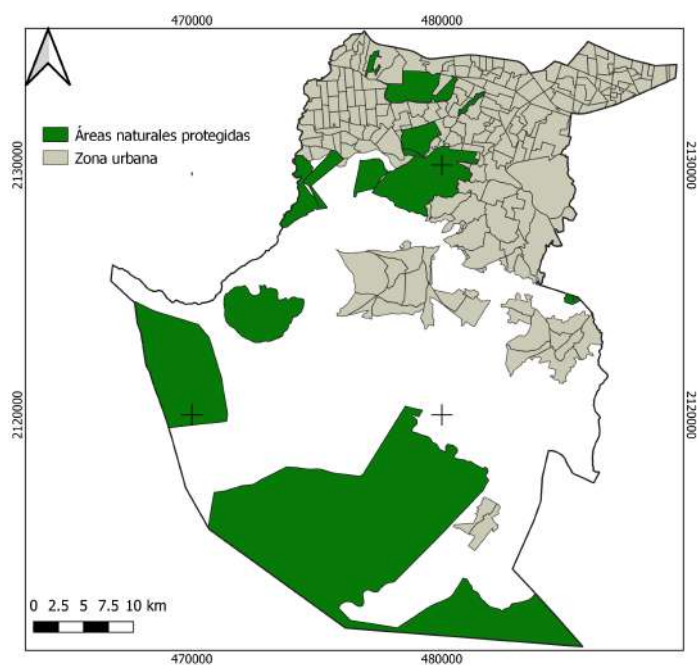


Figura 14: Áreas naturales protegidas.

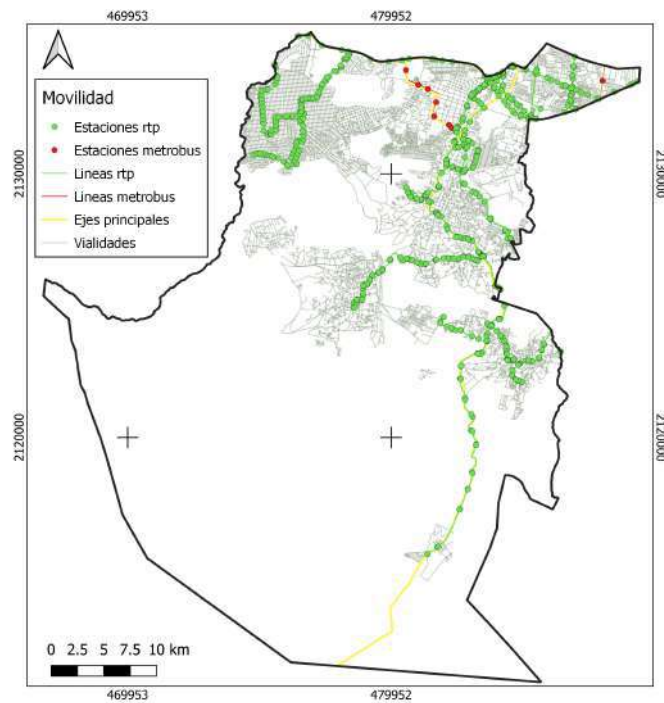


Figura 15: Red de transporte y vialidades.

