



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE PLANEACIÓN URBANA Y REGIONAL

MAESTRÍA EN ESTUDIOS DE LA CIUDAD

**MODELO DE APTITUD TERRITORIAL PARA LA VIVIENDA DE INTERÉS
SOCIAL EN LA ZONA METROPOLITANA DE TOLUCA**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN ESTUDIOS DE LA CIUDAD

PRESENTA

L.G.I. FRIDA IVONNE MARTÍNEZ SÁNCHEZ

COMITÉ DE TUTORES

DIRECTOR: DR. EN C. S. ARTURO VENANCIO FLORES

CODIRECTORA: DRA. EN D. I. BELINA GARCÍA FAJARDO

TUTORA: DRA. EN DIS. SILVIA ANDREA VALDEZ CALVA

TOLUCA, MÉXICO

ABRIL, 2026

Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



La Maestría en Estudios de la Ciudad (MEC), impartida en la Facultad de Planeación Urbana y Regional (FaPUR) de la Universidad Autónoma de México (UAEMéx), forma parte del Sistema Nacional de Posgrados de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Esta investigación se realizó con el apoyo de la beca otorgada por el SECIHTI, que promueve la producción científica de vanguardia y la excelencia en la formación de posgrados en México

CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
<i>Antecedentes</i>	9
<i>Justificación</i>	17
<i>Pregunta de investigación</i>	21
<i>Hipótesis</i>	21
<i>Objetivo general</i>	21
<i>Objetivos específicos</i>	21
<i>Metodología</i>	22

Capítulo I. Marco teórico-conceptual para la definición de la aptitud territorial de la vivienda de interés social.25

1.1. Fundamento teórico para la aptitud territorial de la vivienda de interés social	26
1.1.1. <i>La Nueva Geografía Económica</i>	27
1.1.2. <i>La Nueva Geografía Económica y la localización de la vivienda</i>	31
1.1.3. <i>La Justicia Espacial</i>	34
1.1.4. <i>La justicia espacial y la vivienda</i>	38
1.2. Marco conceptual de la aptitud territorial y la vivienda de interés social	43
1.2.1. <i>Vivienda</i>	43
1.2.2. <i>La vivienda de interés social</i>	46
1.2.3. <i>Aptitud territorial</i>	48
1.2.4. <i>Consolidación urbana</i>	50
1.3. Integración teórico-conceptual.....	52

Capítulo II. Marco de referencia para el análisis de la aptitud territorial para el desarrollo de la vivienda de interés social......54

2.1. Casos de estudio de referencia para el modelo de aptitud territorial.....	55
2.1.1. <i>Evaluación de la aptitud del suelo para la expansión urbana</i>	56
2.1.2. <i>Aptitud territorial para el crecimiento urbano sustentable</i>	57
2.1.3. <i>Determinación de zonas aptas para la expansión urbana</i>	59
2.2. Marco de referencia jurídico para la aptitud territorial.....	62

2.2.1.	Instrumentos normativos a nivel federal	62
2.2.2.	<i>Instrumentos normativos a nivel estatal</i>	67
2.2.3.	<i>Instrumentos normativos a nivel municipal</i>	69

Capítulo III. Método para el análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social.....72

3.1.	Variables y dimensiones	73
3.1.1.	Identificación de dimensiones y variables generales	73
3.1.2.	Selección de variables y dimensiones para el análisis	76
3.1.3.	Definición de Indicadores	77
3.2.	Modelo de factores territoriales.....	80
3.2.1.	Modelos preliminares de ajuste	81
3.2.2.	Modelo de factores territoriales para la vivienda de interés social.....	85
3.2.2.1.	Generación de indicadores de factores	85
3.2.2.2.	Base de datos de factores	93
3.2.2.3.	Análisis de Componentes Principales de factores	94
3.2.2.4.	Índice de factores territoriales para la vivienda de interés social	95
3.2.3.	Modelo de restricciones territoriales para la vivienda de interés social	96
3.2.3.1.	Generación de indicadores de restricciones	96
3.2.3.3.	Análisis de componentes principales para indicadores de restricciones	99
3.1.1.1.	Índice de restricción territorial para la vivienda de interés social	100

Capítulo IV. Resultados de la aptitud territorial para la vivienda de interés social ..101

4.1.	Modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social	102
4.2.1.	Caracterización de la zona de estudio	110
4.2.1.1.	Zona Metropolitana de Toluca	111
4.2.1.2.	Uso de suelo y Áreas Naturales Protegidas	112
4.2.1.3.	Peligro por inundación	114
4.2.1.4.	Concentración de Unidades Económicas y empleos	116
4.2.1.5.	Marginación y rezago social.....	117
4.2.2.	Aptitud territorial para la vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca	119
4.2.3.	Índice de aptitud territorial en conjuntos urbanos de vivienda de interés social.....	124

CONCLUSIONES	131
REFERENCIAS	141
ANEXOS.....	149
Anexo 1. Fuentes de información para los indicadores del modelo de aptitud territorial	149
Anexo 2. Primer modelo preliminar de ajuste	151
Anexo 3. Segundo modelo preliminar de ajuste	158
Anexo 4. Indicadores ponderados del modelo de factores territoriales	166
Anexo 5. Indicadores ponderados del modelo de restricciones territoriales	171
PRODUCCIÓN ACADÉMICA.....	173

RESUMEN

La aptitud territorial es un tipo de análisis que se incluye en los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, se enfoca principalmente en la definición de zonas de crecimiento o expansión urbana, sin embargo, en la normativa asociada a estos instrumentos no se define un método específico de análisis ni las posibilidades de implementación en otras temáticas.

Es por ello que en esta investigación se retoma el análisis de aptitud territorial y se aplica a la vivienda de interés social, considerando, además, que este tipo de vivienda presenta una amplia normativa para su desarrollo y aprobación, así como instrumentos geotecnológicos de referencia, tales como los Perímetros de Contención Urbana y las Zonas de Consolidación Urbana, que brindan un antecedente para el modelo realizado.

En la presente investigación se desarrolla una propuesta metodológica para el análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social, aplicado al caso de estudio de los conjuntos urbanos de vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca. El modelo está definido a partir de variables provenientes de la teoría de la Nueva Geografía Económica y la teoría de la Justicia Espacial, apoyándose de tres casos de estudio y un fundamento normativo.

El modelo está desarrollado a partir de indicadores en formato geográfico, metodología de evaluación multicriterio aplicada con análisis de componentes principales, cálculo de los índices a partir de los indicadores estandarizados y pesos ponderados definidos por data driving y el mapeo y representación cartográfica de los índices resultantes.

El resultado es un mapa coroplético bivariado que muestra la relación entre el índice de factores y el índice de restricciones territoriales expresados como el modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social. Se incluye además un análisis del modelo final para cada uno de los conjuntos urbanos de vivienda de interés social de la zona de estudio.

ABSTRACT

Territorial suitability is a type of analysis commonly included in territorial planning and urban development plans, primarily focused on defining areas for urban growth or expansion. However, the regulations associated with these instruments do not specify a particular analytical method, nor do they define the possibilities for its application to other thematic areas.

For this reason, this research revisits territorial suitability analysis and applies it to a specific land use, namely social interest housing. This approach also considers that this type of housing is governed by extensive regulations for its development and approval, as well as by reference geotechnical instruments such as Urban Containment Perimeters and Urban Consolidation Zones which provide a precedent for the proposed model.

This research develops a methodological proposal for territorial suitability analysis applied to social interest housing, using as a case study the social interest housing developments located in the Toluca Metropolitan Area. The model is defined based on variables derived from the theory of New Economic Geography and the theory of Spatial Justice, supported by three case studies and a normative framework.

The model is developed using geographically referenced indicators, a multicriteria evaluation methodology supported by principal component analysis, the calculation of indices based on standardized indicators and weighted coefficients defined through a data-driven approach, and the mapping and cartographic representation of the resulting indices.

The outcome is a bivariate choropleth map that illustrates the relationship between the factors index and the territorial constraints index, expressed as a territorial suitability model for social interest housing. Additionally, an analysis of the final model is conducted for each social interest housing development within the study area.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La vivienda digna comenzó a reconocerse como un derecho en 1948, con la Declaratoria Universal de Derechos Humanos, en el artículo 25, que establece que “toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios” (ONU HABITAT, 2010).

La vivienda digna se reconoció en México en el año de 1983, con la adición del párrafo cuarto al artículo cuarto de la Constitución, en donde se establecía que “Toda familia tiene derecho a disfrutar de una vivienda digna y decorosa”. (Martínez, 1991). De acuerdo con Delgado y Bernal (2016) el derecho a la vivienda digna “garantiza a todo ser humano un espacio destinado a servir de morada, que cuente con los servicios mínimos para mantener y fomentar salud física y mental, el desarrollo, la privacidad e intimidad de su persona y la de su familia” (p.274).

Para Aguilar (s.f) el derecho humano a la vivienda digna es el derecho que tiene

Todo hombre, mujer, joven y niño a tener un hogar seguro en el que puedan vivir en paz y dignidad, gozando de un espacio, seguridad, iluminación y ventilación, una infraestructura básica y una situación adecuada en relación con el trabajo y los servicios mínimos, todo ello a un costo razonable. (p.1)

La planificación adecuada del territorio puede asegurar la preservación de recursos, minimizar riesgos ambientales, optimizar el uso del suelo como materia prima de las actividades antropogénicas, reducir costos de transporte en tiempo y dinero, así como garantizar que las viviendas cuenten con servicios y equipamientos básicos, propiciando entornos adecuados que brinden condiciones de vivienda digna a la población urbana.

La planificación de los espacios urbanos está acompañada de una serie de métodos y técnicas para la evaluación del territorio, como la aptitud territorial, que nos permiten identificar aquellos espacios que tienen la capacidad de brindar condiciones para usos de suelo y desarrollo de actividades específicas. Para la SEDATU (2022, p.132), esta capacidad del territorio “es determinada por el análisis de aptitud el cual consiste en la selección de alternativas de uso del territorio, a partir de los atributos geográficos (ambientales y sociales) presentes en el área de estudio”.

Los elementos o variables consideradas en el estudio de la aptitud territorial dependen de las características del propio estudio y del objetivo del modelo. Para Hofstee y Brussel (1999) en los estudios de aptitud territorial para la expansión urbana se definen características sobre peligros y riesgos. Algunas de las variables que consideran son: peligro de inundación, peligro de deslizamiento, peligro de subsidencia y cuerpos de agua.

Por su parte en el trabajo de López et. al. (2022) se utilizan variables de factor y restricción para el análisis de aptitud. Como restricciones considera las áreas de valor ecológico y ambiental, zonas de valor histórico y cultural, zonas de riesgo por inundación e inestabilidad, equipamientos incompatibles, zonas destinadas a la industrial, pendientes y uso de suelo actual. Como factores considera son las áreas de valor productivo, accesibilidad de vías de transporte, proximidad a centros urbanos, instalaciones, equipamientos y dotación de servicios básicos.

Para Guerrero et al. (2021) en la definición de zonas aptas para el desarrollo urbano se deben considerar restricciones como zonas urbanas y cuerpos de agua. Para los factores determinados son: índice de vegetación, potencial de recarga de agua subterránea, tenencia, pendientes y zonas potenciales de inundación.

La aptitud territorial es un elemento primordial para la generación de planes de desarrollo urbano, ordenación del territorio, mejoramiento de zonas urbanas, y de manera general, en todas aquellas intervenciones del territorio asociadas al uso de suelo y el desarrollo de actividades antropogénicas. Los estudios en que se evalúa la aptitud territorial se enfocan principalmente en el desarrollo urbano como un concepto general. Las variables que se consideran principalmente son aquellas sobre servicios, equipamientos, riesgos, cuerpos de agua y uso de suelo existente.

Como parte de la innovación tecnológica entorno a la planificación de espacios urbanos y evaluación de aptitud territorial, han surgido una serie de instrumentos que buscan la optimización del uso del territorio para actividades específicas como el desarrollo de vivienda de interés social. A nivel federal se han desarrollado en los últimos 15 años una serie de instrumentos basados en información geográfica, que actúan como complementos tecnológicos en la aplicación de diversas políticas y programas entorno a la vivienda de interés social y la administración territorial asociada a la vivienda.

La Secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) ha sido el órgano encargado a nivel nacional de diseñar, implementar y regular estos instrumentos en los

diversos niveles de gobierno en que son aplicables, así como brindar apoyo en a los organismos nacionales de vivienda para la integración de estos recursos tecnológicos a sus políticas y actividades.

Uno de los primeros instrumentos aplicados fueron los Perímetros de Contención Urbana (PCU) desarrollados a partir del 2011 por la SEDATU, entraron en vigor en el año 2014 acompañando a la publicación de las Reglas de Operación del Programa de Esquema de Financiamiento y Subsidio Federal para la Vivienda del ejercicio fiscal 2015 y subsecuente, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 2014.

Estas Reglas de Operación compartían propósitos relativos a la política de vivienda con el Programa Sectorial de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) 2013-2018; estos eran:

1. “Consolidar ciudades compactas, productivas, competitivas, incluyentes y sustentables, que faciliten la movilidad y eleven la calidad de vida de sus habitantes”. (SEGOB, 2014, p.1)
2. “Fomentar el acceso a la vivienda mediante soluciones habitacionales bien ubicadas, dignas y de acuerdo a estándares de calidad internacional”, (SEGOB, 2014, p1)

De acuerdo con la SEGOB (2014) los Perímetros de Contención Urbana “son el resultado de la aplicación de metodologías geoespaciales a partir de fuentes oficiales como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la Secretaría de Desarrollo Social y el Consejo Nacional de Población”. Se conforman de tres contornos:

Intraurbanos U1: Son zonas urbanas consolidadas con acceso a empleo, equipamiento y servicios urbanos. Resultan de la variable de potencial de empleo, definida como medida de accesibilidad física a los puestos de trabajo para cada localización (unidad geográfica) al interior del área urbana,

Primer contorno U2: zonas en proceso de consolidación con infraestructura y servicios urbanos de agua y drenaje mayor al 75%)

Segundo contorno U3: zonas contiguas al área urbana, en un buffer (cinturón periférico al área urbana) definido de acuerdo al tamaño de la ciudad (SEGOB, 2014, p4).

La actualización metodológica de los Perímetros de Contención Urbana se realizó en el año 2017 con la transición a un modelo geoestadístico, posteriormente, en el año 2018 se generó una actualización que se mantendría vigente hasta el año 2021. Con la publicación de las Reglas para el otorgamiento de créditos a los trabajadores derechohabientes del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) en el año 2021, en las que se dio a conocer el instrumento de información geoespacial de *Zonas de Consolidación Urbana (ZCU)*, que actualmente es operativo para la determinación de viviendas susceptibles a financiamiento de INFONAVIT. Las ZCU se definen como:

La superficie de terreno contenida dentro de cada una de las AGEB que se sitúan a su vez dentro del Sistema Urbano Nacional, así como aquellas localidades con población igual o mayor a 2500 habitantes, cuyo grado de consolidación urbana se define a partir de criterios e indicadores socioeconómicos y satisfactores urbanos, que dan lugar a su vez a la definición de ámbitos urbanos para la recepción de vivienda con condiciones adecuadas en su entorno. (INFONAVIT, 2021, p. 5)

Las ZCU se definen por criterios de densidad de empleo, densidad de vivienda, cercanía a centros de educación primaria y secundaria, establecimientos de salud, centros de abasto y espacios recreativos. La clasificación de los niveles de consolidación se divide en siete niveles, que son “Zona consolidada, zona semiconsolidada, zona en proceso de consolidación urbana, zona de evaluación de empleo, zona de evaluación con vivienda, zona con potencial económico y zona sin clasificar” (INFONAVIT, 2021, p. 5).

Dentro de los instrumentos desarrollados para la gestión del territorio asociado a la vivienda y la propiedad inmobiliaria se encuentra la Plataforma Nacional de Información Registral y Catastral, que es un instrumento tecnológico que tiene como objetivo el acceso e intercambio de información inmobiliaria de la propiedad pública, privada y social de los tres órdenes de gobierno.

Esta plataforma conforma un instrumento estratégico que alberga elementos jurídicos, operativos y tecnológicos para el intercambio de información registral y catastral por medio de una Infraestructura de Datos Espaciales. (SEDATU, 2017a), que está integrada por la siguiente información:

Datos geoespaciales derivados de las actividades relacionadas con las funciones registrales y catastrales de las entidades federativas y los municipios, respectivamente, realicen y que convengan proporcionar a la SEDATU para su

aprovechamiento, bajo los principios de confidencialidad de aquellos datos que estén protegidos por las instancias correspondientes. (SEDATU, 2017a)

A pesar de los esfuerzos a nivel federal para brindar instrumentos que permiten el estudio de los espacios urbanos entorno a usos específicos como la vivienda de interés social, estas políticas e instrumentos no han tenido un impacto significativo, al tratarse de estrategias que no se encuentran vinculadas a políticas públicas a nivel estatal, metropolitano o federal. Tal es el caso del crecimiento urbano acelerado de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, que se ha caracterizado por la expansión urbana a través de uso de suelo industrial y habitacional.

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) se consolidó con el Decreto número 159 de la H. "LIX" Legislatura del Estado de México, publicado en el Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno" del 25 de noviembre del 2016, donde se aprobó la declaratoria de Zona Metropolitana del Valle de Toluca, integrada por los municipios de *Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, San Antonio La Isla, San Mateo Atenco, Rayón, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec*, para la coordinación de los planes, programas y acciones, de éstos entre sí o del Estado y sus municipios, con planes federales o de entidades federativas colindantes.

De acuerdo con el Sistema Estatal de Información Urbana, Metropolitana y Vivienda (2024) la ZMVT cuenta con una superficie territorial de 2,410.5 km², es considerada la quinta metrópoli más poblada de México, su definición se dio a partir del criterio de conurbación física (1a) integrada por nueve municipios centrales, seis municipios exteriores por integración funcional y un municipio exterior por política urbana. Su proceso de metropolización comenzó en los años 60's como resultado del corredor industrial Toluca – Lerma., en los años 80's se convirtió en una metrópoli semidiversificada y en los años 90's se consolidó en el sector terciario.

Venancio (2016) establece que el crecimiento de la ZMVT se caracteriza por cuatro procesos:

- 1) la ocupación con usos urbanos a lo largo de las vialidades e infraestructuras importantes
- 2) el crecimiento de los asentamientos humanos, particularmente en las cabeceras municipales con bajas densidades de población

3) la construcción de conjuntos urbanos de vivienda y asentamientos irregulares y

4) por la construcción hormiga de todo tipo de edificaciones e instalaciones en todo el entorno de la zona metropolitana (p. 116).

Actualmente cuenta con una población de 2, 202, 886 habitantes (13.1% de la población total del Estado de México), presenta una tasa de crecimiento anual del 1.9% y una densidad media urbana de 64.4 habitantes por hectárea. El 61% de la población total se concentra en los municipios de Toluca, Metepec y Zinacantepec. (SEIM, 2024)

Las características actuales del espacio urbano de la zona de estudio, aunadas al crecimiento metropolitano acelerado y desordenado, propician la generación de espacios con condiciones inadecuadas para el desarrollo de una vida adecuada en la ubicación y el entorno de la vivienda, dificultando así el acceso de los ciudadanos al ejercicio del derecho a una vivienda digna.

La búsqueda de estrategias para promover el crecimiento de los espacios urbanos a nivel estatal, ha favorecido principalmente el desarrollo de zonas industriales y la construcción de proyectos inmobiliarios de gran superficie. Una de las intervenciones del territorio más usual es la habitacional o de vivienda, prueba de ello es la promoción de programas que incentivan su desarrollo, como el programa Ciudades Bicentenario, que se implementó en el Estado de México como una estrategia de impulso al desarrollo económico a partir de la construcción de zonas habitacionales (principalmente de interés social).

Este programa surgió en el año 2008 como resultado del proceso de urbanización, cuya finalidad era impulsar el desarrollo equitativo, incluyente y sustentable buscando mejorar la calidad de vida de las personas que habitan la entidad, con una estrategia que buscaba sacar provecho de las fortalezas del territorio, la economía, infraestructura y mano de obra.

De acuerdo con la Secretaria de Desarrollo Urbano (2008) el programa *Ciudades del Bicentenario* es “una estrategia de ordenamiento territorial para orientar y redistribuir el crecimiento urbano de la entidad hacia municipios que presentan condiciones apropiadas para recibir impulso con una visión de futuro a largo plazo, incluyente, consensuada y socialmente participativa” (p.5).