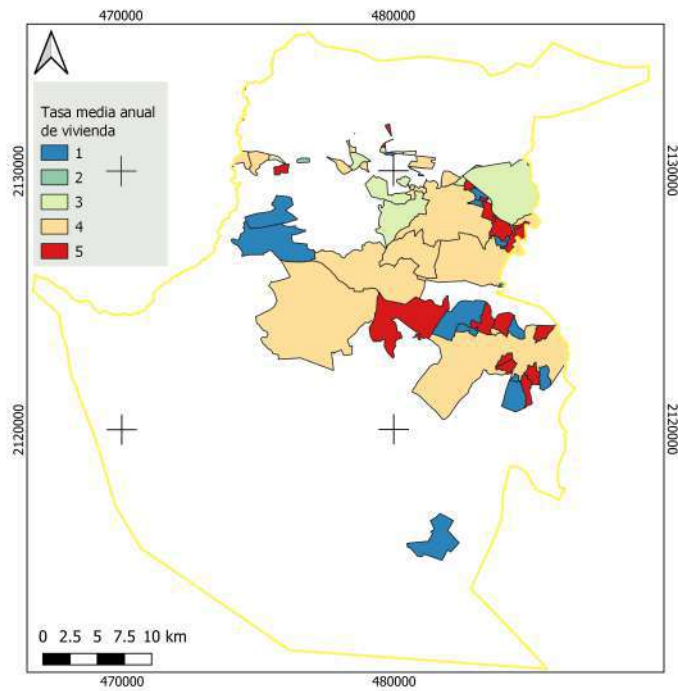


Figura 16: Tasa media anual de vivienda para el período 2000-2010 en colonias dentro del Suelo de Conservación de la Ciudad de México

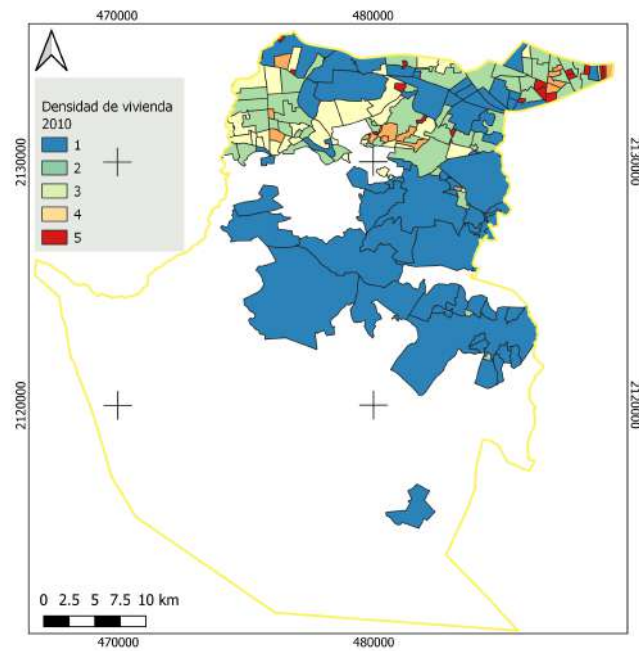


Figura 17: Densidad habitacional por colonia a partir el número de viviendas entre la superficie de la colonia (viv/ha).