Los municipios de Almoloya de Juárez, Atlacomulco, Jilotepec, Huehuetoca, Zumpango y Tecámac fueron seleccionados para el desarrollo del programa de *Ciudades del*

Bicentenario ya que contaban con características de ubicación, capacidad para recibir incrementos poblacionales, potencial de alojamiento de infraestructura y equipamiento estratégico.

Si bien, este modelo de ciudades fue planteado en sus inicios como un ejemplo del desarrollo y planificación de asentamientos novedoso que buscaba el desarrollo de ciudades sustentables, autosuficientes y competitivas, al paso de los años comenzaron a observarse las deficiencias en su implementación y seguimiento.

El programa de *Ciudades del Bicentenario* resultó en un detonante del desarrollo de vivienda de interés social a nivel estatal, bajo la premisa de generación de conjuntos urbanos que atenderían la problemática de vivienda, a pesar de esto, debido a la falta de información y desarrollo de políticas que garantizaran la calidad de vida de las personas que llegaron a habitar esos espacios, comenzaron a surgir problemáticas urbanas, asociadas a la ubicación en la que fueron construidos estos proyectos.

Planteamiento del problema

De acuerdo con el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2010) el derecho a la vivienda digna implica que todas las personas, independientemente de su situación económica o cultural, puedan tener acceso a una vivienda de buena calidad, bien situada, que cuente con servicios básicos y garantice la seguridad en su tenencia. Además, esta vivienda debe cumplir con estándares éticos de calidad como asentamiento humano.

En el Estado de México un alto porcentaje de las viviendas no cuentan con las condiciones adecuadas para garantizar una calidad de vida adecuada para los pobladores. Según lo mencionado por el presidente de la Comisión de Vivienda de la Confederación Patronal de la entidad (Coparmex), Mario Cruz “a nivel estatal existen 2.6 millones de viviendas sin las condiciones necesarias para ser habitables” (El sol de Toluca, 2024). Se menciona además que muchos de los espacios donde se construyó vivienda para los trabajadores no cuentan con cobertura de servicios básicos, acceso a educación y empleo, y se encuentran en zonas inseguras, lo que ha promovido el abandono de las viviendas.

En términos regionales la Zona Metropolitana del Valle de Toluca “Se caracteriza por un centro urbano que se expande y conurba con otros de menor tamaño, ocupando diversas jurisdicciones político-administrativas; el proceso no se detiene y ha entrado en una

expansión regional como tránsito hacia regiones metropolitanas” (Iracheta, 2008, como se citó en Venancio, 2016). De acuerdo con Venancio “La zona metropolitana presenta problemas de seguridad, equipamiento regional e infraestructura” (2016, p.109).

La problemática actual de crecimiento urbano disperso en la ZMT ha propiciado la construcción de viviendas en zonas periféricas bajo esquemas no planificados o en territorios cuyas condiciones de aptitud no son las idóneas para el uso de suelo habitacional, limitando el acceso a infraestructura adecuada, servicios básicos, fuentes de empleo e incrementando la exposición al riesgo. Estas condiciones tienden a generar entornos residenciales con déficits estructurales, que su vez pueden propiciar bajos niveles de habitabilidad.

En un estudio realizado por Ávila (2010) se evaluaron las condiciones de habitabilidad de la vivienda en la ZMT, en este se consideraron 548 localidades, de las cuales 9.85% cuentan con un nivel de habitabilidad alta, 29.92% con un nivel de habitabilidad buena, 32.11% con un nivel de habitabilidad medio y 27.91% con un valor de habitabilidad bajo o muy bajo. Estos resultados constituyen un indicio de las limitaciones territoriales de carácter estructural en la zona estudio, las cuales pueden ser identificadas a través de la aptitud territorial para la vivienda.

A pesar de que en la última década se han impulsado el uso de instrumentos geotecnológicos para la caracterización del entorno urbano, como los Perímetros de Contención Urbana (vigentes del 2011 al 2021) y las Zonas de Consolidación Urbana (vigentes del 2021 a la fecha), estas son apenas un elemento básico de la cadena del desarrollo de vivienda urbana a nivel nacional, ya que no son herramientas de carácter normativo en el ámbito municipal, sino que se utilizan como marco de referencia en términos de financiamiento de vivienda a nivel nacional.

Estos instrumentos han permitido la integración de estrategias tecnológicas que acompañen la política de vivienda a nivel nacional, sin embargo, su enfoque se dirige hacia la identificación de suelo disponible para desarrollo de vivienda y no a la evaluación de la capacidad del territorio para el uso de suelo habitacional de vivienda de interés social. Además, su aplicación práctica está acompañada de instrumentos normativos que plantean criterios y estrategias, a partir de los cuales un espacio con condiciones no óptimas puede ser considerado como adecuado para la construcción de viviendas.

Es importante señalar que gran parte de los municipios del país no cuentan con un plan de desarrollo urbano o cartografía de zonificación actualizada, lo cual expone la relevancia de la producción de análisis de aptitud territorial especializada (que para el caso de esta investigación es la aptitud territorial para la vivienda de interés social) a fin de brindar instrumentos que sirvan para la toma de decisiones informada y que apoyen en la determinación de políticas públicas y acciones sobre el territorio.

Cuando la vivienda se construye en ubicaciones que presentan condiciones estructurales asociadas a la aptitud territorial inadecuada, se generan problemas como inseguridad, falta de acceso a servicios básicos, tiempos y costos de traslado elevados, vulnerabilidad ante desastres naturales, hacinamiento, accesibilidad, desempleo, abandono de vivienda, entre otros. En este contexto, la evaluación de la aptitud territorial se plantea como un instrumento que permite orientar la toma de decisiones y la formulación de estrategias asociadas a la localización de la vivienda de interés social.

Justificación

De acuerdo con la ONU HABITAT (2010) “Los derechos humanos reconocen el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado, incluida una vivienda adecuada. El derecho a la vivienda adecuada debe considerarse desde el desarrollo de la vida con seguridad, paz y dignidad”. Desde la premisa de que la vivienda debe proporcionar a las personas más que cuatro paredes y un techo, la ONU HABITAT (2010) en el folleto informativo número 21 sobre el derecho de la vivienda adecuada, establece los siguientes elementos que la caracterizan:

- La seguridad de la tenencia: la vivienda no es adecuada si sus ocupantes no cuentan con cierta medida de seguridad de la tenencia que les garantice protección jurídica contra el desalojo forzoso, el hostigamiento y otras amenazas.

- Disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura: la vivienda no es adecuada si sus ocupantes no tienen agua potable, instalaciones sanitarias adecuadas, energía para la cocción, la calefacción y el alumbrado, y conservación de alimentos o eliminación de residuos.

- Asequibilidad: la vivienda no es adecuada si su costo pone en peligro o dificulta el disfrute de otros derechos humanos por sus ocupantes.

- Habitabilidad: la vivienda no es adecuada si no garantiza seguridad física o no proporciona espacio suficiente, así como protección contra el frío, la humedad, el calor, la lluvia, el viento u otros riesgos para la salud y peligros estructurales.

- Accesibilidad: la vivienda no es adecuada si no se toman en consideración las necesidades específicas de los grupos desfavorecidos y marginados.

- Ubicación: la vivienda no es adecuada si no ofrece acceso a oportunidades de empleo, servicios de salud, escuelas, guarderías y otros servicios e instalaciones sociales, o si está ubicada en zonas contaminadas o peligrosas.

- Adecuación cultural: la vivienda no es adecuada si no toma en cuenta y respeta la expresión de la identidad cultural.

(ONU HABITAT, 2010, p.4)

Ávila (2016) considera relevantes los aspectos relacionados con el entorno y localización de la vivienda, así como el hecho de que las personas sean conscientes de que la vivienda ubicada en las periferias de la ciudad propicia costos y tiempos de transporte mayores. Sin embargo, el costo elevado del suelo ubicado en las zonas centrales propicia un crecimiento urbano disperso hacia la periferia en donde el suelo tiende a tener un valor más bajo, sacrificando las condiciones del entorno y los costos de vida en general.

Esta tendencia de crecimiento periférico se puede observar en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con la construcción de espacios urbanos heterogéneos con un crecimiento disperso en las periferias del núcleo urbano, que afecta el desarrollo de la vida de sus pobladores a partir de diversos factores relacionados con la localización de las viviendas con mayor asequibilidad como el acceso a servicios, acceso a equipamientos básicos y la vulnerabilidad frente a riesgos naturales.

Debido a que la legislación mexicana faculta a los municipios para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano, además de brindar autorizaciones para la utilización del suelo que les compete (Anglés, Rovalo y Tejado, 2021), el abordaje de las problemáticas de vivienda de la ZMT debe considerar una orientación hacia la política municipal y el fortalecimiento de los procesos e instrumentos de planeación territorial. En términos legislativos de acuerdo con la sección V del artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se establece lo siguiente:

Los Municipios, en los términos de las leyes federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal, así como los planes en materia de movilidad y seguridad vial; b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales; c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberán asegurar la participación de los municipios; d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales; e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana; f) Otorgar licencias y permisos para construcciones; g) Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia; h) Intervenir en la formulación y aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial; e i) Celebrar convenios para la administración y custodia de las zonas federales. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 1917, Artículo 115)

El contenido de este artículo permite dimensionar las facultades inherentes a las administraciones municipales, que dan pie al planteamiento de que incluso las problemáticas metropolitanas tienen parte de su origen en los territorios municipales y por lo tanto también pueden encontrar su solución dentro de las políticas públicas de vivienda y utilización del territorio de estas entidades administrativas.

Es por ello que el desarrollo del análisis de aptitud territorial con un nivel de desagregación detallado permitiría a las administraciones municipales contar con acceso a información geoespacial especializada que sirva como punto de partida en el desarrollo de los Programas Municipales de Ordenamiento Territorial o como una fuente alterna para apoyar la toma de decisiones sobre el territorio. En este sentido es importante destacar que, de acuerdo con la Guía Metodológica para la Elaboración de Programas de Ordenamiento Territorial (SEDATU, 2010), el análisis de aptitud territorial para los diversos sectores que desarrollan actividades suelo mexicano es un requerimiento en la construcción de este tipo de programas tanto municipales como estatales.

En suma, considerando las facultades legislativas de las administraciones municipales, las dinámicas de crecimiento urbano de la ZMT y la evaluación desarrollada por Ávila (2019) en donde se presenta un porcentaje significativo de localidades de la metrópoli con baja habitabilidad, se manifiesta la oportunidad del desarrollo de análisis integrales que propicien la definición de la aptitud territorial para la vivienda (en el caso de este estudio, la vivienda de interés social) que complementados con estrategias geotecnológicas, brinden a los gobiernos municipales información precisa y teóricamente fundamentada sobre las características del territorio que administran, fomentando la identificación de zonas de atención prioritaria y la focalización de las estrategias sobre elementos precisos para la atención de las problemáticas asociadas a la ubicación de las viviendas.

La presente investigación plantea el desarrollo de un análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca, cuya metodología pueda ser replicada en otras zonas. El análisis será presentado a partir de un mapa que albergue los valores de los índices generados para el modelo de aptitud y la clasificación se zonas en función de la interacción de estos índices.

La relevancia de este trabajo de investigación radica en la importancia que ha tomado en los últimos años la problemática de vivienda en México y en el mundo, motivando a la búsqueda de alternativas que aporten soluciones integrales, especialmente de aquellas que involucran el uso de tecnologías como los Sistemas de Información Geográfica.

Por otra parte, este trabajo se desarrollará en apego a Programa Nacional Estratégico de Vivienda del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, así como atendiendo a la meta 1. “De aquí a 2030, asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales” (Naciones Unidas, 2018, p.51) y la meta 3. “De aquí a 2030, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países” (Naciones Unidas, 2018, p.52) del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 11 de las Naciones Unidas (United Nations).

Con esta investigación se pretende generar información para brindar al personal involucrado en la implementación de políticas municipales un instrumento geográfico especializado en la vivienda social que exprese la aptitud del territorio de la Zona

Metropolitana de Toluca, permitiendo la identificación de elementos específicos que aporten al mejoramiento del entorno de la vivienda.

Pregunta de investigación

¿Cómo a través de un modelo de análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca se determinan las condiciones territoriales de la vivienda?

Hipótesis

El patrón de ubicación de la vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca se encuentra asociado con el nivel de aptitud territorial, de modo que las áreas con menores niveles de aptitud presentan una mayor concentración de este tipo de vivienda.

Objetivo general

Desarrollar un modelo de análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca mediante la aplicación de técnicas geoestadísticas, con el propósito de generar información territorial que apoye la planeación y la toma de decisiones en materia de vivienda.

Objetivos específicos

- I. Identificar los fundamentos teóricos y conceptuales que sustenten la selección y definición de las variables del modelo de análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social.
- II. Identificar la normatividad aplicable y los estudios previos que sustenten la selección de variables de referencia para el análisis de aptitud territorial de la vivienda de interés social.
- III. Ejecutar el método de análisis de la aptitud territorial para la vivienda de interés social, a partir de las variables teóricas y de referencia previamente identificadas.
- IV. Evaluar los resultados de la aplicación del método de análisis de aptitud territorial y analizar las condiciones de aptitud en los conjuntos urbanos de vivienda de interés social de la zona de estudio.

Metodología

El trabajo se desarrollará bajo un enfoque de investigación cuantitativo, con un alcance descriptivo-analítico, un diseño no experimental y una selección de la muestra no probabilística. La estructura general de la metodología se basa en lo descrito por Sampieri, Fernández y Baptista (2018), con adecuaciones para la integración de un marco de referencia que incluya normativa y casos de estudio, como parte de la definición del modelo de análisis.

El método de investigación del caso de estudio parte de la delimitación de los alcances de investigación a través del protocolo, seguido de la construcción del sustento teórico y el marco de referencia, con la finalidad de generar fundamento para la definición de variables, dimensiones e indicadores que serán integrados en el análisis bajo una tipología de factores (indicadores que aportan de forma positiva al valor de idoneidad del territorio) y restricciones (indicadores que señalan espacios donde no debería desarrollarse una actividad debido a la compatibilidad con el uso de suelo objetivo).

El modelo de aptitud territorial será producido a partir de técnicas de análisis geoestadístico, específicamente, con análisis de componentes principales para la ponderación de indicadores, así como la construcción del índice de factores territoriales y el índice de restricciones, posteriormente, los índices serán mapeados para evaluar el valor de la aptitud territorial a través de clasificación cruzada de datos.

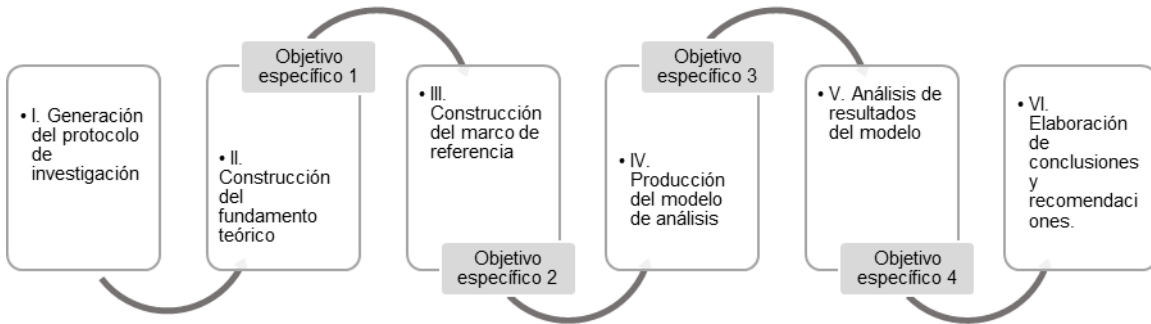
Los materiales para la producción del modelo estarán comprendidos por información geográfica y estadística de fuentes oficiales para el cálculo de los indicadores, como el Marco Geoestadístico Nacional, el Censo de Población y Vivienda, el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, la cartografía de Áreas Naturales Protegidas y cartografía sobre indicadores de riesgo. Aunado a ello, se hará uso de software estadístico (SPSS) y software geográfico (QGIS) para la ejecución del método y generación del modelo.

Finalmente, los resultados del modelo se analizarán bajo dos perspectivas, en primer lugar, la producción del modelo en sí, considerando los alcances del modelo generado. En segundo lugar, se abordarán los resultados de la aptitud territorial en relación con los conjuntos urbanos de vivienda de interés social de la zona de estudio.

Para dar cumplimiento a los objetivos específicos de este trabajo se plantean seis etapas de la investigación, cuya relación se muestra en la figura 1. La descripción de cada una de las etapas se presenta a continuación:

- I. **Generación del protocolo de investigación:** consta de la definición de los objetivos de la investigación, el planteamiento del problema, antecedentes, justificación hipótesis, pregunta de investigación, metodología, alcances y viabilidad de la investigación
- II. **Construcción del fundamento teórico:** se considera el desarrollo de la perspectiva teórica y conceptual, para la fundamentación de las variables retomadas de este apartado que integrarán el análisis de aptitud territorial para la vivienda social.
- III. **Construcción del marco de referencia:** contempla la identificación de elementos normativos y revisión de casos de estudio sobre aptitud territorial, para fundamentar la definición de variables en función de estas referencias.
- IV. **Producción del modelo de análisis:** en esta etapa se llevará a cabo el diseño del modelo estadístico de análisis, las pruebas preliminares de ajuste y la generación de indicadores. Una vez definido el modelo, se llevará a cabo la aplicación del mismo para la obtención de los índices de factores y restricciones territoriales.
- V. **Análisis de resultados del modelo:** contempla la evaluación del método de análisis aplicado y la revisión de las condiciones de aptitud en los conjuntos urbanos de vivienda de interés social.
- VI. **Elaboración de conclusiones y recomendaciones:** contempla la realización de la reflexión final, en donde se concluye sobre el cumplimiento de los objetivos de la investigación, la resolución de la hipótesis, el proceso metodológico y los resultados. Adicionalmente se mencionarán las futuras líneas de investigación y las recomendaciones.

Figura 1. Metodología, objetivos y productos documentales



Capítulo I.

Marco teórico-conceptual para la definición de la aptitud territorial de la vivienda de interés social.

El objetivo de este capítulo se centra en la conformación de la base teórica para el análisis de aptitud territorial, a partir de dos enfoques complementarios. Por una parte, se retoma el postulado teórico de la Nueva Geografía Económica, que nos permite acercarnos a la comprensión del funcionamiento espacial del mercado que promueve la construcción de la vivienda a través de la descripción de la dinámica económica del territorio bajo tres ejes principales: costo, distancia y tiempo.

Por otro lado, la teoría de la Justicia Espacial aborda una etapa posterior a la vivienda construida, que es la consecuencia social, negativa y positiva, que se da como resultado de la construcción de viviendas en territorios determinados y como esto genera entornos en donde el acceso a la justicia se ve favorecido para algunos y precarizado para otros. Además de los postulados teóricos, se presenta un marco conceptual que forma parte de la definición del análisis de aptitud territorial, a fin de entender aquellos conceptos clave para contextualizar el análisis de aptitud.

1.1. Fundamento teórico para la aptitud territorial de la vivienda de interés social

El estudio de la aptitud territorial puede presentarse bajo una diversidad de fundamentos teóricos, cuyo enfoque depende de las características de la investigación. Para el presente trabajo se seleccionaron las teorías con la premisa de explicar la dinámica bajo la que funciona el mercado económico del territorio y enfocarlo en la vivienda, así como conocer la forma en que estas dinámicas territoriales generan diversos grados de acceso a la justicia para la población que habita el territorio.

Con la Teoría de la Nueva Geografía Económica de Krugman y Fujita del año 2004 se aborda la dinámica de la economía en el espacio geográfico y como está determina el funcionamiento del mercado del suelo y por consecuencia la ubicación de sectores específicos. Es decir, las condiciones del territorio asociadas al componente económico que determinan la ubicación de la vivienda de interés social, considerando que esta se construye bajo un límite de precio establecido por las instituciones.

Por otra parte, con la Teoría de la Justicia Espacial de Edward Soja del año 2010 se busca conocer como la ubicación de un asentamiento puede tener ventajas sobre otros en el desarrollo de la vida de la población que habita en esos lugares, así como conocer las consecuencias de asentarse en espacios que presentan condiciones injustas. En este sentido, se genera un acercamiento teórico de como la ubicación de la vivienda de interés

social es un factor primordial que condiciona la dinámica social que se desenvuelve en estos espacios y que marca un nivel de vida determinado para la población.

En conjunto, con estas teorías se busca explicar la dinámica económica del sector de la construcción de vivienda de interés social que lleva al desarrollo de este tipo de asentamientos en zonas específicas y como este tipo de ubicaciones generan condiciones de injusticia en el acceso a servicios y oportunidades que por consecuencia generan condiciones de vida adversas para la población. El fundamento teórico se acompaña también de una serie de conceptos que nos permiten contextualizar el trabajo, tales como la aptitud territorial, la vivienda de interés social y la consolidación urbana como concepto complementario.