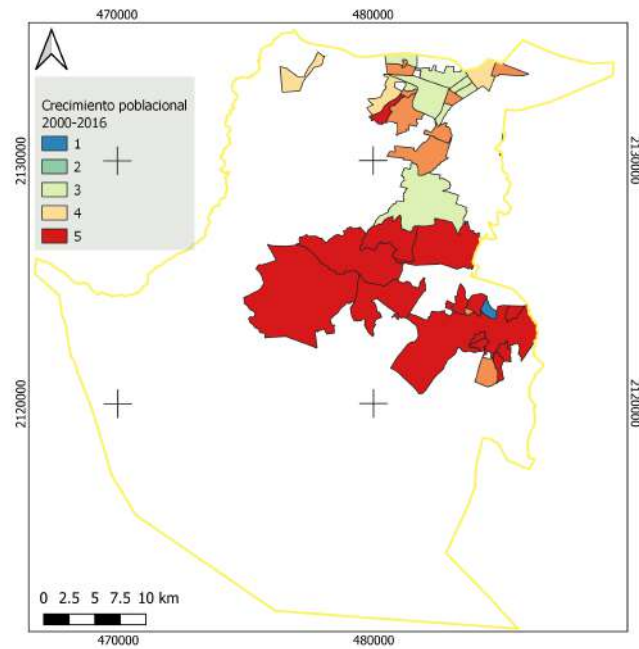
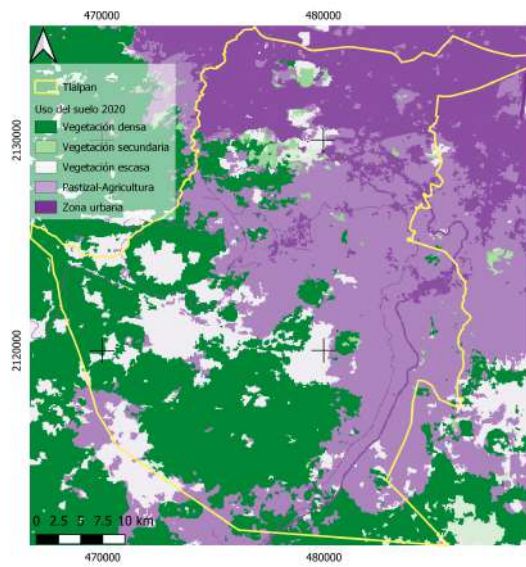
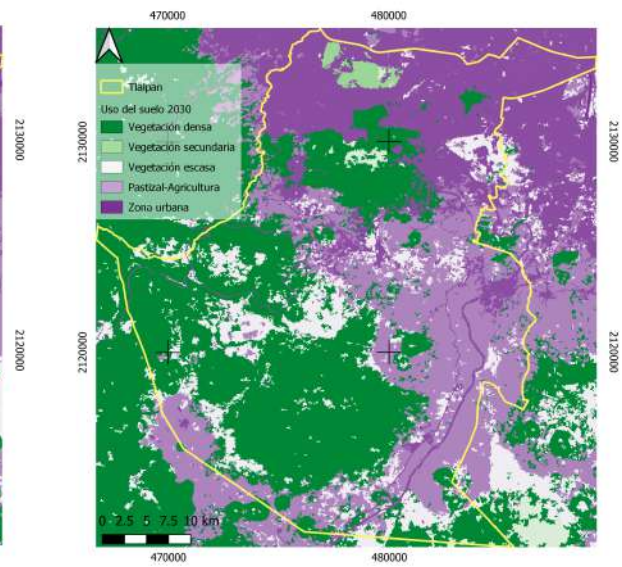


Figura 18: Incremento absoluto de población 2000-2016.



(a) 2020



(b) 2030

Figura 19: Simulación de cambios del uso del suelo

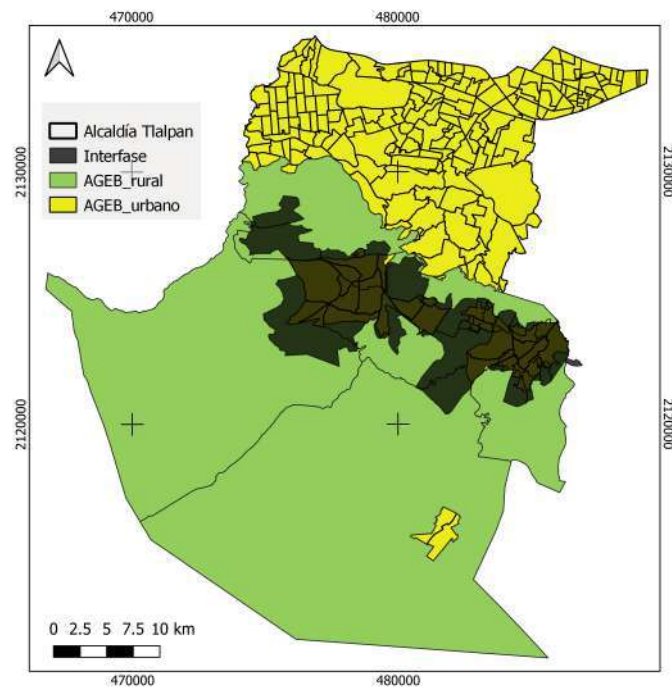


Figura 20: Área de interfase urbano-rural en 2022.