1.1.1. La Nueva Geografía Económica

La Nueva Geografía Económica (NGE) es una teoría que comienza a gestarse de manera formal a partir de la publicación de *Geography and Trade* (Geografía y Comercio) de Paul Krugman en 1992. Krugman describe en el artículo de *La nueva geografía económica: pasado, presente y futuro* de 2004 que esta es una idea que comenzó a desarrollar a finales de los 80's a partir de un análisis sobre la movilidad de los factores desde la perspectiva del comercio internacional, en palabras del propio autor, su análisis se desvió de la Teoría del Comercio y se orientó a algo más cercano a la Teoría de la Localización. Este cambio de dirección se dio bajo la siguiente premisa:

En economía internacional tomamos como caso base un mundo en el que los recursos son completamente inmóviles, pero en el que los bienes se pueden intercambiar sin costes. Hacia lo que me encontré gravitando fue un tipo de modelo en el que los factores de producción eran perfectamente móviles, pero en el que existían costes en el transporte de bienes. (Fujita y Krugman, 2004, p. 191)

Esta teoría no resulta una novedad histórica, puesto que tiene parte de sus fundamentos en la Teoría de la Localización y la teoría de la Geografía Económica, ambas teorías abordadas por Von Thünen, que de acuerdo con Fujita y Krugman (2004) fue uno de los primeros autores que tuvo acercamiento a lo que Krugman desarrollaría posteriormente como la Nueva Geografía Económica.

Von Thünen buscaba conocer cómo se distribuía la actividad agrícola entorno a la ciudad, para lo que empleo un modelo de economía monocéntrica que se aborda en un espacio

bidimensional continuo en el que la industria manufacturera se ubica de forma exclusiva en la ciudad y sus productos se exportan a las zonas cercanas con predominio de actividades primarias.

Otro autor que tuvo un acercamiento a la NGE fue Alfred Marshall quien sugirió que la difusión del conocimiento, la densidad de mercados especializados y las conexiones hacia adelante y atrás de los mercados locales son factores que determinan la localización industrial, siendo la conexión de los mercados el único elemento que es considerado por la NGE.

Von Thünen y Marshall son algunos de los autores que han trabajado en la explicación de la aglomeración o concentración industrial, previo a el desarrollo de la NGE, sus estudios abordaban una diversidad de elementos de corte económico y de localización, además tocaban de forma superficial lo que al transporte se refiere, sin embargo, no lograron modelos de equilibrio unificados que consideraran el elemento distintivo de la NGE: los costes de transporte.

Así como otros desarrollos teóricos, la NGE no surgió de forma instantánea. Los primeros estudios de Krugman sobre la relación de la localización y la economía abordaban el concepto de la *Geografía Económica* de una forma que podríamos llamar “tradicional”, bajo este enfoque Krugman (1992) la define como “la localización de la producción en el espacio, es decir, la rama de la economía que se preocupa de dónde ocurren las cosas” (p. 7).

Desde la perspectiva de Krugman (1992), la concentración espacial es un elemento clave para comprender la distribución geográfica de la actividad económica. En este sentido desarrolla un modelo en que la concentración geográfica es producto de la interacción de los rendimientos crecientes¹, el costo del transporte y la demanda, que posteriormente nombraría modelo centro-periferia.

De manera general, el modelo centro-periferia describe la forma en que distribuye la actividad económica entre áreas centrales y periféricas, en dónde las áreas centrales suelen tener altos niveles de población y alta concentración de actividad económica y las áreas periféricas tienen un grado de desarrollo económico bajo y menor concentración de población

¹ Por rendimientos crecientes se entiende a la dinámica en que el incremento de la producción de un bien disminuye el costo promedio a largo plazo. (Elaboración propia a partir de Krugman, 1992)

En el marco del modelo centro-periferia es importante abordar también el proceso de cambio definido por Krugman (1992) como un proceso circular en el que “el lugar en que se sitúa la demanda determina la ubicación de la producción” (p. 30). En este sentido define dos ideas sobre el proceso de cambio. La primera establece que “mientras la estructura geográfica de la producción puede ser estable durante largos periodos de tiempo, cuando se modifica, puede hacerlo con rapidez” (Krugman, 1992, p. 31). La segunda es que cuando el cambio sucede “puede responder en gran medida no solo a las condiciones objetivas, sino también a las expectativas” (Krugman, 1992, p. 31).

Sobre la lógica del cambio repentino el abordaje de Krugman se da bajo el planteamiento de que un cambio significativo en la población de una región puede convertir a la región en un mejor espacio para la producción industrial, en el que la expectativa juega un papel crucial, al ser el elemento de motivación de las y los trabajadores para desplazarse de un lugar a otro en busca de mejores oportunidades de desarrollo. Para Krugman (1992), la decisión de los trabajadores de cambiar su residencia y desplazarse de un lugar a otro depende del valor actual del salario, pero, “en cualquier momento del tiempo, los salarios reales de cada región dependerán de la distribución territorial de los trabajadores industriales” (p. 35).

Esto nos permite observar, que las ventajas iniciales que permitieron el asentamiento de la industria (ya sea la población o la infraestructura de transporte) pueden verse afectadas por las expectativas² de los trabajadores y la industria si la evolución de la economía del lugar inicial no tiene la misma velocidad que el crecimiento de la población.

En este sentido, Krugman (1992, p. 36) establece tres factores por los que las expectativas pueden tener un mayor peso que las ventajas iniciales. El primero es que la tasa de traslado de los trabajadores y empresas debe ser lo suficientemente rápida comparada con la tasa de diferencia a la que los salarios futuros se descuentan, para que la ventaja futura de un lugar sea mayor que la ventaja actual de otro.

En segundo lugar “los rendimientos crecientes deben ser lo bastante grandes como para que el cambio esperado en la distribución de la población modifique la diferencia de salarios con rapidez” (Krugman, 1992, p. 37). En tercer lugar, las condiciones iniciales no deben ser demasiado diferentes.

² Las expectativas se refieren a los supuestos de los actores del sector económico sobre el futuro de los precios, el crecimiento económico, el movimiento de la industria, crecimiento poblacional, entre otros. (Elaboración propia a partir de Krugman, 1992)

Esta semblanza del desarrollo del trabajo de Krugman sobre la Geografía Económica nos permite dar paso a la Teoría de la Nueva Geografía Económica que se ha desarrollado en colaboración con Masahisa Fujita, en la que establecen que esta teoría “trata de proporcionar alguna explicación a la formación de una gran diversidad de formas de aglomeración económica en espacios geográficos” (Fujita y Krugman, 2004, p.179).

En la aproximación a la explicación de los fenómenos de concentración se establece que la tensión de las fuerzas centrípetas como aquellas que concentran la economía y las fuerzas centrífugas como aquellas que la separan, determinan la estructura geográfica de la economía. El estudio de la aglomeración considera también los costos de transporte como fundamento de la importancia de la localización, “el movimiento locacional de los factores productivos y los consumidores” (Fujita y Krugman, 2004, p.180).

Esta teoría se aborda bajo tres modelos:

- I. Centro y periferia: “ilustra cómo las interacciones entre rendimientos crecientes a nivel de empresa, costes del transporte y movilidad de factores, pueden hacer que la estructura económica espacial aparezca o cambie” (Fujita y Krugman, 2004, p.183). Este tipo de patrón puede existir cuando el costo de transporte de los bienes producidos es bajo, cuando hay una variedad de bienes y cuando el gasto de manufacturas es alto.
- II. El desarrollo de un sistema urbano: Este modelo indica que los centros establecidos crecen en un proceso de autoalimentación y por lo tanto “podría llegar a un punto tal de crecimiento en el que las ventajas iniciales de localización son ya irrelevantes en comparación con las ventajas del proceso autosuficiente que desarrolla la propia aglomeración” (Fujita y Krugman, 2004, p.183).
- III. Concentración industrial y comercio: “la concentración de la producción es mayor que la de los recursos, en el sentido de que no toda aglomeración es una importante generadora de cada actividad o rama productiva” (Fujita y Krugman, 2004, p.183). Este modelo propone una modificación al modelo de centro-periferia para explicar la importancia de la aglomeración de determinados recursos y como esta se relaciona con la aglomeración de ciertas actividades.

Estos modelos buscan explicar como la localización juega un papel fundamental en el inicio y desarrollo de una dinámica económica industrial, que obedece a una tendencia de

aglomeración, favorece el desarrollo urbano e instaura una dinámica socioeconómica dentro de las ciudades y las poblaciones periféricas.

1.1.2. La Nueva Geografía Económica y la localización de la vivienda

En el desarrollo Teórico de la Nueva Geografía Económica se aborda la vivienda como un elemento relacionado con los trabajadores y los consumidores. Retomando la idea de los salarios y las expectativas asociadas a la ubicación de los trabajadores y sus viviendas, Krugman (1992) menciona que “la decisión que tome un trabajador sobre su hogar de residencia dependerá de sus expectativas sobre las decisiones futuras de los demás trabajadores”. Este planteamiento reduce la idea de la vivienda a un elemento complementario cuya disposición se determina en función del movimiento del trabajador, mientras que el movimiento del trabajador se determina en función de la dinámica económica del territorio.

De manera histórica la ubicación de la vivienda ha obedecido las dinámicas económicas del territorio de las sociedades occidentales, principalmente en función de los centros de empleo (industriales o de comercio) y del costo del suelo (establecido por su uso). Esta dinámica puede observarse desde las ciudades preindustriales, de acuerdo con Knox y Pinch (2010, p. 18) la ciudad se dividía en tres secciones, “la élite vivía en un núcleo central agradable y exclusivo, mientras que las clases bajas y los marginados vivían en una periferia circúndate, pobremente construida y llena de basura”.

En este contexto, podemos observar como la ubicación de las viviendas se determinaba por condiciones de funcionalidad y de poder económico, pero también de un estatus social. Esta distribución en la que las élites se ubicaban en los espacios centrales con mejores características de entorno y cercanas a los centros de comercio y poder, seguidas de la zona donde se desarrollaba el comercio y vivían los artesanos y comerciantes nos permite contemplar de manera incipiente lo que Krugman planteo en el modelo de centro-periferia.

Con la introducción del modelo económico industrial la distribución de la ciudad se vio modificada como “producto de una nueva lógica económica que convirtió la estructura urbana de adentro hacia afuera del modelo preindustrial, con los ricos intercambiando su ubicación central por la ubicación periférica de los pobres”. (Knox y Pinch, 2010, p.20). El proceso de inversión de la lógica urbana se dio a partir de 2 factores, el primero fue la localización de la industria en la zona periférica de las ciudades amuralladas que generaba

un entorno urbano poco estético e insalubre, el segundo vino con la tecnificación del proceso agrícola que hizo que la población rural se viera forzada a encontrar nuevos espacios de trabajo y vivienda. Esto llevó a que la población obrera y marginada se ubicara en las zonas centrales de la ciudad por la cercanía a los centros de empleo.

En estos dos momentos históricos podemos ver como la ubicación de la vivienda se determinó en función de la lógica económica, en donde la población cambiaba su lugar de residencia en busca de oportunidades laborales. Podemos observar también que la vivienda obedecía una especie de patrón de aglomeración dependiente de la propia aglomeración de la industria.

Sin embargo, la premisa desarrollada hasta ahora deja de lado la idea de que la vivienda existe también como una mercancía que se produce de forma industrializada y que obedece a la dinámica económica de los rendimientos crecientes, la optimización de las inversiones y el aminoramiento de costos en busca de mejores ganancias. Muestra de ello es la manera en que se afrontó la escasez de vivienda en la época posterior a la II Guerra Mundial donde “la industria de la construcción apostó por la estandarización y la prefabricación, lo que permitió producir casas unifamiliares en serie, acelerar su ejecución y abaratar el coste” (García, 2016, p. 76).

Estos modelos de producción de vivienda vieron sus orígenes en Norteamérica con la prefabricación de viviendas de los pioneros, de acuerdo con Sarmiento (2013, p.29) esto sucedió por el “afán de colonizar grandes extensiones de terrenos con edificaciones que se transportaran fácilmente y se montaran por mano de obra no cualificada”.

Este modelo de producción de vivienda se expandió rápidamente, dando pie a una serie de innovaciones en la construcción y la arquitectura. De acuerdo con Sarmiento (2013, p.29) los actores principales de este proceso de industrialización de la vivienda en Norteamérica fueron Agustine Taylor con el sistema *Ballon Frame* que se basaba en un “ligero armazón de listones revestido con tablonces de madera que reemplazaba el tradicional sistema constructivo de robustas y pesadas vigas y columnas” (Sarmiento, 2013, p.29) y Lloyd Wright con el *American System-built houses* que se basaba en la producción industrial de edificios con estructuras de madera, con ello proponía la diversificación de la vivienda con diseños especializados, la reducción de tiempo y costos de construcción.

El caso europeo tiene como exponentes a Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc (siglo XX) con la introducción de las estructuras metálicas, a Joseph Paxton (1851) con el Crystal Palace

cuya construcción se basaba en una estructura metálica y Le Corbusier con las *casas en serie*. (Sarmiento, 2013, p.29).

De acuerdo con Sarmiento (2013, p. 29) el desarrollo constructivo de Le Corbusier fue el más influyente a nivel mundial, con la patente de un entramado estructural de losas y pilares (Maison Dom-ino) que dio lugar a la realización de varios proyectos residenciales como el conjunto habitacional Pessac en Burdeos. El uso de la retícula especial como soporte permitiría la construcción de edificios de *Unités de habitación* como “una propuesta de habitabilidad novedosa: en el interior de los edificios se podían reunir la vida doméstica con otras actividades como el comercio, el trabajo, el ocio o la educación”. (Sarmiento, 2013, p.31)

Así como los casos mencionados, existieron una gran cantidad de intentos de llevar las viviendas prefabricadas de manera industrial al mercado de manera exitosa, sin embargo, gran parte de estos intentos culminaron en fracaso. Sarmiento (2013) menciona que la falla en estos intentos de industrialización se debió a que:

El gran error consistió en asumir que la casa en serie era un producto, en lugar de pensar que la producción de la vivienda prefabricada era un proceso que estaba ligado a otros factores de la cadena como la comercialización, la legislación, el transporte o la tierra. (p. 31 y 32)

Es indudable que la dinámica económica del espacio geográfico es un elemento primordial que determina el éxito o el fracaso en los modelos de construcción de vivienda, especialmente aquellos que tienen un enfoque de producción en serie (como lo que se observa en la construcción de la vivienda social).

Retomando lo planteado por Krugman y Fujita sobre el hecho de que las ventajas iniciales de un lugar no garantizan el éxito o la permanencia de la industria (2004, p.183), en términos de la vivienda en serie, podemos decir que incluso si los espacios en que esta se construye presentan ventajas por el costo del suelo o de las condiciones geográficas en un momento inicial, esto no garantiza que el desarrollo económico de la zona sea lo suficientemente rápido comparado con el crecimiento de la población para garantizar el desarrollo de la vida adecuada de los pobladores de la zona, o que el crecimiento de zonas aledañas no tenga un efecto negativo respecto a la redistribución de los recursos o la demanda de servicio

1.1.3. La Justicia Espacial

La Teoría de la Justicia Espacial propuesta por Edward Soja busca otorgar un enfoque espacial a los estudios sociales tradicionales sobre la justicia y la ciudad, bajo la premisa de que los seres humanos desarrollamos la vida cotidiana en tres dimensiones, la temporal o histórica, social y espacial o territorial. En este sentido, Soja menciona que la mayor parte de las teorías sociales “Centran su atención principalmente en los aspectos sociales y temporales o históricos del ser y, de forma mucho menos enfática en la espacialidad fundamental de la vida” (Soja, 2010/2014, p. 110) y enfatiza que “Todo lo que es social (la justicia incluida) es simultánea e inherentemente espacial” (Soja, 2010/2014, p. 38).

La relevancia del enfoque espacial en el estudio de la justicia deriva de la idea de que “Somos seres tan espaciales como temporales” (Soja, 2010/2014, p. 48). Esta premisa, no busca rechazar los razonamientos históricos o sociológicos, sino abrir una oportunidad hacia la diversificación de las investigaciones sociales al concebir la espacialidad humana como “un producto social complejo, como una configuración del espacio creada y decidida colectivamente que define nuestro hábitat contextual, una geografía humana y humanizada en la que vivimos nuestras vidas” (Soja, 2010/2014, p. 50).

Para abordar el desarrollo teórico que ofrece Soja, es importante comenzar con la conceptualización de los dos elementos que conforman el nombre de esta teoría. La justicia, que de manera general y desde la perspectiva del Derecho se considera “Al acto de determinar derechos y designar recompensas y castigos” (Soja, 2010/2014, p. 53) en este planteamiento se amplifica hacia un sentido en donde representa una cualidad asociada a la equidad. Soja (2010/2014) menciona que “Las primeras ideas sobre la justicia giraban en torno a los derechos civiles basados en la urbe y a las acciones de los ciudadanos en la que pasó a conocerse como sociedad civil” (p.116) en donde los ciudadanos se involucraban en la distribución equitativa de los recursos urbanos.

Para llevar el concepto de justicia a su enfoque de espacialidad Soja retoma el argumento de Iris Marion Young (planteados en su obra *Justice and the Politics of Difference* de 1990) sobre “la necesidad de contextualizar la justicia en términos geográficos, históricos e institucionales más concretos” (Soja, 2010/2014, p. 119) y establece que “sus argumentos se tuvieron en cuenta en el desarrollo de una teoría espacial de la justicia, incluyendo formulaciones liberales y radicales de las nociones de justicia territorial, justicia ambiental y derecho a la ciudad” (Soja, 2010/2014, p. 121).

Soja enfatiza que abordar el concepto de justicia espacial “No significa que la justicia venga determinada solo por su espacialidad, pero tampoco debería verse la justicia espacial como simplemente uno de los muchos componentes o aspectos diferentes de la justicia social o medir comparativamente por su fuerza relativa. (Soja, 2010/2014, p. 38) y aclara que “La justicia espacial no pretende sustituir, o constituir una alternativa a la búsqueda de la justicia social, económica o ambiental. En lugar de ello, persigue servir como un medio de amplificar y extender estos conceptos en nuevas áreas de conocimiento y práctica política. (Soja, 2010/2014, p. 38)

Respecto al segundo concepto, el espacio, este se percibe como una construcción social de carácter primordialmente urbano, como el lugar en donde se desarrolla la vida humana y por tanto todas las dinámicas asociadas a ella, tanto sociales como políticas, económicas, culturales y ecológicas. De manera tradicional el espacio es concebido como “un tipo de fondo fijo, un entorno físicamente formado que, ciertamente, tiene cierta influencia en nuestras vidas, pero permanece ajeno al mundo social y a los esfuerzos por hacer que el mundo sea más justo socialmente” (Soja, 2010/2014, p. 34).

Para desenvolver el planteamiento sobre el enfoque espacial de la justicia Soja parte de la historia griega y menciona que “Para los griegos la democracia y la justicia eran decididamente urbanas y, en esta urbanidad también se volvieron intrínsecamente espaciales” (Soja, 2010/2014, p. 121 y 122).

El entorno urbano y la ciudad son elementos que se asocian a la espacialidad de manera natural. Soja (2010/2014) menciona que la ciudad “fue la fuente del pensamiento sobre la democracia, la igualdad, la libertad, los Derechos Humanos, la ciudadanía, la identidad cultural, la resistencia al statu quo y las luchas por la justicia social y espacial” (p. 122). La ciudad, al ser el escenario principal del desarrollo económico, se convierte también es el lugar en donde las injusticias proliferan con mayor intensidad.

Llevando entonces el concepto de espacio al entorno de la justicia, Soja pretende generar una conciencia sobre como “Las geografías en las que vivimos pueden intensificar y sostener nuestra explotación como trabajadores, pueden apoyar formas opresoras de dominación cultural y política basadas en la raza, el género y la nacionalidad, y agravar toda forma de discriminación e injusticia” (Soja, 2010/2014, p. 52).

Una vez establecidos los conceptos principales y el lugar donde se relacionan de acuerdo a lo planteado por Soja, pasamos a aquellos planteamientos teóricos que el autor retoma

como antecedentes de la justicia espacial, la justicia territorial y el derecho a la ciudad. Soja aborda la justicia territorial desde dos visiones principales, la primera desarrollada por Bleddyn Davies en donde se define como “el reparto de los servicios públicos y las inversiones ligadas a ellos entre las distintas unidades territoriales” (Soja, 2010/2014, p. 124) cuyo enfoque está en la atención de las necesidades sociales como una meta normativa.

La segunda visión es la desarrollada por David Harvey, quien define la justicia territorial como “la búsqueda de una distribución justa de los recursos sociales y alcanzada con justicia” (Soja, 2010/2014, p. 124). Soja se orienta más hacia el planteamiento de Harvey, puesto que considera que fue “un avance importante en el pensamiento espacial” (Soja, 2010/2014, p. 124) ya que,

La intersección entre justicia y geografía no se centraba solo en los resultados, sino también en los procesos que producen geografías injustas, enlazando así la búsqueda de la justicia con sus fuentes en varios tipos de prácticas discriminatorias, que incluyen las que él vio como inherentes al funcionamiento habitual del trabajo urbano y de los mercados inmobiliarios, el gobierno y el urbanismo. (Soja, 2010/2014, p. 124)

Respecto al derecho a la ciudad, Soja retoma algunas ideas de Lefebvre, menciona que tiene dos propósitos fundamentales basados en “una distribución justa e igualitaria de los recursos urbanos, pero mucho más con el de la obtención del poder sobre los procesos de producción de geografías urbanas injustas”. Soja menciona que este enfoque

Se trata de una forma radicalmente nueva de conceptualizar el espacio y la espacialidad de la vida social, tras varias décadas de relativo abandono resurgió en los noventa para estimular lo que ha descrito como el “giro espacial” y, más recientemente, algunas nuevas iniciativas que combinan un sentido de la justicia espacial con la llamada a la toma de un mayor control sobre el derecho a la ciudad. (Soja, 2010/2014, p. 126)

Soja retoma también las ideas iniciales de David Harvey sobre el derecho a la ciudad:

El derecho a la ciudad, que [...] no es meramente un derecho de acceso a lo que establecen los especuladores de la propiedad y los urbanistas del Estado, sino un derecho activo a cambiar la ciudad, a darle forma de acuerdo con nuestros deseos

internos y a rehacernos a nosotros mismos de este modo con una imagen diferente.
(Harvey, 2012/2013, p.20)

La referencia que hace Soja a los diversos trabajos entorno a la teoría del derecho a la ciudad se centran en una visión amplia de la urbanización y el espacio “Como fuerzas generativas, fuentes de desarrollo social, innovación tecnológica, creatividad cultural y también como estratificación social, poder hegemónico desigual e injusticia” (Soja, 2010/2014, p. 142). Retoma además que “La búsqueda del derecho a la ciudad es un esfuerzo continuo y más radical en la reapropiación espacial, que reivindica una presencia activa en todo lo que ocurre en la vida urbana bajo el capitalismo” (Soja, 2010/2014, p. 141).

Soja hace un énfasis en la participación del ciudadano en la producción del espacio, así como en la intervención de este actor en la modificación de los procesos que se encaminan a la producción de las geografías injustas. En este sentido retoma la siguiente idea:

Para Lefebvre, el morador urbano por el simple hecho de la propia residencia urbana, tiene derechos específicamente espaciales: participar abierta y justamente en todos los procesos productores del espacio urbano, acceder y hacer uso de las ventajas concretas de la vida en la ciudad, especialmente en el tan apreciado centro (o centros), evitar todas las formas de segregación y confinamiento espacial impuestos y disponer de servicios públicos que satisfagan las necesidades básicas de salud, educación y bienestar. (Soja, 2010/2014, p. 144 y 145)

Soja establece una estrecha relación entre la lucha por el derecho a la ciudad con la producción de geografías injustas, en este sentido menciona que “La exigencia de un mejor acceso al poder social y a los recursos valiosos para los más desfavorecidos por las geografías desiguales e injustas definió la lucha por la reclamación de los diversos derechos a la ciudad” (Soja, 2010/2014, p. 141). Menciona además que la lucha por el derecho a la ciudad es una “Respuesta política vital ante los esfuerzos del capitalismo por crear geografías apropiadas para sus intereses fundamentales, que Lefebvre describió como la reproducción de las relaciones sociales de producción (Soja, 2010/2014, p. 142).

Si bien, tanto la justicia territorial como el derecho a la ciudad fueron precedentes para lo que Soja estudio respecto a la justicia espacial (o injusticia como suele referir en sus obras), el abordaje del concepto de geografías injustas es lo que llevó a esta teoría a contener un precedente histórico y que en el caso particular de este trabajo de investigación permitirá

construir la relación sobre como la vivienda forma un elemento determinante en la construcción y acceso de la justicia espacial” (Soja, 2010/2014, p. 142).

1.1.4. La justicia espacial y la vivienda

Las geografías injustas nacen de la construcción de estructuras sociales, económicas y políticas del espacio, que a su vez conforman “capas de organización macroespacial que surgen no solo de la conveniencia administrativa, sino también de la imposición del poder político, de la dominación cultural y del control social sobre los individuos, los grupos y los lugares que habitúan” (Soja, 2010/2014, p. 66). Estas capas de organización generan condiciones en las que el acceso a los recursos urbanos es diferente en función del espacio que ocupes dentro de las ciudades, por lo tanto, genera una condición de injusticia y desigualdad.

Como parte del desarrollo conceptual de las geografías injustas, Soja (2010/2014) retoma algunos planteamientos de Edward Said sobre las *geografías imaginativas* y las estructuras coloniales en donde destaca “las potentes estrategias espaciales de la expropiación territorial, la ocupación militar la dominación cultural, la explotación económica y la resistencia popular” (Soja, 2010/2014, p.70). Soja menciona que sus contribuciones “explican como la organización política del espacio produce geografías opresoras e injustas a través de sus manifestaciones materiales y de la imaginería representacional” (Soja, 2010/2014, p.71).

Soja (2010/2014) plantea que las geografías injustas se producen y reproducen en tres escenarios: “exógeno o deductivo, endógeno o inductivo y mesogeográficos o regionales” (p.66). En el escenario exógeno las geografías “van en escala desde las divisiones globales de poder asociado con lo que se llama Primero, Segundo y Tercer Mundos, a las estructuras gubernamentales internas que han evolucionado dentro de estados-nación” (Soja, 2010/2014, p.66) y se basan en las relaciones de poder bajo las que todas las escalas interactúan.

Uno de los ejemplos que retoma Soja sobre los escenarios de geografías exógenas es los *banlieues* de Paris. Estos asentamientos de inmigrantes “formaban un anillo de suburbios densamente poblado tras la Segunda Guerra Mundial cuando la mayoría de los trabajadores parisinos se trasladaban fuera del centro de la ciudad” (Soja, 2010/2014, p.67). Con el desarrollo económico, estos barrios o “suburbios” se vieron afectados por los

procesos de reestructuración urbana en la ciudad, pues a medida que prosperaba económicamente el país la población se “trasladaba a los suburbios de clase media en expansión, era reemplazada en los peores alojamientos que dejaban atrás por inmigrantes y ciudadanos de las antiguas colonias, creando una geografía volátil de creciente exclusión económica, negligencia pública y polarización política” (Soja, 2010/2014, p.68).

Este proceso de desplazamiento de las poblaciones económicamente débiles hacia las periferias cada vez más alejadas de la ciudad, genero condiciones de desigualdad de acceso a la vida urbana, incluyendo espacios de vivienda dignos, empleos, participación política, esparcimiento cultural, acceso a servicios urbanos, entre otros. “Como resultado, los problemas de pobreza geográficamente concentrados, el desempleo y la exclusión social se hicieron invisibles virtualmente o al menos muy difíciles de atajar directamente en las políticas públicas, contribuyendo de este modo a fomentar las crecientes condiciones volátiles” (Soja, 2010/2014, p.68).

Para Soja (2010/2014) las problemáticas sobre la población migrante de los *bandelious* “Ilustran espléndidamente la espacialidad de la injusticia urbana (como resultado) y la combinación de injusticias (como proceso) en la geografía de la ciudad por intereses corporativos y de las administraciones locales y nacionales” (p. 69).

El segundo ejemplo utilizado por Soja para mostrar la realidad de los escenarios exógenos de las geografías injustas es el *Apartheid Africano* en donde “A través de la legislación, racionalización ideológica y acción política violenta, se cambió la forma de organización política del espacio en Sudáfrica a partir de 1948 en una jerarquía de territorialidad segregada y áreas bien delimitadas” (Soja, 2010/2014, p.74).

El *apartheid* “supuso la creación de regiones administrativas separadas de la élite dominante blanca, en mayor parte en las áreas más desarrolladas y la asignación a la mayoría de la población africana de reservas periféricas o “*homelands*” que funcionaban económicamente como reservas laborales cerradas” (Soja, 2010/2014, p.74). Esta estructura espacial generada a partir de una estrategia económica y una política racista excluyó a la población no blanca de la vida urbana, recluyéndola en las periferias más alejadas como una reafirmación de la separación de razas y poderío económico. Limitó, además, el desarrollo de la vida cotidiana de la población sudafricana, principalmente en lo que refiere al empleo y la participación política.

Respecto a los escenarios endógenos que generan geografías injustas desde debajo de la estructura social, podemos situar a la desigualdad distributiva como uno de las principales consecuencias. En este sentido, Soja (2010/2014) establece que “la justicia y la injusticia espaciales son vistas como el resultado de incontables decisiones sobre emplazamiento, sobre donde se colocan las cosas” (p.83).

El acceso a los servicios es uno de los ejemplos más claros de esta desigualdad distributiva, puesto que, a pesar de que una administración política puede hacer el mejor esfuerzo para ejecutarla con igualdad, desde la perspectiva espacial, ese acceso equitativo resulta básicamente irrealizable. En este sentido Soja (2010/2014) menciona que:

Es inevitable un cierto grado de desigualdad distributiva, en parte debido a los efectos diferenciales de la localización relativa y de la distancia entre los consumidores y en parte debido a las decisiones de localización realizadas por los particulares que producen los servicios. Necesidades presupuestarias, ineficacia institucional, codicia personal, intolerancia racial, diferencia de poder y riqueza social, y muchos otros factores se añaden a esta desigualdad distributiva básica, creando geografías sesgadas localmente y por lo tanto geografías discriminatoria de acceso a los servicios de salud y, más serio quizá, a la salud pública. (p.83)

Estas desigualdades pueden ser diversas, aunque se concentran principalmente en los “servicios públicos esenciales como la educación, el transporte, colectivo, la policía y la prevención de la delincuencia, hasta el provisionamiento de alimentos, la vivienda y el empleo (Soja, 2010/2014, p.83). Para entender esta distribución desigual es importante considerar que las ciudades son el espacio de la expresión de las relaciones capitalistas, y, por lo tanto, en la mayoría de las ocasiones, la administración de los espacios y la distribución de los recursos suele obedecer a tendencias más económicas que sociales.

Soja recupera algunas de las ideas de David Harvey sobre la distribución de los recursos urbanos entre los pobladores de una ciudad capitalista y como esta se orienta hacia el beneficio de las personas con mayores recursos económicos, estas ideas se plasman a continuación:

Considerando el funcionamiento normal de los mercados de trabajo, de la vivienda e inmobiliario, así como en las decisiones de localización de los urbanistas, bancos y minoristas, Harvey sostiene que los efectos netos de estas actividades normalizadas tienden a llevar constantemente a la redistribución de los ingresos

reales a favor de los ricos. En otras palabras, la propia ciudad industrial capitalista funciona día a día como una máquina para la fabricación y el mantenimiento de desigualdades distributivas y lo que Harvey denomina injusticia territorial. (Soja, 2010/2014, p.85)

Soja (2010/2014) reafirma además su postura sobre la ciudad capitalista y la producción de geografías injustas al mencionar que:

Las geografías urbanas han sido moldeadas por tales decisiones desde los orígenes de la ciudad capitalista industrial, sobre todo en beneficio de los ricos y poderosos. Como Engels señaló para Manchester y la Escuela de Chicago codificó en sus modelos de ecología urbana, las ciudades industriales capitalistas tienden a desarrollarse de forma concéntrica alrededor de un centro dominante con anillos de riqueza y pobreza que trabajan para producir y mantener geografías que profieren una mayor ventaja y una mejor condición a los residentes más ricos frente a los más pobres. (p. 84)

Por lo tanto, la configuración de geografías injustas en el espacio resulta en la distribución de la población sobre el territorio, de manera desigual e injusta. Esta distribución se expresa de manera física en como la vivienda se organiza en el espacio para configurar asentamientos, tanto urbanos como rurales, por ende, limita los espacios en donde la población desarrolla su cotidianidad.

La ubicación de la vivienda como una expresión de la construcción de geografías injustas puede observarse de forma histórica en todos los ejemplos planteados por Soja, y en otros tantos más como los *redlinings* de Los Ángeles y los propios efectos de la Ley de desamortización en México. En donde a partir del ejercicio de estrategias políticas, económicas y sociales se moldeó el territorio de forma esquemática priorizando el asentamiento de población con “mejores” condiciones económicas en zonas urbanas con acceso a servicios públicos básicos, un entorno urbano estético, mejores condiciones de seguridad, empleos, recreación, acceso a la salud y sobre todo en el que se propiciaba la participación política. Como efecto, las poblaciones menos favorecidas por temas económicos y raciales se vieron desplazadas hacia periferias cada vez más alejadas, limitando el acceso a los servicios urbanos y complejizando el acceso a fuentes de empleo, educación, recreación y salud, generado así contextos de desigualdad expresados en pobreza (económica, educativa y de tiempo) y marginalidad.

Las geografías injustas construidas de manera endógena o exógena, terminan teniendo expresiones de espacialidad difusas y expansivas, pues propician la expulsión de aquellos individuos urbanos que no tienen la capacidad de asentarse en espacios con mayor costo económico y que, por ende, cuentan con mejores condiciones urbanas, obligándolos a desplazarse a espacios cada vez más alejados de las zonas urbanas con mayores niveles de consolidación, pero con costos de tierra mucho más bajos.

Esta situación genera entonces un bucle en el que la población se aleja cada vez más de los centros de la ciudad, las ciudades se expanden, se generan nuevos asentamientos, los nuevos asentamientos se conectan con las zonas urbanas dominantes, se amplían los tiempos de traslado y disminuye la calidad de vida, aparecen condiciones de desigualdad y nuevamente, la población se desplaza en busca de mejores espacios.

La desigualdad distributiva “es la expresión más básica y obvia de la injusticia espacial” (Soja, 2010/2014, p. 78) y “Una vez la injusticia espacial está inscrita en el entorno construido es difícil de borrar” (Soja, 2010/2014, p. 76). Sin embargo, históricamente, las condiciones de desigualdad han propiciado movimientos sociales que buscan revertir los efectos del capitalismo desmedido dentro de las ciudades, Soja (2010/2014) menciona que “Las teorías y estrategias espaciales pueden ser utilizadas tanto para reforzar la opresión y el control, como para estimular la resistencia y mejorar la búsqueda de la justicia espacial” (p. 76). Por lo tanto, el estudio de las injusticias espaciales puede encaminarse al cumplimiento de la utopía de las geografías equitativas y los espacios justos.

1.2. Marco conceptual de la aptitud territorial y la vivienda de interés social

En esta sección se presentan los conceptos relacionados con la investigación, comenzando por un acercamiento a la conceptualización de la vivienda y la definición de la vivienda de interés social, que es la tipología bajo la que se desarrolla este trabajo. Se presenta también el concepto de aptitud territorial a fin de contextualizar el tipo de análisis que va a desarrollarse en esta investigación y colocar un punto de partida para la definición de la metodología de análisis. Por último, se describe el concepto de consolidación urbana, como un concepto secundario que forma parte de los instrumentos de análisis desarrollados para propósitos similares al de este trabajo.

1.2.1. Vivienda

La conceptualización de *vivienda* es amplia y diversa, ya que dependiendo del área de especialización desde la cual se estudie, su significado puede variar. Aunque la mayor parte de los significados se orientan hacia la casa, resulta ser un elemento que alberga más que la construcción, pues considera también lo referente al entorno de la construcción y la forma en que las personas habitan y se relacionan con la casa. En este sentido Haramoto (1992) menciona que:

Según este punto de vista, la vivienda se identifica con el lugar físico donde se aloja la familia humana. Desde un enfoque más amplio, la vivienda no es sólo la “casa”, sino un sistema de servicios habitacionales que además comprende inseparablemente el suelo, la infraestructura y el equipamiento social; dentro de un contexto social, cultural, económico, físico y ambiental. Más que un producto terminado, es un proceso que se desarrolla gradualmente en el tiempo y se manifiesta en diversas escalas desde la unidad a la agrupación en determinadas localizaciones. (p.1)

Como establecen Ortiz y Vílchez (2023) “El ser humano es eminentemente social y desde el inicio de la humanidad, nuestra especie ha necesitado y construido una morada, un espacio de protección, un lugar para descansar y para relacionarse con su familia” (p.117) y, por lo tanto, los cambios temporales de la sociedad traen consigo modificaciones en la conceptualización de la vivienda.

A continuación, se revisarán algunos conceptos sobre la vivienda, con un enfoque desde la perspectiva institucional y social, que nos permitirán abordar las diferentes perspectivas de este concepto complejo pero primordial en el desarrollo de la sociedad y la ciudad.

Desde la perspectiva institucional, podemos encontrar en el glosario del SNIIV de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2021a) la vivienda definida como:

Espacio delimitado generalmente por paredes y techos de cualquier material, con entrada independiente, que se construyó para la habitación de personas o que en el momento de la entrevista se utiliza para vivir, esto es, dormir, preparar los alimentos, comer y protegerse del ambiente. La entrada independiente permite que los ocupantes de la vivienda puedan entrar y salir a la calle, al campo, o bien, a un espacio común con otras viviendas, como pasillo, patio o escalera, sin pasar por los cuartos de otra vivienda. (p. 23 y 24)

En este mismo documento se incluye también el concepto de vivienda decorosa, que se define como:

Disponer de un lugar donde poderse aislar si se desea, espacio adecuado, seguridad adecuada, iluminación y ventilación adecuadas, una infraestructura básica adecuada y una situación adecuada en relación con el trabajo y los servicios básicos, todo ello con un costo razonable. La vivienda adecuada debe reunir, como mínimo, los siguientes criterios: la seguridad de la tenencia, disponibilidad de servicios, materiales, instalaciones e infraestructura, asequibilidad, habitabilidad, accesibilidad, ubicación y adecuación cultural. (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2021a, p. 24)

La conceptualización de la vivienda por parte de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano nos permite ver que lo referente a la casa se concibe de forma aislada con las condiciones adecuadas que esta construcción debe tener para el desarrollo de la vida de quienes la habitan. Se observa también que a pesar de que estas definiciones contemplan aspectos sociales y de habitabilidad, su enfoque principal se encuentra en los elementos físicos de la casa y de las actividades mínimas que deberían desarrollarse dentro de ellas.

Desde un enfoque social la vivienda se concibe más allá de la edificación, pues es “El lugar en donde el ser humano se desarrolla en libertad y satisface las necesidades propias de su especie. Involucra historia, creencias, valores y costumbres vinculadas a la identidad de

cada uno de sus habitantes presentes y de sus ancestros” (Ortiz y Vílchez, 2023, p.119). Se considera además que la vivienda es “El lugar en donde las personas llevamos a cabo la mayoría de nuestras actividades básicas ya sea comer, dormir, relacionarnos con nuestros seres más cercanos, y encontrar cobijo y refugio al final de cada jornada” (Sánchez y Vílchez, 2023, p.118).

Para Ortiz (2017) la vivienda constituye cuatro dimensiones sociales y espaciales:

Social-familiar: la vivienda es un espacio donde se desarrolla el ser humano de manera individual o colectiva. En este último caso a través de la familia o de un grupo de personas.

Biológica: el ser humano, generalmente, no puede vivir o subsistir sin estar en una vivienda, en términos de aseguramiento de su bienestar su protección biológica y fisiológica. La vivienda, en ese sentido, permite al ser humano protegerse del frío extremo, del calor extremo, de accidentes o desastres naturales, entre otros.

Personal: la vivienda permite preservar, proteger y desarrollar la intimidad de la persona o del grupo social. Si bien la vivienda no es el espacio único y exclusivo para asegurarlo, es sin duda el espacio ordinario donde todos estos beneficios se pueden lograr y consolidar.

Física (edificación): la vivienda es una edificación caracterizada por su destino esencial de servir como habitación para una persona, para varias personas o para un grupo determinado de ellas. (p. 40)

Desde una visión más integral, Haramoto et al. (1987) nos brindan una definición de la vivienda desde un enfoque físico, geográfico (de entorno y urbanístico, esta se cita a continuación:

En términos restringidos la vivienda es el lugar físico adecuado que aloja a la familia humana permitiendo su desarrollo pleno en cumplimiento de sus fines, necesidades aspiraciones.