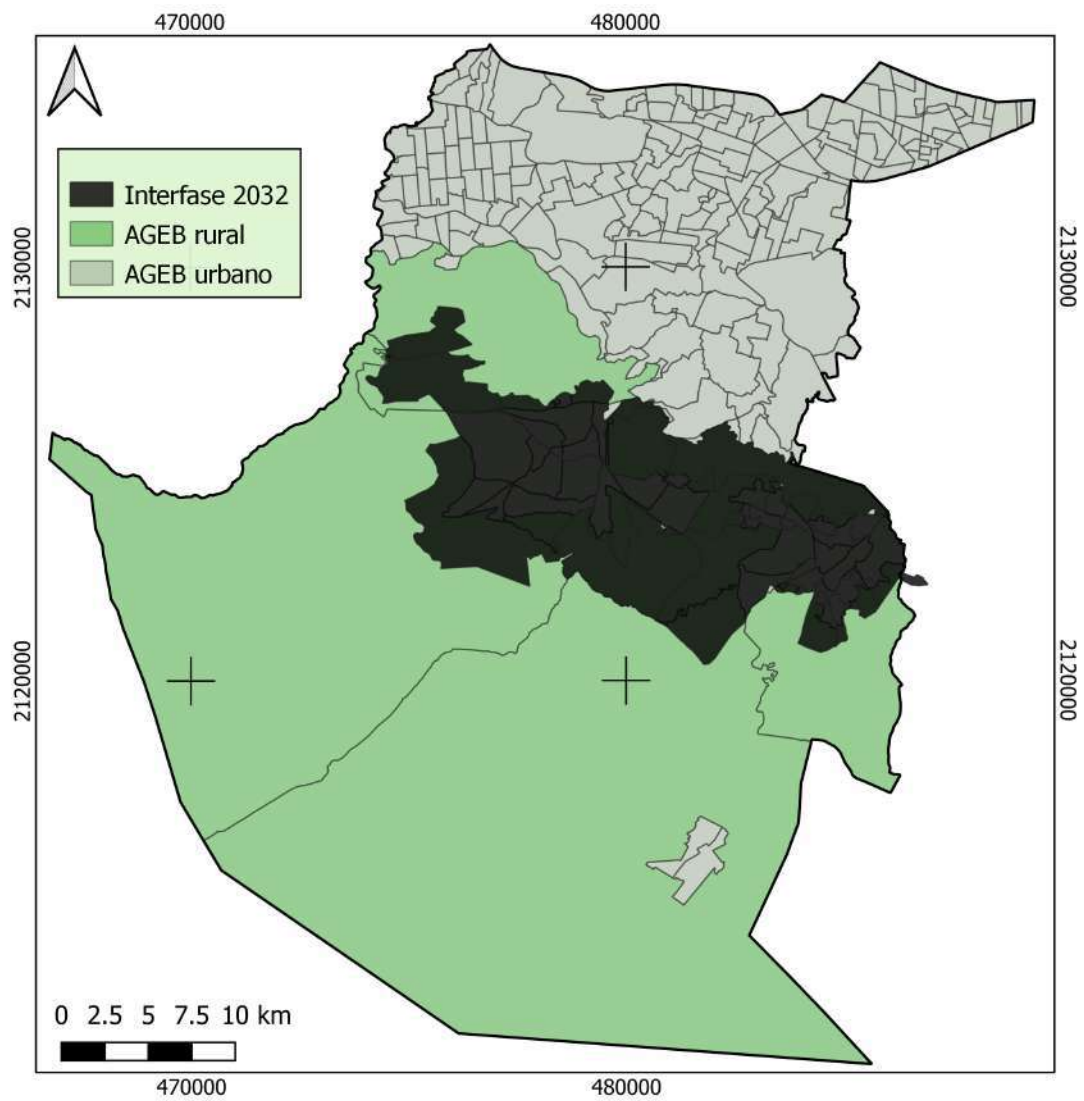


Figura 21: Área de interfase urbano-rural en 2032.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente estudio confirma la hipótesis planteada: el análisis geoespacial multivariable, basado en datos económicos, de movilidad e infraestructura, permite identificar y entender los procesos de transformación en la interfase urbano-rural de la alcaldía Tlalpan durante el periodo 2022–2032. A partir del uso de herramientas como índices espectrales (NDVI y NDBI), análisis de cambio de uso del suelo, datos vectoriales de servicios e infraestructura, y la simulación predictiva con el *plugin* MOLUSCE, se obtuvo un diagnóstico territorial integral que demuestra las dinámicas espaciales complejas que caracterizan a esta zona del sur de la Ciudad de México.

También se obtuvieron resultados coherentes con otras investigaciones de la zona puesto que autores como Corena, (s.f) en su estudio multitemporal entre 1970 y 2007, donde se evaluó las tendencias de uso de suelo en el Suelo de Conservación de la Ciudad de México, se encontró que durante este lapso crecieron las zonas urbanas, además disminuyeron las zonas de vegetación densa haciéndose cada vez más dispersa o cambiando a vegetación secundaria.

Se concluye que las zonas urbanas se expanden al sur de la alcaldía Tlalpan y las áreas destinadas a la agricultura muestran una notable persistencia a lo largo del tiempo. Esta situación refleja un proceso constante de interacción entre lo urbano y lo rural, generando inevitables tensiones y conflictos en torno al uso del suelo.

Uno de los hallazgos más relevantes del estudio es la identificación de colonias con baja densidad habitacional pero con crecimiento poblacional sostenido, que presentan importantes deficiencias en servicios públicos como agua potable, electricidad, salud, educación y comercio. Estas colonias, aunque en proceso de urbanización, no están completamente integradas al sistema urbano, lo que las posiciona como espacios típicos de interfase. Esta condición es reforzada por la incongruencia entre la clasificación oficial (AGEB urbano) y