En términos amplios la vivienda no sólo es el “techo”, sino un sistema que además incluye el terreno, la infraestructura y el equipamiento social comunitario según la localización y dentro de un contexto social, cultural, económico, político, tecnológico y físico.

La vivienda es también un proceso que incluye entre sus etapas más relevantes la prospección, la planificación, el diseño, la producción, la provisión, el alojamiento y la administración habitacional.

Definido como escala, la vivienda comprende las unidades y las agrupaciones habitacionales ubicadas dentro de un contexto urbano o rural en toda la extensión territorial de un país. (p.13)

Como se puede observar, la conceptualización de vivienda es amplia y en ciertas ocasiones compleja, sin embargo, desde los diferentes abordajes que se vieron en el presente trabajo podemos destacar que se tiene un postulado en común: La vivienda es mucho más que la casa, es el espacio en donde se ubica y la vida que se desarrolla en ella. La importancia de la vivienda en el desarrollo de la sociedad y de la ciudad ha sido tal, que la modalidad en que estas se construyen se ha visto diversificada a lo largo de la historia y a lo ancho del territorio mundial y nacional. A continuación, abordaremos el tipo de vivienda que compete al desarrollo del presente trabajo, la vivienda de interés social.

1.2.2. La vivienda de interés social

La vivienda de interés social puede definirse como la vivienda que “cumple con el espacio mínimo suficiente para albergar con calidad y dignidad las actividades sociales, privadas e íntimas del núcleo familiar. La que asegura la estabilidad social y la armonía con el entorno, cultural y social” (Alderete, 2010, p.2). De acuerdo con Alderete (2010) este tipo de vivienda se caracteriza por “Contar de 42 a 76 metros cuadrados de superficie edificada; un programa arquitectónico que incluye cocina-comedor, 1 a 2 recamaras, 1 baño, 1 lugar de estacionamiento y todos los servicios básicos” (p.1). En México abarca aquellas que se clasifican como “económica, popular y tradicional” (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2021a, p. 22).

Esta tipología de vivienda surgió para “dar respuesta a la clase trabajadora del país que se acercaba a las zonas urbanas en busca de empleo y de mejores oportunidades.” (González, Coronado y Pérez, 2020, p.20). Como parte de las acciones para consolidar un sistema político y económico que diera sustenta a la necesidad de vivienda, como mencionan González, Coronado y Pérez (2020):

La Constitución de 1917, en su artículo 123, fracción XII, estableció la obligación de los patrones de proporcionar a sus trabajadores viviendas cómodas e higiénicas.

Posteriormente, el país se abocó a construir la infraestructura de seguridad social para atender las diversas necesidades de la población. (p.23)

Los primeros proyectos entorno a la vivienda de interés social surgieron a finales de la década de los 40's y a mediados de la década de los 50's. En 1949 el ISSSTE inició el proyecto de vivienda de alquiler con el conjunto Miguel Alemán, un desarrollo de vivienda de 1080 unidades y 168 locales comerciales. Por su parte, el IMSS inició el proyecto de vivienda de alquiler en 1956 con el conjunto Santa Fe con 2,200 unidades de vivienda. Ambos proyectos fueron suspendidos debido a la situación financiera, pues los ingresos del proyecto de alquiler no cubrían los costos del mantenimiento de los edificios. (Ignacio, 1994)

En 1972 se creó el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) MEDIANTE LA REFORMA A La Ley Federal del Trabajo, inició con el financiamiento de 9,000 viviendas en ocho ciudades del país y para 1988 se transformó en un organismo financiero de vivienda (Ignacio, 1994). Sobre esta situación González, Coronado y Pérez (2020) mencionan que:

Hasta la década de los ochenta, el eje de la política de vivienda había sido la intervención directa del Estado en la construcción y el financiamiento de vivienda y aplicación de subsidios indirectos, con tasas de interés menores a las del mercado. En la primera mitad de la década de los noventa se inició la consolidación de los organismos nacionales de vivienda como entes eminentemente financieros. (p.23)

La vivienda de interés social ha sido de forma histórica la estrategia de búsqueda de soluciones al problema habitacional en el país, sin embargo, esta estrategia ha sucumbido ante la propia dinámica económica del sector inmobiliario. Los proyectos que un inicio se desarrollaron bajo una política más orientada al estado del bienestar terminaron fracasando y dando paso a que los desarrolladores inmobiliarios tomaran las riendas de la construcción y comercialización de la vivienda de interés social en México hasta la actualidad.

1.2.3. *Aptitud territorial*

La aptitud territorial es un concepto que se aborda de manera diversa para definir la capacidad de un espacio para el desarrollo de una actividad específica. Aunque su definición no es concreta, puesto que cada estudio que hace uso de este concepto le da un enfoque especializado en función del objetivo de la investigación, se puede lograr un acercamiento a su conceptualización a través de los enfoques bajo los que se ha estudiado.

La definición más integral sobre la aptitud territorial la ofrece la secretaria de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano: (SEDATU), que menciona lo siguiente:

La aptitud territorial se define como la capacidad de un territorio para permitir el desarrollo de actividades antrópicas, en este contexto, no se refiere únicamente, aunque incluye, a la capacidad del suelo que permite el desarrollo de las actividades primarias, sino que se relaciona de igual manera con las condiciones sistémicas que en el sistema socio-ambiental, permiten el establecimiento y desarrollo de las actividades sectoriales, es decir son las condiciones que posee un área geográfica concreta para ser utilizada involucrando también la capacidad que tienen quienes la utilizan para aprovecharla y está relacionada con la generación de condiciones de competitividad territorial.(SEDATU,2017b, p. 49)

En esta definición podemos observar elementos sociales, económicos y geográficos, además destaca la relación entre las actividades humanas que se desarrollan en el territorio y las características del entorno físico, así como aquellas condiciones sociales que influyen en el desarrollo de actividades determinadas y el correcto aprovechamiento del territorio, dando una importancia a la capacidad de los ciudadanos de generar condiciones de uso del suelo que fomenten el crecimiento económico.

Para Sanabria (2010, p.82) la aptitud territorial se refiere a “lo adecuado de un tipo de tierra para un uso específico, a las libertades y restricciones de ese uso; donde parece lógico hacer corresponder una especificación de uso a unas condiciones particulares de suelo”. También menciona que “la aptitud del territorio es un asunto de suma importancia ya que las decisiones que comprometen los esfuerzos de una población, subyacen a la idoneidad con que son planteadas sus posibilidades de desarrollo en arreglo a sus potencialidades”. (Sanabria, 2010, p. 86)

La perspectiva de Sanabria sobre la aptitud territorial resalta la importancia de la caracterización del suelo para la elección de su uso, así como la importancia de la

planificación bajo un contexto adecuado que considere el potencial de uso del suelo de forma integral.

Dentro de las precisiones que realiza Sanabria sobre el estudio de la aptitud del territorial se destaca el uso de Sistemas de Información Geográfica y el análisis espacial ya que posibilitan “recrear diversos escenarios y validar los resultados y, por tanto, asignar usos posibles del suelo considerando una combinación de factores debidamente ponderados sobre la base de la importancia relativa que le otorgan los conocimientos acumulados y los expertos consultados”. (Sanabria, 2010, p. 84). El autor menciona además que se utilizan técnicas de modelamiento como las cadenas de Markov y la Evaluación Multicriterio para el estudio de la aptitud territorial, ya que permiten generar escenarios y análisis que contemplan una gran cantidad de variables, permitiendo con ello cubrir diversas perspectivas y objetivos.

La SEDATU (2017b, p.50) establece que la evaluación de la aptitud sectorial es posible al analizar la aptitud territorial desde los requerimientos de las actividades que se buscan realizar, estableciendo un patrón de oferta que muestre la forma en que se distribuyen las actividades en el espacio geográfico. Propone que este análisis deberá realizarse de la siguiente forma:

A través de la aplicación de métodos multicriterio en conjunto con el uso de Sistemas de Información Geográfica, lo que en conjunto permitirá construir a través de su uso reglas claras que incluyen la participación pública para el manejo de variables cualitativas y cuantitativas que permitan construir un patrón de ocupación territorial maximizando el aprovechamiento de la oferta del mismo. (SEDATU, 2010, p.50)

Cuando los estudios de aptitud territorial están enfocados en un sector específico como la vivienda la selección de los elementos o variables que definen la aptitud pueden incluir las características del terreno (pendiente, tipo de suelo), el uso de suelo existente, las zonas urbanizables y no urbanizables, cercanía a equipamientos, disponibilidad de servicios, acceso a fuentes de empleo, entre otros. En resumen, la aptitud territorial debe abordarse desde las necesidades geográficas, sociales y políticas del tipo de elemento o actividad que se desea ubicar en determinado espacio, teniendo siempre en mente la optimización del suelo, potencialización de la economía y la reducción de impactos ambientales.

1.2.4. Consolidación urbana

La consolidación urbana es un proceso que se asocia a la expansión urbana y que tiene connotaciones temporales y espaciales. Los procesos de expansión urbana se caracterizan por la dispersión de los asentamientos humanos habitables, industriales y de servicios a lo largo del territorio. En este sentido Bazant (2001) menciona que el proceso que sigue a la expansión urbana es el “proceso de consolidación urbana cuya característica es la gradual ocupación de baldíos, hasta la saturación y elevada densificación del mismo territorio” (p.351).

La consolidación conceptualizada como un proceso se puede entender como:

La gradual ocupación de baldíos entre los asentamientos iniciales; también ocurre de manera dispersa e irregular dentro de las parcelas ejidales, y va aumentando gradualmente la densidad hasta llegar a 50 viviendas por hectárea cuando se ocupan todos los lotes baldíos y las viviendas alcanzan varios niveles después de décadas de proceso constructivo. (Bazant, 2001, p.355)

Arteaga (2005) habla del concepto de consolidación como un elemento coexistente con la periferia urbana, menciona el concepto de “ciudad central o consolidada” (p.105) como sinónimos y desarrolla una conceptualización histórica del proceso de consolidación de la ciudad a través de las periferias urbanas. Podemos observar que en ambas conceptualizaciones se habla de la consolidación como un proceso temporal y que existe al tener un elemento de coexistencia con el cual pueda compararse el grado y la tendencia de desarrollo.

La consolidación urbana ha sido estudiada de forma cuantitativa bajo dos enfoques, el social y el geográfico. El primero lo podemos observar con el desarrollo de los trabajos de Galindo (2007) con sus propuestas del Índice de Consolidación Urbano Regional que se desarrolla a partir de la correlación de 5 variables, estas son:

Densidad de población. La carga demográfica que por kilómetro cuadrado registra el municipio.

Nivel de urbanización: determina el porcentaje de población de un municipio que reside en localidades urbanas.

Porcentaje de Población Económicamente Activa (PEA) no agrícola: la población ocupada en un sector de actividad económica diferente al primario.

Distancia por carretera desde las cabeceras municipales a la zona metropolitana más próxima: Se asume que el proceso de difusión no es simplemente la ampliación de tipo centro-periferia.

Coefficiente de localización de mano de obra industrial: Porcentaje de la PEA en concreto, se ocupa en el sector industrial o en el de comercio y servicios, (Galindo, 2007, p. 58)

El segundo tipo de estudio, cuyo enfoque geográfico tiene una connotación más orientada en la densidad habitacional y de servicios fue desarrollado por el INFONAVIT en el año 2021 y se basa en un modelo multivariado que considera variables como densidad de empleo, densidad de vivienda, cercanía a equipamientos de escuela primaria, escuela secundaria, establecimientos de salud, centros de abasto, espacios recreativos, localidades pertenecientes al Sistema Urbano Nacional (SUN), la ubicación no debe corresponder a zonas no aptas para el desarrollo urbano o la construcción de vivienda y el porcentajes de vivienda con servicios de agüay drenaje (INFONAVIT, 2021).

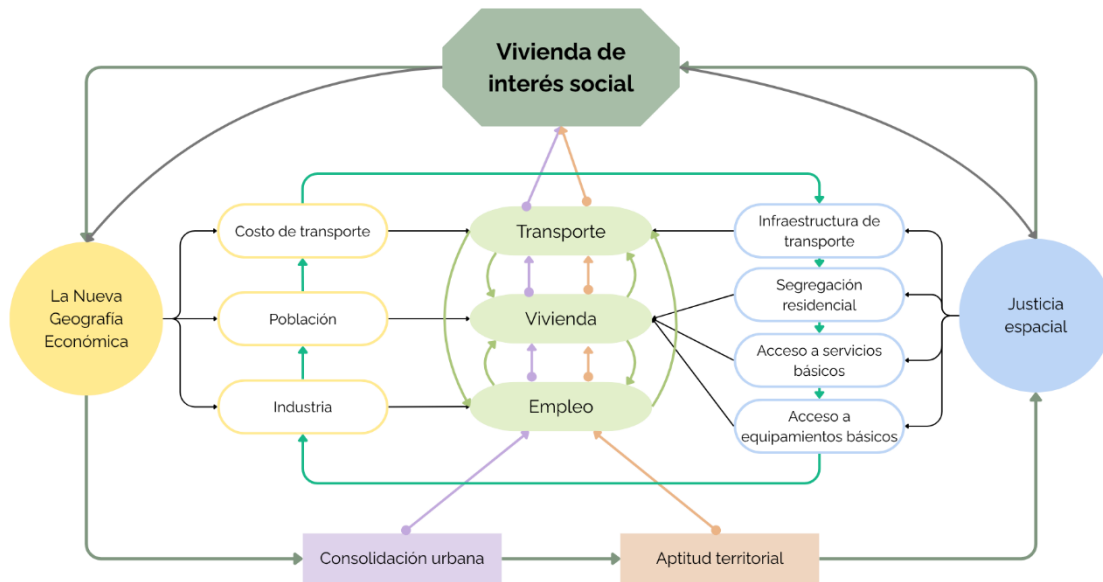
Este modelo de tiene la particularidad de presentarse con una clasificación de valores de consolidación que son: zona consolidada, zona semiconsolidada, zona en proceso de consolidación, zona con evaluación de empleo y zona de evaluación con vivienda y zona con potencial económico.

En resumen, la consolidación urbana es un proceso de aglomeración de vivienda, empleo y servicios urbanos que tiene efectos en la aglomeración de actividades urbanas orientadas al empleo y la habitación del espacio. Estas zonas de consolidación funcionan como un equivalente de la ciudad central y se replican a lo largo del espacio urbano. Su estudio puede realizarse tanto de forma cuantitativa como cualitativa, bajo perspectivas sociales, geográficas, urbanísticas o institucionales.

1.3. Integración teórico-conceptual

En este primer capítulo se abordaron las teorías y conceptos que buscan dar el fundamento al proyecto de investigación, cuya naturaleza temática se centra en conocer las condiciones espaciales en las que la vivienda de interés social existe en la actualidad. En la figura 2 se presenta un diagrama con la asociación de las teorías y conceptos considerados y se muestra como estos se interrelacionan con el objeto de estudio a partir de dimensiones y variables.

Figura 2. Diagrama teórico-conceptual



Nota: Figura de elaboración propia

Como elemento central del diagrama podemos observar a la vivienda de interés social que nos dirige a la Teoría de la Nueva Geografía Económica, con esta expresamos la dinámica económica del territorio bajo la cual se determina la ubicación de la vivienda. De esta teoría extraemos tres variables principales: costo de transporte, población e industria. Estas variables se asocian a las dimensiones (óvalos verdes en el diagrama) de transporte, vivienda y empleo respectivamente.

La ubicación de la vivienda a partir de la dinámica económica del territorio da lugar a la consolidación de los espacios urbanos y con ello comienza a reflejarse en estos territorios y nivel de aptitud no solo para el desarrollo de vivienda, sino también para la ubicación de centro de empleo y servicios. Estos dos elementos conceptuales nos llevan a Teoría de la

Justicia Espacial, específicamente al nivel de acceso a la justicia determinada por la ubicación de la vivienda.

En el diagrama, la Justicia Espacial se expresa en cuatro variables principales: Infraestructura de transporte, segregación residencial, acceso a servicios básicos y acceso a equipamientos básicos. Al igual que con la Teoría de la Nueva Geografía económica, estas cuatro variables se agrupan a su vez en 3 dimensiones (óvalos verdes) que contribuyen a la estructuración de una dinámica económico-social que impacta en el territorio y las personas que lo habitan.

Capítulo II.

Marco de referencia para el análisis de la aptitud territorial para el desarrollo de la vivienda de interés social

Este capítulo tiene como objetivo presentar las referencias del proyecto de investigación que junto al marco conceptual conforman el sustento para la definición de variables del análisis de aptitud territorial. En primera instancia, se presentan tres casos de estudio relacionados con el análisis de aptitud territorial, en los que podemos identificar enfoques y métodos de análisis diversos, como la expansión urbana y el crecimiento urbano sustentable, aplicados con metodología de evaluación multicriterio y ponderaciones basadas en fuentes documentales y juicio experto del investigador (expert driving). En la segunda parte, se presentan los instrumentos jurídicos relacionados con la aptitud territorial, a fin de identificar si en estos, se hace mención de métodos de análisis o variables específicas para la aplicación de este tipo de análisis.

2.1. Casos de estudio de referencia para el modelo de aptitud territorial

Se revisaron tres casos de estudio asociados al análisis de aptitud territorial con el objetivo de identificar los métodos de análisis técnico empleados, así como las variables utilizadas. Se identificó que los enfoques de análisis de estos trabajos se centran en el crecimiento urbano sustentable y la expansión urbana, pero se diversifican las variables utilizadas.

Se observó que los enfoques de estos tres trabajos son constantes en el desarrollo de otras investigaciones, y que presentan concordancias sobre los métodos e instrumentos utilizados. Los trabajos seleccionados corresponden al periodo comprendido entre 2017 y 2023, además, de estar desarrollado en el contexto metropolitano (Zona Metropolitana de Toluca), nacional e internacional.

Los casos de estudio seleccionados presentan el uso de Técnicas de Evaluación Multicriterio como parte del desarrollo del método, Sistemas de Información Geográfica como herramienta tecnológica para el análisis de la información e información ráster como insumo principal. Se observa que las reglas de decisión son diferentes para cada caso de estudio ya que depende del enfoque y la experiencia del investigador la selección de esta.

Se identificó que en los tres trabajos no se muestra un método de ponderación con un sustento teórico robusto, sino que, la jerarquización y ponderación de las variables se hace principalmente con la experiencia del investigador. De acuerdo con López et al. (2022) “La ponderación se realiza por el método directo ya que el investigador asigna los pesos a los factores en función de los objetivos que pretende conseguir” (p.9).

La información geográfica utilizada en 2 de los 3 trabajos no presenta condiciones de escala que permitan un análisis a nivel local, puesto que la resolución abarca grandes extensiones de territorio incluso en zonas de estudio pequeñas. Sobre las variables, se observa que solo en 1 de los 3 trabajos se considera la zonificación preexistente, así como criterios de riesgos naturales y sociales. A continuación, se describen los casos de estudio considerados.

2.1.1. Evaluación de la aptitud del suelo para la expansión urbana

El primer trabajo se titula Evaluación de la aptitud del suelo para la expansión urbana mediante la aplicación What If y fue desarrollado por Del Fresno y Linares en el año 2017. Este se desarrolla en un contexto de optimización de la toma de decisiones sobre la planificación y el ordenamiento territorial, haciendo uso de sistemas computacionales auxiliares. El objetivo del estudio era generar dos escenarios de crecimiento urbano bajo el modelo de ciudad compacta y el modelo de ciudad dispersa en la ciudad de Tandil, Argentina.

La metodología se realizó haciendo uso de Técnicas de Evaluación Multicriterio, Sistemas de Información Geográfica (para procesamiento digital de insumos cartográficos) y un software para planificación urbana llamado *What if?* (para el análisis y representación de la aptitud).

En la tabla 1 se observan las variables utilizadas y las ponderaciones para cada escenario. En el trabajo no se consideran las dimensiones de las variables, pero se incluyeron en la tabla para efectos del análisis del caso de estudio.

Tabla 1. Variables utilizadas en el caso de estudio 1

Dimensión	Variable	Ponderación (%)	
		Ciudad compacta	Ciudad difusa
Características del territorio	Pendiente	60	100
	Altitud	80	100
Localización	Distancia al centro de la ciudad	100	50
	Distancia a calles	80	70
	Distancia a lo urbanizado	100	50
Servicios	Distancia a la red de agua	80	70
	Distancia a la red de cloacas	80	70
	Distancia a la red de gas	40	50
Planificación	Zonificación PDT	60	100

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de información de Del Fresno y Linares (2017)

Los métodos de ponderación y jerarquización no fueron incluidos en el desarrollo del trabajo, aunque se observa que el rango utilizado es de 100% para cada variable, y que la asignación de los valores cambia en función del escenario a analizar. Se observa además que se realizó un proceso de clasificación de las variables en 5 rangos en el proceso de preparación de la información y no en la etapa de análisis como suele realizarse.