las condiciones reales observadas mediante el análisis espacial, lo que exhibe la necesidad de revisar y actualizar los criterios administrativos que definen lo urbano y lo rural en el territorio.

Otro hallazgo significativo fue la simulación con MOLUSCE, que proyecta un crecimiento urbano continuo hacia el año 2030, pero también revela un posible proceso de recuperación de vegetación densa en colonias que han reducido su densidad habitacional, esta dinámica dual sugiere que no todo crecimiento es irreversible.

Las colonias Lomas de Tepemecatí, Héroes de 1910, Santo Tomás Ajusco, San Miguel Ajusco, Jardines de San Juan, Ocotla, Ahuacatitla, San Miguel Tehuisco, Los Angeles Ayo-metitla, Tezontitla, San Miguel Toxiac, San Miguel Topilejo, El arenal, La Guadalupana, Los Pastores, Ayocatitla, Xaltipac, Xaxacalco, Piedra Larga y La Libertad-Ixtlahuaca son las que conforman el área interfaz urbano-rural. Estas colonias tienen conexión con el núcleo urbano, sin embargo los tiempos de traslado son elevados y las opciones de transporte público son escasas.

Al identificar las colonias con baja densidad pero crecimiento demográfico, carencia de servicios públicos y ubicación periférica respecto a las áreas urbanas consolidadas, se visibiliza una condición estructural de vulnerabilidad territorial. Estas zonas no solo enfrentan rezagos en infraestructura y equipamiento, sino también procesos de marginación socioespacial que limitan su integración al modelo de ciudad. Así, este trabajo contribuye a fortalecer el análisis de la vulnerabilidad social desde una perspectiva espacial, ofreciendo insumos para el diseño de políticas públicas orientadas a la equidad territorial y la sostenibilidad urbana.

TRABAJO FUTURO

Existen diversas áreas de oportunidad en este trabajo donde se puede profundizar. En primer lugar las variables que utilizan son dinámicas, como el crecimiento poblacional, el aumento de infraestructura y los cambios en el uso del suelo. Se pueden estudiar los patrones de expansión de estas variables y crear modelos predictivos para automatizar la posible evolución de la interfase, para prevenir la invasión de áreas naturales.

También se le podría dar un enfoque sostenible, evaluando como la expansión urbana afecta a los corredores ecológicos, las áreas naturales protegidas y de conservación. Con esta visión se puede crear una propuesta que oriente el desarrollo urbano, con el fin de reducir las afectaciones en el ambiente.

Se pueden utilizar datos con una mejor resolución espacial y temporal, los cuales harán menos difusa la frontera entre áreas urbanas y rurales. También se puede mejorar la metodología colaborativa añadiendo datos cualitativos como encuestas y aplicando el análisis espacial colectivo a través del geoconsenso (Castillo et al., 2017).

REFERENCIAS

- Aguilar, A. G., Flores, M. A., & Lara, L. F. (2022). Peri-urbanization and land use fragmentation in Mexico City: A multi-scalar approach. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4, 790474. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.790474>
- Alcaldía Tlalpan. (s.f.). Historia y naturaleza de Tlalpan. Recuperado de <https://www.tlalpan.gob.mx>
- Allen, A., Dávila, J. D. y Hofmann, P. (2005). Agua y saneamiento en la interfaz periurbana: Un vistazo cinco estudios de caso. *Revista de ingeniería*, (22), 84-93. <https://doi.org/10.16924/revinge.22.10>
- Allen, A. (2003). Environmental planning and management of the peri-urban interface: perspectives on an emerging field. *Environment and Urbanization*, 15(1), 135–147. <https://doi.org/10.1177/095624780301500103>
- Assennato, F., Smiraglia, D., Cavalli, A., Congedo, L., Giuliani, C., Riitano, N., Strollo, A. y Munafò, M. (2022). El impacto de la urbanización en el suelo: Una evaluación biofísica de la pérdida de servicios ecosistémicos con el apoyo de indicadores de teledetección. *Land*, 11 (2), 236. <https://doi.org/10.3390/land11020236>
- Barsky, A. (2005). El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. *Scripta Nova*, 9, <https://cutt.ly/J5optc2>
- Castillo-Rosas, J. D., Diez-Rodríguez, J. J., Jiménez-Vélez, A. F., Núñez-Andrés, M. A., & Monguet-Fierro, J. M. (2017). Collection and integration of local knowledge and experience through a collective spatial analysis. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi6020033>
- Congreso de la Ciudad de México. (2025, abril 9). Desecha Congreso iniciativas de cambio de uso de suelo en Tlalpan e Iztapalapa. <https://www.congresocdmx.gob.mx/>

comsoc-desecha-congreso-iniciativas-cambio-uso-suelo-tlalpan-e-iztapalapa-4650-1.html

Dalla Torre, J., Sales, R., Esteves, M. y Ghilardi, M. (2019). Los territorios de interfase urbano-rural en tierras secas. Reflexiones sobre su tratamiento en las políticas de ordenamiento territorial de Mendoza. *QUID* 16, (11), 137-150. <https://www.redalyc.org/journal/5596/559666676007/559666676007.pdf>