Se destaca el uso del software What if? para la generación de los modelos de aptitud y los escenarios, puesto que la propuesta metodológica no fue observada en otros trabajos. La información utilizada se generó en formato ráster y vectorial, lo que permitió una mayor definición en la escala de análisis. Sobre las variables de identifica que no se consideran dimensiones de riesgo social o natural, pero se incluye la zonificación del Plan de Desarrollo Territorial.

Como parte de los resultados del trabajo se observa que el modelo de ciudad compacta presenta muy pocas regiones aptas para el desarrollo urbano, puesto que los criterios de análisis establecen distancias próximas y las ponderaciones dan mayor peso a la distancia al centro de la ciudad y las zonas urbanizadas. El escenario de ciudad difusa presenta mayores zonas aptas y moderadamente aptas para el desarrollo urbano puesto que sus criterios de distancia son más amplios y el peso de las ponderaciones recae en la pendiente, la altitud y la zonificación del PDT

2.1.2. Aptitud territorial para el crecimiento urbano sustentable

El segundo trabajo analizado lleva por título Modelo de evaluación de aptitud territorial para el crecimiento urbano sustentable en la Zona Metropolitana de Toluca y fue desarrollado por López y colaboradores en el año 2022. La investigación parte de la premisa de que la constante expansión de la ciudad ejerce presión y modifica el territorio, mayormente agrícola y de conservación, causando modificaciones en la cobertura vegetal. Esta dinámica es constante y cambia de forma continua, sin embargo, “Adolece de instrumentos y gestión integral de oferta racional con finalidad común social y ambiental” (López et al., 2022, p.2).

López et al. (2022) menciona que la aptitud territorial ha sido ampliamente usada para el estudio de los suelos y el ambiente natural, que buscan evaluar áreas rurales, a partir de la determinación del grado de idoneidad para poder hacer uso de los recursos naturales (p.2).

La propuesta metodológica es “Medir la capacidad del territorio para acoger usos urbanos y determinar zonas hacia donde deberán crecer las ciudades, con criterios de eficiencia y preservación de zonas productivas y ambientales” (López et al., 2022, p.3). Respecto al método se hizo uso de la Técnicas de Evaluación Multicriterio (TEM) de “Sumatoria Lineal Ponderada para medir la capacidad de carga de la zona de estudio y Superposición Ponderada en un Sistema de Información Geográfica para la interpretación de los factores y variables en el espacio” (López et al., 2022, p.3).

En la tabla 2 podemos observar que las variables consideradas para este trabajo se agrupan en tres dimensiones: recursos naturales, gestión del territorio e infraestructura disponible para la dotación de servicios. Estas dimensiones se despliegan en 9 variables y 27 indicadores, que consideran tanto características naturales del territorio como características físicas.

Tabla 2. Variables utilizadas en el caso de estudio 2.

Dimensión	Variable	Indicador	%
Recursos naturales	Relieve	Pendiente (%)	6%
		Planicie fluvial (%)	
		Lomerío (%)	
	Biodiversidad	Suelo para conservación natural	5%
		Espacios de riqueza cultural y natural	
Gestión del territorio	Disponibilidad y recursos del territorio	Superficie urbanizada (m2/hab)	38%
		Áreas con valor productivo	
		Superficie disponible territorial (m2/hab)	
		Superficie Total de la ZMT (km2)	
	Áreas verdes	Cobertura de áreas verdes a las afueras de la ciudad	16%
		Proporción entre áreas verdes y área urbana	
	Recursos de agua	Cuerpos de agua (m2/hab)	5%
		Longitud de ríos existentes (km)	
	Sensibilidad de riegos sicionaturales	Lugares susceptibles a inundaciones	5%
		Lugares susceptibles a deslaves	
		Equipamientos incompatibles	
		Áreas de alto impacto industrial	
	Infraestructura disponible para la dotación de servicios	Dotación de servicios básicos	Capacidad de suministrar agua (%)
Disponibilidad de drenaje			
Disponibilidad de servicio eléctrico			
Disponibilidad de servicio de recolección			
Accesibilidad a vías carreteras (%)			
Acceso al transporte público (%)			
Disponibilidad de acceso a telecomunicaciones			
Equipamiento urbano		Acceso cercano a hospitales (%)	5%
		Acceso cercano a instalaciones educativas (%)	

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de información de López et al. (2022).

La distribución de los pesos de los indicadores se ve mayormente inclinada hacia la disponibilidad de recursos del territorio (principalmente del recurso suelo) y la dotación de servicios básicos (agua, luz, recolección de basura, drenaje, transporte público, entre otros), conformando un poco más de la mitad del peso de la evaluación total.

Se consideran variables de evaluación de riesgos sociales y naturales, sin embargo, el peso que se les asigna no es significativo. De la misma forma, las variables asociadas a los recursos naturales representan apenas una décima parte del total de la evaluación. Se observa entonces que las características naturales del territorio no son un elemento primordial en la ubicación de asentamientos urbanos desde los planteamientos de este caso de estudio.

En lo que respecta a los instrumentos tecnológicos se identifica el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) e información geográfica de tipo ráster con escala 1:100,000. De acuerdo con lo descrito en el documento, la información utilizada pasó por un proceso de *remuestreo* para adaptarse a la escala seleccionada para el análisis y se utilizaron procesamientos con álgebra de mapas para la producción de las capas finales.

Los resultados de la evaluación de aptitud territorial se generaron bajo el criterio de Áreas Naturales Protegidas y el criterio de Hidrografía y pendiente topográfica. En análisis de aptitud territorial para la expansión urbana muestra que “La tendencia de crecimiento actual se encuentra al noreste y suroeste en dirección a las ANP de la ZMT, la evaluación del territorio muestra que se requiere una reorientación al noroeste y sureste” (López et al., 2022, p.15).

2.1.3. Determinación de zonas aptas para la expansión urbana

El último trabajo se titula Propuesta metodológica a partir del análisis de los procesos para determinar zonas aptas para la expansión urbana aplicados Aguilar, J. R. V., Principi, N. 2017 y Daga López, R. A. 2009, publicado en el año 2023 por Martínez y colaboradores. El trabajo parte de la idea de que el crecimiento urbano genera una “Demanda de suelo, ocupando áreas no aptas para ser habitables; en algunos casos, viviendo en condiciones precarias por la escasa infraestructura y servicios” (Martínez, 2023, p. 356). Se establece también que esta tendencia de uso del suelo se practica “Ocupando espacios con otros fines a la aptitud del lugar, deteriorando los recursos naturales y poniendo en riesgo la vida de la población” (Martínez, 2023, p. 356).

El objetivo que plantea este trabajo es “generar una propuesta metodológica para la determinación de zonas aptas para la expansión urbana, aplicando el Análisis Espacial Multicriterio a partir de la comparación de las metodologías propuestas” (Martínez, 2023, p. 357) basadas en 3 trabajos de diferentes temporalidades y autores. Los trabajos seleccionados presentan similitudes sobre la problemática planteada y las características del área de estudio. La investigación “Presenta un método inductivo, toma casos especiales y trata de encontrar tendencias generales” (Martínez, 2023, p. 358).

En la tabla 3 podemos observar las variables identificadas para el análisis de aptitud territorial para cada trabajo considerado. Dentro del análisis comparativo no se incluyeron los indicadores de cada variable, ni el peso de las variables para cada trabajo. Para la construcción de la tabla 2 se incluyó un campo de dimensión para dar una estructura más comprensible al análisis del caso de estudio, sin embargo, esta información se presenta únicamente para la investigación de Daga López, R. A. 2009 en el trabajo original.

Tabla 3. Variables utilizadas en el caso de estudio 3

Trabajo	Dimensión	Variables
Investigación de Aguilar, J. R. V.	Uso de suelo	Cobertura vegetal y uso de suelo
	Conservación	Áreas Naturales Protegidas
	Características del territorio	Geología
		Topografía
		Geomorfología
		Edafología
Pendientes		
Investigación de Principi, N. 2017	Características del territorio	Bañados (terrenos bajos y húmedos)
		Cursos de agua
	Infraestructura	Estaciones de ferrocarril
		Red vial
Uso de suelo	Uso urbano actual	
Investigación de Daga López, R. A. 2009	Factores biofísicos	Pendiente
		Ríos
		Zonas de arenamiento
	Factores socio-económicos	Agua potable
		Energía eléctrica
		Laguna de oxidación
	Factores de localización	Centros urbanos
		Vías de comunicación

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de información de Martínez et al. (2023).

Se puede observar que las variables coincidentes para las 3 investigaciones son la pendiente, los ríos, uso de suelo urbano y vías de comunicación. No se consideran dimensiones de riesgo en ninguna de las investigaciones, el enfoque sobre las

características del territorio solo se presenta en la primera investigación y la inclusión de servicios urbano solo se considera en la tercera investigación.

La metodología empleada en las tres investigaciones se basa en Técnicas de Análisis Multicriterio, aplicadas con diferentes métodos de ponderación (método de análisis jerárquico, ponderación por ranking recíproco y rank order) y diferentes reglas de decisión (sumatoria lineal ponderada, evaluación multicriterio y árbol de criterio de evaluación). El instrumento tecnológico con el que se realizaron las investigaciones fue un Sistema de Información Geográfica (ArcGIS e IDRISI Selva) y la información se manejó en formato ráster.

El caso de estudio muestra que las investigaciones consideradas no tienen coincidencias significativas respecto a las variables o los métodos de análisis (sin considerar la Técnica de Evaluación Multicriterio) a pesar de que se seleccionaron por tener características similares, lo que indica que cada análisis de aptitud territorial obedece a los objetivos del investigador y el enfoque del estudio.

Se observa además que en las tres investigaciones consideradas se omite la dimensión de riesgos (naturales y sociales) y la dimensión de equipamiento urbano, mientras que en solo una investigación se considera la dimensión de conservación. La falta de conocimiento sobre la jerarquización de las ponderaciones limita el análisis sobre el enfoque de cada una de las investigaciones, sin embargo, se puede definir que en todas se consideran los usos de suelo actuales y algunos elementos geográficos como cursos de agua y pendientes.

El caso de estudio no presenta el desarrollo de un análisis espacial de aptitud territorial o la implementación de una metodología de evaluación multicriterio, no obstante, resulta de utilidad para conocer otras investigaciones realizadas que se analizan bajo un enfoque comparativo, y que nos permite observar de manera integral las diferencias entre diversos trabajos con objetivos similares.

2.2. Marco de referencia jurídico para la aptitud territorial

El proceso de ordenación del territorio mexicano está constituido por una serie de elementos de origen jurídico, así como las guías y reglamentos que acompañan a estos instrumentos. El ámbito territorial de su aplicación está definido por tres órdenes: nacional, estatal y municipal, que en conjunto establecen los lineamientos bajo los que el territorio debe ser ordenado, considerando métodos de diagnóstico, estrategias y líneas de acción, siendo estas etapas en las que se vincula los referentes jurídicos con la aptitud como un método de análisis del territorio. En este capítulo, se realiza un acercamiento a estos elementos jurídicos en sus diversos niveles de aplicación.

2.2.1. Instrumentos normativos a nivel federal

Los instrumentos jurídicos a nivel federal que se relacionan con la aptitud territorial como instrumento para la ordenación del territorio parten de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento territorial y Desarrollo Urbano, que a su vez da paso a la generación de instrumentos como la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial y el Programa Nacional de ordenamiento territorial en donde se establecen las directrices y acciones para el ordenamiento del territorio nacional. Estos instrumentos se describen a continuación.

A) Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU)

La LGAHOTDU establece la obligatoriedad de la producción de Planes de Ordenamiento Territorial a nivel nacional, estatal y municipal. En el artículo 8 y 9 establece que la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) está facultada a nivel federal para expedir “normas oficiales mexicanas que tengan por objeto establecer lineamientos, criterios, especificaciones técnicas y procedimientos para garantizar las medidas adecuadas para el ordenamiento territorial, el Desarrollo Urbano y Desarrollo Metropolitano” (Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, 2016, artículo 9).

Es por ello que la normativa sobre la aptitud territorial a nivel nacional está encabezada por la SEDATU quien es el órgano federal encargado de diseñar y gestionar las políticas asociadas al desarrollo y ordenamiento del territorio en sus diferentes modalidades, así

como de vigilar el cumplimiento de estas políticas a nivel estatal y municipal. En este sentido, la misión de la Secretaría es:

Impulsar el desarrollo territorial sostenible e incluyente del país mediante el diseño, coordinación e implementación de políticas de ordenamiento territorial, desarrollo agrario y desarrollo urbano y de vivienda adecuada, con un enfoque transversal y articulado con el Plan Nacional de Desarrollo, a fin de contribuir a la mejora del bienestar de la población que habita o transita en el territorio nacional. (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2024a)

Si bien, no existe una normativa o instrumento político cuyo objetivo sea únicamente la definición de lineamientos asociados a la aptitud territorial, este análisis está estrechamente vinculado al ordenamiento del territorio, por lo que se encuentra presente en diversas normas, estrategias, guías y planes que emite la SEDATU, que son de obligatoriedad nacional, estatal y municipal. Cabe mencionar, que estos instrumentos cuentan con un fundamento legal dentro de la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. A continuación, se describen algunos instrumentos y su fundamento legal para los diferentes niveles de desagregación.

B) Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT)

La ENOT se define como el “instrumento rector que, bajo un enfoque sistémico, configura la dimensión espacial y territorial del desarrollo de México en un horizonte de largo plazo” (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2021b, p.5) estableciendo las bases de la política nacional sobre el Ordenamiento del Territorio. La ENOT establece 3 ejes para el cumplimiento de la estrategia, estos son:

Eje Nacional 1. Estructuración Territorial. Es la identificación, localización y articulación de los usos del suelo en el Sistema Nacional Territorial que vinculan a las redes de infraestructura con los nodos estratégicos, el equipamiento y los servicios en armonía con la preservación del ambiente.

Eje Nacional 2. Desarrollo Territorial. Es el proceso de mejoramiento del bienestar de la población en el territorio nacional, garantizando la justicia socio-espacial, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, y la mitigación y adaptación al cambio climático con el impulso de las fuerzas socio-políticas, culturales, económicas y tecnológicas.

Eje Nacional 3. Gobernanza Territorial. Se trata de la consolidación de espacios de diálogo e inclusión, coordinación y concertación entre los diversos actores de la sociedad y las autoridades de los diferentes órdenes de gobierno, con base en el Sistema General de Planeación Territorial y las normas e instrumentos para su operación en el territorio. (SEDATU, 2021b, p. 55)

Estas estrategias se acompañan de 22 metas, que se basan en las problemáticas territoriales de los estados del Sur del país y que posibilitan visualizar los retos de los próximos años para los actores involucrados en el ordenamiento del territorio a nivel nacional. Estas metas están apegadas a el cumplimiento de la agenda 2030 y se enfocan en temáticas como la producción agrícola, la dotación de equipamiento básico, equidad, gestión territorial, sostenibilidad, movilidad, protección del medio ambiente e investigación, por mencionar algunos.

Si bien, en este instrumento no se menciona de forma explícita el concepto de aptitud territorial, si plantea los cimientos para la construcción del segundo elemento que corresponde al

C) Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PNOTDU)

El PNOTDU es considerado como un instrumento de planeación que “cuenta con una visión integral y es resultado de un esfuerzo colectivo de planeación sectorial participativa” (Secretaría de Desarrollo Territorial y Urbano, 2021c, p.6) y tiene como base de análisis el territorio para determinar los usos compatibles con el territorio nacional y las zonas con potencial de crecimiento y mejoramiento urbano.

Este documento establece “la reorientación de los usos, ocupación y aprovechamiento sostenible del territorio; integra las dimensiones ambiental, social, cultural y económica; trasciende los ámbitos rural y urbano al considerar las escalas municipal, metropolitana, estatal, regional y nacional” (SEDATU, 2021c, p.6) y en su elaboración participan instituciones que representan diversos sectores asociados al territorio, por ejemplo, el : Instituto Nacional del Suelo Sustentable (INSUS), el Registro Agrario Nacional (RAN), Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). Este instrumento se basa en 6 objetivos prioritarios:

Objetivo prioritario 1. Impulsar un modelo de desarrollo territorial justo, equilibrado y sostenible, para el bienestar de la población y su entorno.

Objetivo prioritario 2 Promover un desarrollo integral en los Sistemas Urbano Rurales y en las Zonas Metropolitanas

Objetivo prioritario 3 Transitar a un modelo de desarrollo urbano orientado a ciudades sostenibles, ordenadas, equitativas, justas y económicamente viables, que reduzcan las desigualdades socioespaciales en los asentamientos humanos

El Objetivo prioritario 4 Potencializar las capacidades organizativas, productivas y de desarrollo sostenible; del sector agrario, de las poblaciones rurales y, de los pueblos y comunidades indígenas y afroamericanas en el territorio, con pertinencia cultural

Objetivo prioritario 5 Promover el hábitat integral de la población en la política de vivienda adecuada

Objetivo prioritario 6 Fortalecer la sostenibilidad y las capacidades adaptativas en el territorio y sus habitantes. (SEDATU, 2021c, pp.15-17)

En el instrumento se establecen estrategias para el cumplimiento de cada objetivo prioritario, así como acciones puntuales para cada una. Estos objetivos y acciones forman la base del ordenamiento del territorio a nivel nacional y son el precedente de los planes y acciones asociados al territorio en diferentes niveles de desagregación. En este sentido, la aptitud territorial se considera dentro de seis estrategias y siete acciones prioritarias que se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Acciones puntuales del PNOTDU asociadas a la aptitud territorial

Objetivo prioritario	Estrategia	Acción puntual
1	1.4 Impulsar la formulación, la actualización y el seguimiento de los instrumentos de planeación del ordenamiento territorial y desarrollo urbano en todas las escalas territoriales, para reorientar el desarrollo agrario, territorial y urbano con una visión integral, sistémica y equilibrada.	1.4.5 Incorporar los análisis de aptitud territorial en los programas de OT y DU
2	2.3 Impulsar la integración y complementariedad de los asentamientos urbanos y rurales en los SUR, para equilibrar el desarrollo y mejorar el bienestar de la población.	2.3.2 Apoyar el desarrollo de las economías locales y de los sistemas agroindustriales mediante un análisis de aptitud territorial , que identifique vocaciones productivas sostenibles vinculadas a programas y estrategias de desarrollo intersectorial

4	4.2 Fortalecer las acciones de ordenamiento territorial para desincentivar los asentamientos humanos irregulares, evitar la especulación del suelo y el cambio del uso del suelo en las zonas rurales	4.2.3 Priorizar la utilización de terrenos nacionales con aptitud territorial sobre el suelo agrario, en el establecimiento y crecimiento de los asentamientos humanos, para evitar la especulación inmobiliaria en la propiedad social
5	5.1 Incorporar el componente de ordenamiento territorial en los instrumentos de planeación que regulan el desarrollo inmobiliario y la producción social de la vivienda adecuada para propiciar un hábitat integral.	5.1.1 Asegurar que en los criterios de delimitación de los Polígonos de Contención Urbana, estén considerados los componentes del Ordenamiento Territorial, que permita identificar la aptitud territorial para un DU sostenible
	5.3 Vincular el ordenamiento territorial con la estrategia de producción social de la vivienda en el país para promover alternativas de vivienda sostenibles y sin riesgo	5.1.2 Asegurar que los Desarrollos Certificados incorporen el componente de aptitud territorial y gestión integral de riesgo en su concepción, para reorientar la ocupación del suelo
	5.5 Promover la habitabilidad de las periferias urbanas para recuperar la vivienda abandonada y atender la vivienda en los asentamientos irregulares con el fin de disminuir la segregación socioeconómica de las personas	5.3.2 Apoyar los procesos de reubicación de vivienda de la población afectada por fenómenos naturales y aquella asentada en zonas de riesgo, a través de análisis de aptitud territorial en las zonas urbanizables
		5.5.3 Promover alternativas de reubicación o regularización de las viviendas en los asentamientos irregulares, a través de análisis de aptitud territorial .

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de información de SEDATU (2021c, pp. 49-78)

Estas acciones puntuales, se enfocan en la implementación de los análisis de aptitud territorial en los programas y acciones, como un instrumento para determinar los mejores espacios para el desarrollo de diversas actividades y usos (como la identificación de la vocación del uso), para la prevención de desastres (como en la reubicación de vivienda) y para la mejora de instrumentos relacionados (como los Polígonos de Contención Urbana).