- Corena (s. f.). El Suelo de Conservación del Distrito Federal. Recuperado de: <https://bit.ly/3aPLneO>.
- Douglas, I. (2006). Peri-urban ecosystems and societies: transitional zones and contrasting values. In D. McGregor, D. Simon, & D. Thompson (Eds.), *The Peri-Urban Interface: Approaches to Sustainable Natural and Human Resource Use*. Earthscan.
- Eizaguirre, S. (2001). La interfaz urbano-rural: un espacio de conflicto y cooperación. *Revista de Ciencias Sociales*, (10), 45-56. <https://www.redalyc.org/journal/196/19649429010/html/>
- Gobierno de la Ciudad de México. (2021). Diagnóstico Territorial de la Alcaldía Tlalpan. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Gudiño, M. E. (2018). Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. Interfaz urbano-rural, zona metropolitana de Mendoza, Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 50(2), 155-172. <https://cutt.ly/u5okfUK>
- Heider, K., López, J. M. R., & Scheffran, J. (2018). The potential of volunteered geographic information to investigate peri-urbanization in the conservation zone of Mexico City. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(11), 659. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6597-3>
- Hiernaux, Daniel, & Lindón, Alicia. (2004). La periferia: voz y sentido en los estudios urbanos. *Papeles de población*, 10(42), 101-123. Recuperado en 04 de junio de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-74252004000400005&lng=es&tlng=es.

- Humeres, F. J., & Samaniego, H. (2017). Dissecting the spatial structure of cities from human mobility patterns to define functional urban boundaries. arXiv preprint arXiv:1709.06713. <https://arxiv.org/abs/1709.06713>
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Jefatura de Gobierno de la Ciudad de México. (2023, junio 14). Mensaje de la Jefa de Gobierno, Claudia Sheinbaum Pardo, durante la entrega de constancias de medidas de mitigación y compensación ambiental a 21 asentamientos de Tlalpan. <https://www.jefaturadegobierno.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/mensaje-de-la-jefa-de-gobierno-claudia-sheinbaum-pardo-durante-la-entrega-de-constancias-de-medidas-de-mitigacion-y-compensacion-ambiental-21-asentamientos-de-tlalpan>
- Li, T., Long, H., Liu, Y., & Tu, S. (2015). Multi-scale analysis of rural housing land transition under China's rapid urbanization: The case of Bohai Rim. *Habitat International*, 48, 227-238.
- Lovon-Caso, D. J., y Larota-Sanz, A. de los A. (2020). Nueva centralidad en interfase urbano-rural(I-UR). Caso: sector Umapalca, zona sur de Arequipa Metropolitana. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 22(2), 48-59. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2760>
- Matossian, B. (2014). Proceso de expansión urbana, actores y desigualdades. *Estudios sociales contemporáneos*, (10), 59-68. <https://cutt.ly/r5j0nDY>
- NTCD Noticias. (2014, septiembre 29). Tlalpan inicia primera etapa para regularizar asentamientos humanos. <https://ntcd.mx/nota-delegaciones-tlalpan-inicia-primer-etapa-para-regularizar-asentamientos-humanos-20140929>
- NTCD Noticias. (2016, octubre 2). Primer informe anual de gobierno de Claudia Sheinbaum, Jefa Delegacional en Tlalpan. <https://ntcd.mx/nota-delegaciones->

primer-informe-anual-de-gobierno-de-claudia-sheinbaum-jefa-delegacional-en-tlalpan-20161002

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s.f.). Estadísticas. FAO. <https://www.fao.org/statistics/es>
- Plataforma Digital para el Ordenamiento Territorial. (2020). Clasificación del Suelo en la Ciudad de México. Instituto de Planeación Democrática y Prospectiva.
- Real Academia Española. (2023). Ciudad. En *Diccionario de la lengua española* (23.^a ed.). <https://dle.rae.es/ciudad>
- Ríos-Sánchez, KI, Chamizo-Checa, S., Galindo-Castillo, E., Acevedo-Sandoval, OA, González-Ramírez, CA, Hernández-Flores, M. dl L., & Otazo-Sánchez, EM (2024). La gestión de las aguas subterráneas en la interfaz periurbana de las megaciudades de México. *Sostenibilidad* , 16 (11), 4801. <https://doi.org/10.3390/su16114801>
- Rodríguez López, J. M., Rosso, P., Scheffran, J., & Delgado Ramos, G. C. (2015). Remote sensing of sustainable rural–urban land use in Mexico City. *INTERdisciplina*, 3(7), 47–70. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2015.7.52413>
- Rodriguez Lopez, Miguel & Heider, Katharina & Scheffran, Jürgen. (2017). Human and remote sensing data to investigate the frontiers of urbanization in the south of Mexico City. *Data in Brief*. 11. 10.1016/j.dib.2016.12.049.
- Rodríguez, N. y Ghermandi, L. (2016). Análisis general de la interfase natural-urbana y de la terminología que la describe. *Vivienda y Ciudad*, (3), 67-76. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/ReViyCi/article/view/16269>
- Romano, B., Zullo, F., Fiorini, L., Marucci, A., & Ciabò, S. (2023). Urban-rural interface analysis for biodiversity conservation planning. *Frontiers in Sustainable Cities*, 5, 1535619. <https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1535619>