D) Ley de Vivienda

La ley de vivienda no presenta de forma explícita el uso del término aptitud territorial, sin embargo, incluye una serie de artículos relacionados con el ordenamiento del territorio y el aprovechamiento del suelo, que son conceptos que se relacionan con la aptitud, como se ha mostrado en los instrumentos anteriores. En el artículo seis del título segundo se mencionan doce lineamientos que debe seguir la política de vivienda para el cumplimiento de la ley, siendo el lineamiento VI el que establece que el plan deberá “Propiciar que las acciones de vivienda constituyan un factor de sustentabilidad ambiental, ordenación territorial y desarrollo urbano” (Ley de Vivienda, 2006, artículo 6).

En artículo 8 presenta en el apartado IX que el programa nacional de vivienda deberá contener “Las bases para la articulación de la Política Nacional de Vivienda con la ordenación del territorio y el desarrollo urbano” (Ley de Vivienda, 2006, artículo 8) y en el apartado X estipula que deberá contener “La definición de los programas, mecanismos e instrumentos que permitan implementar las acciones necesarias en materia de suelo” (Ley de Vivienda, 2006, artículo 8).

En este sentido, podemos identificar que la ley de vivienda presenta algunos acercamientos hacia el ordenamiento territorial enfocado en el cumplimiento de la ley, para garantizar vivienda adecuada para la población mexicana, siendo la aptitud un instrumento a través del cual se puede incentivar dicho ordenamiento, como se presenta en los programas y estrategias mencionadas en apartados anteriores.

2.2.2. Instrumentos normativos a nivel estatal

Los instrumentos normativos a nivel estatal que están relacionados con la aptitud territorial parten de la LGAHOTDU, ya que esta establece en el apartado I del artículo 10 que corresponde a las entidades federativas “Legislar en materia de asentamientos humanos, Desarrollo Urbano y ordenamiento territorial, así como para la planeación, gestión, coordinación y desarrollo de las conurbaciones y zonas metropolitanas, en sus jurisdicciones territoriales, atendiendo a las facultades concurrentes previstas en la Constitución...” (Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, 2016, artículo 10). De esta forma, se da permisividad al gobierno estatal de generar los instrumentos que consideren pertinentes para legislar sobre la administración del territorio que les compete, para el caso del Estado de México, se consideran los siguientes.

A) Programa Estatal de Desarrollo Urbano

El Programa Estatal de Desarrollo Urbano (PEDU), es un instrumento jurídico enfocado en la planificación y ordenamiento del espacio urbano a nivel estatal, en donde se plasman las directrices nacionales compatibles con la entidad que realiza el plan, se genera un diagnóstico del territorio y se plantean acciones concretas. Este tiene como objetivo principal:

Establecer políticas, estrategias y objetivos de desarrollo urbano acordes a la dinámica social y económica de los asentamientos humanos en el Estado de

México, mediante un modelo de ordenamiento territorial que identifica las vocaciones del territorio de acuerdo a sus características metropolitanas, urbanas y rurales, para generar políticas que impulsen y aseguren las condiciones necesarias para lograr ciudades más equitativas e incluyentes. (Gobierno del Estado de México, 2019, p.10)

En este plan, el concepto de aptitud territorial se integra de forma directa en el apartado de diagnóstico en la sección D, en donde se establecen una serie de análisis para definir la aptitud del territorio Estatal para la actividad Agrícola, pecuaria, forestal y de conservación, así como para el desarrollo urbano desde las condiciones físicas, las condiciones antropogénicas, condiciones naturales y la factibilidad de disponer agua del subsuelo. Ambos análisis de aptitud se expresan mediante una serie de mapas que son integrados al documento oficial.

B) Código administrativo del Estado de México

Este Código Administrativo del Estado de México es un instrumento jurídico que busca regular los aspectos relacionados con la administración estatal y establecer normas para el correcto funcionamiento del estado en relación con su población en diversos ámbitos de interés, entre los que se considera el ordenamiento territorial y el desarrollo urbano, presente en el libro quinto.

El libro quinto contiene las normas y preceptos bajo los cuales debe darse la ordenación del territorio y el desarrollo urbano en el Estado de México, algunos de los objetivos que presenta en el artículo 1 son: “Fijar las normas básicas e instrumentos para planear y regular el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano en la Entidad, con pleno respeto a los derechos humanos” (Código Administrativo del Estado de México, artículo 5.1, 2001) y “Fijar instrumentos y acciones, así como medidas de seguridad, infracciones y sanciones que permitan la aplicación del presente Libro y su reglamentación” (Código Administrativo del Estado de México, artículo 5.1, 2001).

El código establece también los principios generales de política pública bajo los que debe darse el ordenamiento y desarrollo, entre los que se encuentra el ordenamiento ecológico, la sustentabilidad ambiental, conectividad, mitigación de efectos negativos del cambio climático, uso racional del agua, accesibilidad universal, entre otros. Se establecen además las capacidades y obligaciones de los diversos actores que intervienen en el proceso de ordenación, como los gobernadores, las administraciones municipales y los consejos.

En este instrumento, no se presenta el concepto de aptitud territorial de forma específica, sin embargo, si se establece la obligatoriedad de la elaboración del Plan Estatal de Desarrollo Urbano, instrumento que considera la aptitud territorial como instrumento de análisis para la generación de información que es utilizada en diversas etapas de la construcción del plan.

C) Reglamento del libro quinto del código administrativo del Estado de México

Este reglamento es considerado como un instrumento jurídico complementario del código administrativo del Estado de México en donde se establecen los procedimientos, criterios técnicos y lineamientos específicos en relación a los procedimientos de ordenación del territorio y desarrollo urbano, para su aplicación por parte de las administraciones estatales y municipales.

En referencia a la aptitud territorial, en este reglamento se encuentra el uso del concepto de aptitud en el artículo 95 donde se establece que “Se autorizará el desarrollo de Vivienda en Zonas Urbanas Consolidadas en términos de este Reglamento, cuando la aptitud y viabilidad de los predios sea determinada en los Polígonos de Actuación o en los planes parciales correspondientes...” (Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México, artículo 95, 2020).

Por su parte, el artículo 43 presenta, entre otras cosas, el contenido con el que deberán contar los instrumentos de planeación, control y regulación para el desarrollo urbano, en donde se presenta en el inciso G los “Modelos de aptitud territorial con normas de ordenación vinculadas” (Reglamento del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México, artículo 43, 2020). Aunque el concepto de aptitud se menciona en estos artículos, no se establecen técnicas específicas para la generación de este tipo de análisis.

2.2.3. Instrumentos normativos a nivel municipal

La normativa municipal sobre ordenación del territorio se encuentra sustentada en el artículo 11 de la LGAHOTDU que dispone que corresponde a los municipios “Formular, aprobar, administrar y ejecutar los planes o programas municipales de Desarrollo Urbano, de Centros de Población y los demás que de éstos deriven, adoptando normas o criterios de congruencia, coordinación y ajuste con otros niveles superiores de planeación...” (Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, 206, artículo 11).

Para el desarrollo de los instrumentos municipales, la SEDATU es la encargada de la emisión de lineamientos y guías que establezcan los parámetros bajo los que se deben desarrollar, esto se realiza mediante la NOM 005: Contenidos generales para planes o programas municipales de ordenamiento territorial y/o desarrollo urbano. Esta norma tiene como objetivo “Plantear los contenidos generales de los programas y planes municipales de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano (PMOTDU), los cuales forman parte de los instrumentos de planeación del SGPT” (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, 2024b).

En este instrumento se incluye el análisis de aptitud territorial de forma directa dentro del apartado de Diagnóstico Territorial Integrado en la sección 5 denominada Análisis de aptitud territorial en la que se determina la aptitud para diversas actividades de ocupación del territorio y se identifican las sinergias y divergencias territoriales.

Cabe destacar que los municipios que integran la Zona Metropolitana del Valle de Toluca cuentan con un Plan Municipal de Desarrollo Urbano, sin embargo, no en todos los casos se encuentra actualizado, por lo que la información que contienen no puede ser empleada de forma confiable, ya que las transformaciones territoriales recientes no están consideradas. Se observa, el municipio de Zinacantepec es el único que presenta un plano de aptitud territorial. En la tabla 5 se presentan los municipios que disponen de este instrumento y la última fecha de actualización.

Tabla 5. Disponibilidad de PMDU en municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.

Municipio	Dispone de PMDU	Dispone de planos	Última fecha de actualización
Almoloya de Juárez	si	Diagnóstico y estrategia	2022
Calimaya	si	Diagnóstico y estrategia	2022
Chapultepec	si	Diagnóstico y estrategia	2014
Lerma	si	Diagnóstico y estrategia	2011
Metepec	si	Diagnóstico y estrategia	2018
Mexicaltzingo	si	Diagnóstico y estrategia	2023
Ocoyoacac	si	Diagnóstico y estrategia	2004
Otzolotepec	si	Diagnóstico y estrategia	2022
San Antonio La Isla	si	Diagnóstico y estrategia	2004
San Mateo Atenco	si	Diagnóstico y estrategia	2020
Rayón	si	Diagnóstico y estrategia	2011
Temoaya	si	Diagnóstico y estrategia	2015
Tenango del Valle	si	Estrategia	2011
Toluca	si	Diagnóstico y estrategia	2018
Xonacatlán	si	Diagnóstico y estrategia	2004
Zinacantepec	si	Diagnóstico y estrategia	2023

Nota: La tabla fue construida a partir de información de los PMDU disponible en el sitio web de la Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura (Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura, 2024).

Capítulo III.

Método para el análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social

El presente capítulo tiene como propósito describir las etapas bajo las que se estructuró el método propuesto en esta investigación, a fin de dar confiabilidad al análisis, así como permitir la replicabilidad o adaptación para investigaciones similares. En primer lugar, se encuentra el proceso de selección de variables y dimensiones, como una etapa que da continuidad al capítulo 1 y 2, que dan lugar a la definición de los indicadores que integran la construcción del modelo.

Posteriormente se presenta la sección de modelos preliminares de ajuste, como una evidencia de las pruebas que se realizaron previo a la definición del modelo final, con esta sección se busca ofrecer al lector un antecedente en el proceso de diseño metodológico que aporte confiabilidad al método ejecutado. Por último, se describe el proceso final de producción del modelo de análisis, así como los detalles de la generación de indicadores y ejecución de análisis estadístico.

3.1. Variables y dimensiones

En este apartado se presenta el proceso de definición del listado de variables e indicadores que serán utilizados en el análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social. Este proceso consta de tres etapas, la primera corresponde a la identificación de dimensiones y variables generales, es decir, que se encuentran presentes en los apartados del Marco Teórico y el Marco de Referencia, es decir, aquellas variables de origen teórico y referencial. En la segunda parte se desarrolla el proceso de selección de variables para el análisis de aptitud territorial, así como la definición de dimensiones. Por último, se establecen los indicadores que representaran las dimensiones y variables del análisis de aptitud territorial.

3.1.1. Identificación de dimensiones y variables generales

A partir del desarrollo de los apartados de Marco Teórico y Marco de Referencia se identificaron una serie de variables que se encuentran presentes en las diferentes teorías y trabajos de referencia. Las variables identificadas son de tipo económico, social, natural, urbanas y de riesgos. Algunas variables como el empleo, los servicios, la pendiente o los equipamientos son concurrentes en más de 2 fuentes (teóricas o referenciales).

En la tabla 6 se presentan las 66 variables identificadas, de las cuales 10 provienen del Marco Teórico y 56 del Marco de Referencia. Estas se desagregan en 19 dimensiones, algunas de ellas establecidas en los trabajos de referencia y otras definidas de acuerdo a las características de la variable, estas son: 1) características del territorio, 2) conservación, 3) empleo 4) equipamientos, 5) factores biofísicos, 6) factores de localización, 7) factores socio-económicos, 8) gestión del territorio, 9) infraestructura, 10) infraestructura disponible para la dotación de servicios, 11) localización, 12) planificación, 13) población, 14) recursos naturales, 15) servicios, 16) suelo, 17) transporte, 18) uso de suelo y 19) vivienda.

Tabla 6. Variables generales

Sección	Teoría o caso de estudio	Dimensión	Nombre de la variable	
Marco Teórico	Teoría - Nueva Geografía Económica	Empleo	(01) Centros de empleo	
		Transporte	(02) Vías de transporte	
		Población	(03) Concentración de la población	
		Suelo	(04) Costo del suelo	
	Teoría - Justicia espacial	Empleo	(05) Centros de empleo	
		Transporte	(06) Infraestructura de transporte	
		Población	(07) Concentración de la población	
		Vivienda	(08) Concentración de viviendas	
		Servicios	(09) Acceso a servicios básicos	
		Equipamientos	(10) Acceso a equipamientos	
Marco de Referencia	Caso de estudio - Fresno y Linares (2017)	Características del territorio	(11) Pendiente	
			(12) Altitud	
		Localización	(13) Distancia al centro de la ciudad	
		Localización	(14) Distancia a calles	
		Localización	(15) Distancia a lo urbanizado	
		Servicios	(16) Distancia a la red de agua	
		Servicios	(17) Distancia a la red de cloacas	
		Servicios	(18) Distancia a la red de gas	
		Planificación	(19) Zonificación PDT	
	Caso de estudio - López et al. (2020) y Martínez et al. (2023)	Recursos naturales		(20) Pendiente (%)
				(21) Planicie fluvial (%)
				(22) Lomerío (%)
				(23) Suelo para conservación natural
				(24) Áreas Naturales Protegidas (m2/hab)
				(25) Monumentos con valor histórico y cultural (m2/hab)
				(26) Superficie urbanizada (m2/hab)
		Gestión del territorio		(27) Áreas con valor productivo
				(28) Superficie disponible territorial (m2/hab)
				(29) Superficie Total de la ZMT (km2)
				(30) Cobertura de áreas verdes a las afueras de la ciudad
				(31) Proporción entre áreas verdes y área urbana
				(32) Cuerpos de agua (m2/hab)
				(33) Longitud de ríos existentes (km)

			(34) Lugares susceptibles a inundaciones
			(35) Lugares susceptibles a deslaves
			(36) Equipamientos incompatibles
			(37) Áreas de alto impacto industrial
			(38) Capacidad de suministrar agua (%)
			(39) Disponibilidad de drenaje
			(40) Disponibilidad de servicio eléctrico
			(41) Disponibilidad de servicio de recolección
			(42) Accesibilidad a vías carreteras (%)
			(43) Acceso al transporte público (%)
			(44) Disponibilidad de acceso a telecomunicaciones
			(45) Acceso cercano a hospitales (%)
			(46) Acceso cercano a instalaciones educativas (%)
			(47) Cobertura vegetal y uso de suelo
			(48) Áreas Naturales Protegidas
			(49) Geología
			(50) Topografía
			(51) Geomorfología
			(52) Edafología
			(53) Pendientes
			(54) Bañados (terrenos bajos y húmedos)
			(55) Cursos de agua
			(56) Estaciones de ferrocarril
			(57) Red vial
			(58) Uso urbano actual
			(59) Pendiente
			(60) Ríos
			(61) Zonas de arenamiento
			(62) Agua potable
			(63) Energía eléctrica
			(64) Laguna de oxidación
			(65) Centros urbanos
			(66) Vías de comunicación

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de información de Fresno y Linares (2017), Martínez et al., 2023 y López et al. (2020).

Los casos de estudio revisados para el desarrollo de esta investigación, así como las teorías, presentaron algunas variables con similitud, es decir, que referían al mismo tipo de información, por ejemplo, las variables de planicie fluvial, cuerpos de agua, longitud de ríos existentes, cursos de agua y ríos, que hacen referencia a los cuerpos de agua en sus diversas formas. Para determinar las variables que se conservaron en el análisis, se realizó un proceso de selección que se describe a continuación.

3.1.2. Selección de variables y dimensiones para el análisis

La selección de variables se hizo bajo tres criterios: (1) la duplicidad, (2) la relación y (3) la concordancia. El criterio de duplicidad se refiere a que, en aquellos casos en que la variable se repetía bajo el mismo nombre o características se conservó solo una, por ejemplo, la variable de concentración de empleo que se presenta en la Teoría de la Nueva Geografía Económica y en la Teoría de la Justicia espacial.

El criterio de relación se aplicó a las variables que representaban elementos similares, dando prioridad a las variables teóricas sobre las variables que provienen del marco de referencia, es el caso de las variables que hacen referencia a los servicios básicos, como acceso a servicios básicos, distancia a la red de agua, distancia a la red de cloacas, distancia a la red de gas, capacidad de suministrar agua (%), disponibilidad de drenaje, disponibilidad de servicio eléctrico, disponibilidad de servicio de recolección, disponibilidad de acceso a telecomunicaciones, agua potable, energía eléctrica.

El criterio de concordancia corresponde a aquellas variables que no refieren a un tipo de información asociada al análisis de aptitud, cuya influencia teórica no tiene un nivel de significancia para el análisis o que se puede expresar mediante otras variables, por ejemplo, la variable de topografía que puede expresarse mediante la variable de pendiente.

En la tabla 7 se muestran las catorce variables seleccionadas para el análisis, así como las seis dimensiones a las que pertenecen. Las dimensiones fueron reasignadas bajo un criterio de estandarización, tomando en cuenta la dimensión original de la variable y los planteamientos teóricos de las secciones a las que corresponden, con la finalidad de mantener un orden temático de las variables y de los indicadores posteriormente definidos. Cada dimensión y variable cuenta con un identificador entre paréntesis, que se compone de una letra “d” o una letra “v” y un número consecutivo de 2 dígitos.

Tabla 7. Variables seleccionadas para el análisis

Sección	Teoría o caso de estudio	Dimensión	Variable
Marco Teórico	(T) Nueva Geografía Económica	(d01) Elementos económicos	(v01) Centros de empleo
		(d02) Población	(v02) Concentración de la población
	(T) Justicia espacial	(d03) Elementos urbanos	(v03) Vías de transporte
			(v04) Concentración de viviendas
			(v05) Acceso a servicios básicos
			(v06) Acceso a equipamientos
			(v07) Proporción entre áreas verdes y área urbana
Marco de Referencia	(CE) López et al., 2020	(d04) Elementos naturales	(v08) Edafología
	(CE) Martínez et al., 2023		(d05) Uso de suelo
		(CE) López et al., 2020	(d06) Riesgos
	(v12) Lugares susceptibles a inundaciones		
	(v13) Lugares susceptibles a deslizamientos		
	(v14) Equipamientos incompatibles		

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de información de Fresno y Linares (2017), Martínez et al., 2023 y López et al. (2020).

3.1.3. Definición de Indicadores

La definición de indicadores para las variables teóricas se sustenta en lo descrito en la sección de Marco Teórico en relación al elemento conceptual de cada variable. Para las variables retomadas de los casos de estudio en el marco de referencia, los indicadores fueron definidos tomando en consideración los planteamientos originales de los trabajos consultados. Adicionalmente, en el proceso de definición, se tuvo una influencia del conocimiento empírico de manejo de información geográfica, análisis geoespacial y disponibilidad de información.

En la tabla 8 se presentan los 28 indicadores considerados para la evaluación de la aptitud territorial en la zona de estudio. La tabla se compone de cuatro columnas que expresan la relación entre los indicadores, variables, dimensiones y tipo de indicador. En la columna tipo se expresa si el indicador corresponde a un factor o a una restricción.

Los indicadores de tipo factor son aquellos que expresan características del territorio que son favorables o compatibles con el uso de suelo analizado a través del modelo de aptitud;

es decir, aquellos que aportan un valor al nivel de idoneidad. En el caso de la vivienda de interés social, este tipo de indicadores son, por ejemplo, la cercanía a centros de empleo, abastecimiento de servicios básicos, acceso a equipamientos, entre otros.

Las restricciones para López et. al. (2022) se refieren a “la delimitación de entre alternativas reales y alternativas incompatibles por motivos naturales o normativos” (p.3), es decir, corresponden a los indicadores que expresan características del territorio incompatibles (para el caso de este trabajo, con la vivienda de interés social) o zonas en donde no se puede desarrollar la aptitud, ya sea por características naturales, sociales, económicas o de riesgo.