- Rubio, Cecilia, Sales, Romina, Verdugo, Luis, & Rubio, María Clara. (2023). Socio-environmental Criteria to Address the Urban-rural Border Interface. The Case of the Foothills of the Metropolitan Area of Mendoza, Argentina. *Universum* (Talca), 38(1), 189-213. <https://dx.doi.org/10.4067/s0718-23762023000100189>
- Sandoval, J., Castañón-Puga, M., Gaxiola-Pacheco, C., & Suarez, E. D. (2017). Identifying Clusters of Complex Urban–Rural Issues as Part of Policy Making Process Using a Network Analysis Approach: A Case Study in Bahía de Los Ángeles, Mexico. *Sustainability*, 9(6), 1059. <https://doi.org/10.3390/su9061059>
- Santos, L. y De las Rivas Sanz, J. L. (2008). Ciudades con atributos: conectividad, accesibilidad y movilidad. *Ciudades*, (11), 13-32. <https://doi.org/10.24197/ciudades.11.2008.13-32>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA]. (2024). Reporte anual de pérdida de suelo de conservación en la CDMX. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx>
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México [SEDEMA]. (2025). GobCDMX recupera 68.91 hectáreas de suelo de conservación en Tlalpan. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/gobcdmx-recuperan-70-hectareas-de-suelo-de-conservacion-en-tlalpan>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], & Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2022). Importancia de los suelos de conservación en zonas urbanas. <https://www.gob.mx/semarnat>
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda [SEDUVI]. (2021). Programa General de Ordenamiento Territorial de la Ciudad de México. Gobierno de la Ciudad de México. <https://seduvi.cdmx.gob.mx/>
- Simon, D. (2008). Urban environments: Issues on the peri-urban fringe. *Annual Review of Environment and Resources*, 33(1), 167–185. <https://doi.org/10.1146/annurev.environ.33.021407.093240>

- Thurmann Prudente, L., (2019). Interfase Rural-Urbana: contribuciones para la planificación territorial en Brasil. El caso del Asentamiento Rural Marapicu en la Región Metropolitana de Río de Janeiro . QUID 16. Revista del Área de Estudios Urbanos, (12), 354-358. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=559666850018>

- Ubilla-Bravo, G. F. (2024). A Geospatial Model of Periurbanization—The Case of Three Intermediate-Sized and Subregional Cities in Chile. *Land*, 13(5), 694. <https://doi.org/10.3390/land13050694>

- U.S. Geological Survey. (2023, octubre 17). How do I use a scale factor with Landsat Level-2 science products? U.S. Geological Survey. <https://www.usgs.gov/faqs/how-do-i-use-a-scale-factor-landsat-level-2-science-products>

- Yu, R., Su, X., Cheng, J., Du, W. y Liang, Z. (2023). Evaluación de la resiliencia de los medios de vida de los pequeños productores turísticos en el curso superior del río Yihe, China. *Local Environment* , 28 (11), 1371–1387. <https://doi.org/10.1080/13549839.2023.2249489>

- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 583–594.