Tabla 8. Definición de indicadores

Dimensión	Variable	Indicador	Tipo
(d01) Elementos económicos	(v01) Centros de empleo	(i01) Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano	Factor
		(i02) Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km	Factor
(d02) Población	(v02) Concentración de la población	(i03) Densidad de población por polígono	Factor
(d03) Elementos urbanos	(v03) Vías de transporte	(i04) Distancia a vías primarias	Factor
		(i05) Distancia a vías secundarias	Factor
	(v04) Concentración de viviendas	(i06) Distancia a zonas de concentración de vivienda	Factor
		(i07) Porcentaje de viviendas particulares habitadas	Factor
		(i08) Densidad de viviendas por polígono	Factor
	(v05) Acceso a servicios básicos	(i09) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio	Factor
		(i10) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje	Factor
		(i11) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad	Factor
		(i12) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono	Factor
		(i13) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet	Factor
		(i14) Distancia a equipamientos de salud	Factor
		(i15) Distancia a equipamientos educativos	Factor
		(i16) Distancia a equipamientos de abasto	Factor
		(i17) Distancia a equipamientos deportivos y recreativos	Factor

	(i18) Distancia a estaciones o comandancias de policía	Factor
	(i19) Porcentaje de superficie de áreas verdes en el polígono	Factor
	(i20) Cobertura del polígono menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol	Factor
	(i21) Presencia de usos de suelo incompatibles (cuerpos de agua, bosque y tular)	Restricción
	(i22) Presencia de Áreas Naturales Protegidas	Restricción
	(i23) Zonas con peligro de inundación alto	Restricción
	(i24) Susceptibilidad a deslizamientos de laderas	Restricción
	(i25) Distancia a gasolineras (30m)	Restricción
	(i26) Distancia a gaseras(30m)	Restricción
	(i27) Distancia a zonas industriales de riesgo (50m)	Restricción

Nota: Tabla de elaboración propia

El criterio de “disponibilidad de información” se refiere a la existencia de datos en un formato adecuado (formato geográfico o tabular con referencias geográficas), de fuentes oficiales o reconocidas por su confiabilidad (INEGI, OpenStreetMap, CENAPRED, CONAPO, etc.), actualizados y de acceso público, que permitan el cálculo y mapeo de los indicadores. Este criterio adquiere relevancia por el carácter geoestadístico del modelo de aptitud territorial, pues condiciona la viabilidad técnica de los indicadores y su integración en el análisis.

En la sección que se presenta a continuación se describe el proceso de generación de los indicadores y la construcción del modelo de factores y el modelo de restricciones territoriales.

3.2. Modelo de factores territoriales

Un modelo se define en términos generales como una “representación simplificada de la realidad” (Joly, 1988, p.111), al hablar de un modelo territorial entonces hacemos referencia a una “representación o imagen simplificada (generalmente cartográfica) del sistema territorial, que utiliza los elementos más estructurantes y más fácilmente representables de él: el medio físico, los asentamientos poblacionales y los canales de relación” (Gómez y Gómez, 2014, p.20).

Bajo esta lógica, el modelo de aptitud territorial contiene una simplificación del sistema territorial asociada al uso de suelo de vivienda de interés social. Éste, es una representación analítica de carácter estructural, es decir, que se centra en la identificación y evaluación de los componentes territoriales que condicionan la capacidad del suelo para albergar la vivienda de interés social. Además, esta desarrollado en una resolución espacial de 500m, que permite identificar patrones espaciales de aptitud y su relación con la ubicación de la vivienda construida.

El modelo de factores territoriales se construyó a partir de los indicadores de tipo factor definidos en el apartado anterior, en un proceso que incluyó la generación cartográfica de los indicadores, la construcción de la base de datos estadística, la ejecución del análisis de componentes principales, el cálculo del índice y por último el mapeo del mismo.

Para obtener la versión más confiable del modelo, se realizaron dos ejercicios principales, en los que se modificó la desagregación espacial y la expresión numérica de los indicadores mediante diferentes formas de operacionalización. Estos ejercicios tuvieron el propósito de ajustar la expresión espacial del modelo e incrementar el valor de la varianza total explicada para que el análisis sea considerado como adecuado o confiable, es decir, “cuando la suma acumulada en el segundo componente sea superior a 50% (Campos, 2009, p.201). A continuación, se describen los modelos preliminares de ajuste y el modelo final.

3.2.1. Modelos preliminares de ajuste

Los modelos preliminares de ajuste fueron construidos a partir de la información generada para los veinte indicadores de tipo factor descritos en la sección 3.1.3, utilizando información geográfica de fuentes oficiales y acceso público. Los detalles sobre las fuentes de información para cada indicador pueden consultarse en el anexo 1.

El primer modelo preliminar de ajuste (MPA) que se seleccionó se construyó con un nivel de desagregación de Área Geoestadística Básica (AGEB), tanto urbanas como rurales, para la Zona Metropolitana de Toluca. Este nivel de desagregación fue considerado también para la información básica utilizada en la construcción de los indicadores, por ejemplo, aquella proveniente del Censo de Población y Vivienda. En el anexo 3 puede consultarse a detalle el proceso de generación de los indicadores para este MPA. A continuación, se describen las características generales de la construcción de los indicadores para el primer MPA:

- Los indicadores de distancia, a excepción del i01 y el i06, fueron clasificados bajo un criterio binario (0 y 1) considerando los parámetros establecidos en las Reglas de Carácter General de Infonavit. Durante la clasificación se asignó el valor 1 a las AGEB cuyas distancias cumplieran lo establecido en el parámetro y 0 a las AGEBS que no lo cumplieran.
- Los indicadores de porcentaje, fueron construidos a partir de los resultados por AGEB del Censo de Población y Vivienda de INEGI.
- Los indicadores de densidad, fueron calculados con base en la superficie de la AGEB en Hectáreas.

El segundo MPA se construyó con un nivel de desagregación de cuadrante de 500 metros de base por 500 metros de altura. La medida del cuadrante se retomó de lo descrito en las Reglas de Carácter General de INFONAVIT del 2021 para la generación de las Zonas de Consolidación Urbana, puesto que, al ser un instrumento diseñado para la ubicación de la vivienda de interés social, es la referencia más directa que muestra una unidad espacial específica. Estos cuadrantes se denominaron “cuadrantes de análisis” y cuentan con una clave de identificación única, que se conforma por la letra C y un número consecutivo.

Se identificó que esta clase de unidades de análisis se han utilizado también en instituciones como INEGI, en instrumentos como la malla geoestadística. Esta malla se denomina como “Conjuntos de polígonos que tienen como función dividir íntegramente un área geográfica

en unidades más pequeñas, para asociar y/o agrupar información relativa al área que representa” (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023b, p.1)

Los detalles sobre la construcción de los indicadores para el segundo MPA se pueden consultar en el anexo 4. A continuación, se describen las características generales:

- Los indicadores de distancia, a excepción del i01 y el i06, fueron clasificados bajo un criterio binario (0 y 1) considerando los mismos parámetros que se utilizaron en el primer MPA.
- Los indicadores de porcentaje fueron construidos a partir de los resultados básicos a nivel de manzana del Censo de Población y Vivienda de INEGI, mediante una intersección entre las manzanas y los cuadrantes de análisis, que dio como resultado el valor equivalente de la superficie de intersección para cada uno de los datos considerados.
- Los indicadores de densidad, fueron calculados con base en la superficie del cuadrante de análisis en hectáreas.

Al igual que en el primer MPA, los resultados de cada indicador se integraron en una capa vectorial única a partir de la clave del cuadrante y se exportaron en una tabla en formato .xlsx para obtener la base de datos de insumo para el Análisis de Componentes Principales (ACP). Para las bases de datos de ambos MPA se realizó un proceso de estandarización en Z en el programa SPSS.

El Análisis de Componentes Principales se realizó en SPSS con la herramienta de *Reducción de dimensiones* de tipo *Factor* y el método de *Componentes principales*. La varianza total explicada en el tercer componente para el primer MPA (AGEBS) fue de 57.515, para el caso del segundo MPA se obtuvo un valor de 65.329. En la tabla 9 se presentan los resultados de los pesos para cada componente de ambos MPA.

Tabla 9. Peso de componentes para los modelos preliminares de ajuste

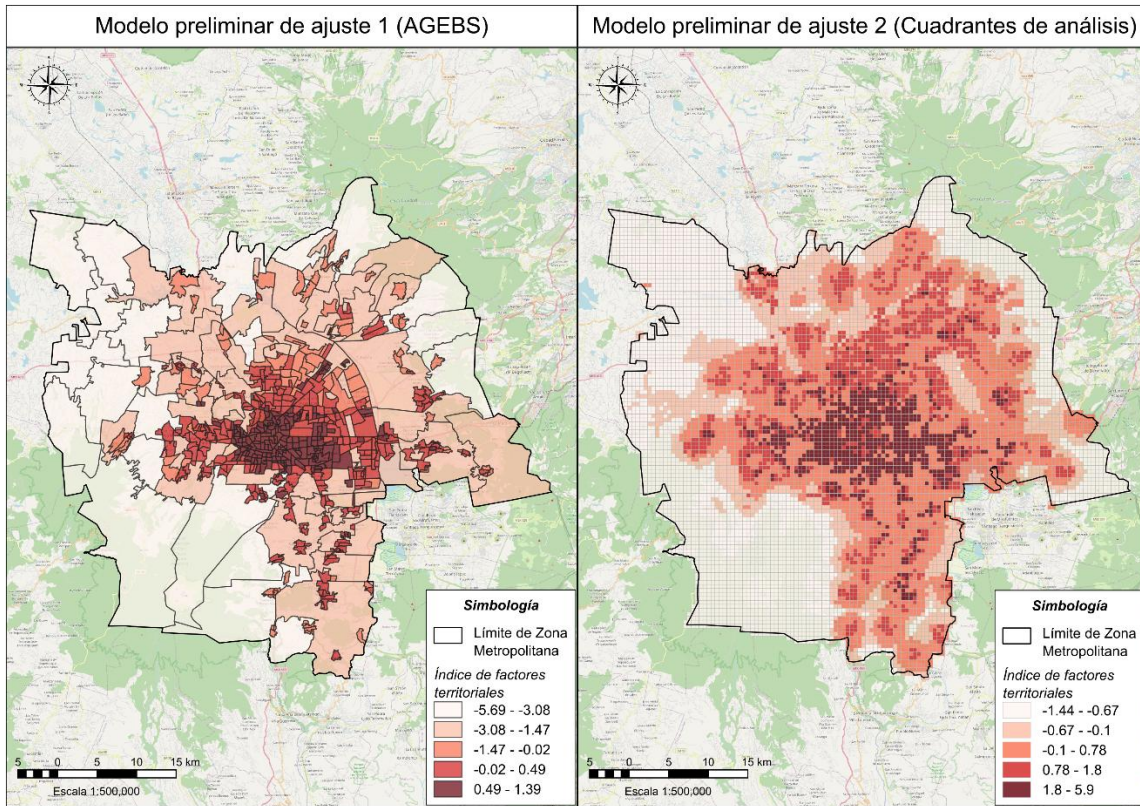
Indicador	Componente estandarizado	Peso MPA1	Peso MPA 2
(i01) Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano	Zi01diszcem	-0.093	-0.075
(i02) Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km	Zi02cuemp	0.057	0.083
(i03) Densidad de población por polígono	Zi03denpob	0.077	0.041
(i04) Distancia a vías primarias	Zi04dvprim	0.010	0.050
(i05) Distancia a vías secundarias	Zi05dvsec	0.012	0.075
(i06) Distancia a zonas de concentración de vivienda	Zi06dzcviv	-0.100	-0.080
(i07) Porcentaje de viviendas particulares habitadas	Zi07pvph	0.112	0.098
(i08) Densidad de viviendas por polígono	Zi08denviv	0.067	0.038
(i09) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio	Zi09pvagua	0.116	0.099
(i10) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje	Zi10pvdren	0.117	0.099
(i11) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad	Zi11pvelec	0.116	0.099
(i12) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono	Zi12pvstel	0.096	0.083
(i13) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet	Zi13pvint	0.106	0.091
(i14) Distancia a equipamientos de salud	Zi14dSalud	0.086	0.085
(i15) Distancia a equipamientos educativos	Zi15dEduc	0.091	0.089
(i16) Distancia a equipamientos de abasto	Zi16dAbasto	0.074	0.084
(i17) Distancia a equipamientos deportivos y recreativos	Zi17dDeprec	-0.017	0.077
(i18) Distancia a estaciones o comandancias de policía	Zi18dPoli	-0.005	0.021
(i19) Porcentaje de superficie de áreas verdes en el polígono	Zi19psav	0.025	0.025
(i20) Cobertura del polígono menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol	Zi20pcsm50	0.072	-0.059

Nota: Elaboración propia con base en el análisis de componentes principales realizado en esta investigación.

Los resultados del ACP para ambos modelos, muestran una inclinación a pesos mayores para los indicadores de acceso a servicios básicos con pesos más altos para el acceso a drenaje y agua. Después se encuentran los indicadores de acceso a equipamientos, dando mayor valor a equipamientos de salud y educación. En el segundo MPA podemos observar incremento en el indicador de cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km, distancia a equipamientos deportivos y recreativos, así como, distancia a vías primarias y secundarias, lo cual no indica una tendencia de valor que concuerda con las bases teóricas de la definición de variables.

Una vez obtenidos los pesos de los componentes, se calculó el índice de factores territoriales para la vivienda de interés social, a partir de la suma de la multiplicación del valor de cada índice por el peso del componente. Posteriormente se realizó el mapeo del índice, los resultados se muestran en la figura 3.

Figura 3. Índice de factores territoriales para los modelos preliminares de ajuste



Nota: Elaboración propia a partir de los resultados de los modelos preliminares de ajuste.

La figura nos muestra cómo se modificó la distribución del índice, no solo en los límites máximos y mínimos, sino en el comportamiento espacial, aquellas zonas que en el primer MPA se encontraban en el segundo rango del índice se redistribuyeron al segundo, tercero y cuarto rango para el segundo MPA. Podemos observar además que al centro de la ZMT se obtuvo una optimización en la distribución del índice con la modificación del nivel de desagregación.

A partir de estos ejercicios, se determinó que el nivel de desagregación que permite una mejor relación entre los indicadores, es el de cuadrantes de análisis, ya que al disminuir la superficie de desagregación podemos obtener mayor detalle en la distribución de los valores de los indicadores y el índice, además de que incremento la confiabilidad del modelo en la varianza total explicada.

Por otra parte, se determinó que los indicadores de distancia pueden mejorar su expresión espacial si se utilizan los valores de distancia cartesiana de forma natural, es decir, en metros, en lugar de los valores clasificados que se utilizaron en ambos MPA, de esta forma,

favorecemos el comportamiento natural de los datos y evitamos replicar sesgos provenientes de otros instrumentos geográficos.

En el siguiente apartado se presenta el modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social basado en factores con los ajustes mencionados, es decir, la versión final del modelo.

3.2.2. Modelo de factores territoriales para la vivienda de interés social

En esta sección se presenta el modelo de factores territoriales, que es resultado del proceso de diseño del instrumento de investigación de este trabajo, el cual, se definió a partir de las características principales de los modelos preliminares de ajuste presentados en la sección anterior, que son, el formato de expresión de los indicadores de distancia (formato decimal) y el nivel de desagregación en cuadrantes de 500m por 500m (cuadrantes de análisis).

Las características señaladas son aquellas que en el proceso de ejecución de los modelos de prueba se identificaron como elementos clave para la mejora de la expresión estadística y geoespacial de los indicadores, permitiendo con ello un incremento en el valor de la varianza total explicada del modelo y, por tanto, un valor de confiabilidad aceptable para el índice de factores territoriales para la vivienda de interés social basado en factores.

3.2.2.1. Generación de indicadores de factores

En este apartado se describe el proceso de generación de los indicadores del modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social sobre los cuadrantes de análisis (500m x 500m), así como las fórmulas de cálculo y las nomenclaturas de los campos. Las fuentes de información para la producción de indicadores se describen en el anexo 1.

(i01) Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano

De generó una cuadrícula vectorial de 100m x 100m generada a partir del perímetro de la Zona Metropolitana de Toluca, el criterio de generación del tamaño de la cuadrícula se determinó considerando lo descrito en el anexo 1 de las Reglas de Carácter General (RCG) de INFONAVIT en donde se establecen los valores de “densidad de empleos por hectárea requerida de acuerdo con la población de la localidad” (INFONAVIT, 2021, p. 21). Al

establecer la superficie de 1 hectárea como unidad territorial del valor de densidad, esta se tradujo a un cuadrante con 100 metros de base por 100 metros de altura, dando como resultado un área del cuadrante igual a una hectárea.

Posteriormente se elaboraron las **Zonas de Concentración de Empleo (ZCE)**, ejecutando un proceso de cuenta de puntos en polígonos sobre la cuadrícula de 100m x 100m, para determinar la cantidad de unidades económicas dentro de cada cuadrante. Después, se clasificaron los cuadrantes con >20 unidades económicas como una ZCE, cuyo criterio proviene del anexo 1 de las RCG de INFONAVIT (2021), que corresponde al valor empleo más alto para localidades de más de 2 millones de habitantes, tomando como premisa que cada unidad económica es igual a un empleo. Por último, se calculó la distancia cartesiana desde el centroide del cuadrante de análisis a la zona de concentración de vivienda más cercana, los resultados se almacenaron en el campo **i01diszcm**.

(i02) Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km

El primer paso fue extraer del DENUÉ la media de clase del personal ocupado (*per_ocu*), con la cual se estimó el número de empleos en cada unidad económica. Después se generó un buffer de 5km para cada uno de los cuadrantes de análisis y se ejecutó el proceso de conteo de puntos en polígonos con las unidades económicas y los buffers, utilizando como campo de peso la media de clase del personal ocupado, de esta forma se pudo estimar la cantidad de empleos en un radio de 5km. Para finalizar se generó una unión de los resultados del conteo con los cuadrantes de análisis utilizando la clave del cuadrante. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i02cuemp**.

(i03) Densidad de población por polígono

Primero, se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de población total. El segundo paso fue generar una intersección entre las manzanas y los cuadrantes de análisis, con el fin de calcular la superficie intersectada en metros. El paso tres fue calcular el valor equivalente de la superficie de intersección para población total, a partir de la siguiente fórmula:

$$veSupIn = \frac{\text{superficie de la manzana que intersecta al cuadrante (en metros)} * \text{valor del campo en la manzana}}{\text{área de la manzana (en metros)}}$$

Una vez obtenido el valor equivalente de la superficie intersectada, se calculó el valor del indicador a partir de un cálculo básico de densidad, con la fórmula:

$$\text{densidad de población} = \frac{\text{población total}}{\text{superficie del cuadrante de análisis en Ha}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i03denpob**.

(i04) Distancia a vías primarias

Se extrajeron de la red vial, las vías primarias, es decir, aquellas vías cuyo tipo corresponde a: carretera, boulevard, avenida, circuito, calzada, periférico, circunvalación o eje vial. Una vez generada la capa de vías primarias, se calculó la distancia cartesiana del centroide de cada cuadrante de análisis a la vía primaria más cercana. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i04dvprim**.

(i05) Distancia a vías secundarias

De la red vial se extrajeron las vías secundarias, es decir aquellas cuyo tipo de vía corresponde a: calle, callejón, privada, prolongación y cerrada. Una vez generada la capa de vías secundarias, se procedió al cálculo de la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y la vía secundaria más cercana. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i05dvsec**.

(i06) Distancia a zonas de concentración de vivienda

Se generó una cuadrícula vectorial de 100m x 100m generada a partir del perímetro de la Zona Metropolitana de Toluca, cuyo criterio de generación se describe en el indicador i01. Con la información de viviendas totales se produjo una capa de puntos dentro del polígono de cada manzana, utilizando la herramienta de creación de puntos en polígonos con una distancia mínima de 1m y VIVTOT como campo de peso.

El segundo paso fue ejecutar el proceso de conteo de puntos en polígonos con la capa de cuadrantes y la capa de viviendas puntuales. Una vez generada la capa de cuadrantes con el conteo de viviendas, se realizó la clasificación de los cuadrantes que contenían más de 21 viviendas (>21) como una *Zona de Concentración de Vivienda (ZCV)*. La cantidad de viviendas que generan una zona de concentración se determinó a partir de lo descrito en el anexo 2 de las RCG DE Infonavit, que corresponde a la cantidad de viviendas de las localidades de 2 millones de habitantes o más. Por último, se calculó la distancia cartesiana desde el centroide del cuadrante de análisis a la zona de concentración de vivienda más cercana, los resultados se almacenaron en el campo **i06dzcviv**.

(i07) Porcentaje de viviendas particulares habitadas

El primer paso fue extraer la capa de manzanas de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y agregarle la información de viviendas particulares habitadas y viviendas totales. Después, se replicaron los pasos dos y tres del indicador i03 con la información de viviendas totales y viviendas particulares habitadas.

Una vez obtenido el valor equivalente de la superficie intersectada, se calculó el valor del indicador por cuadrante de análisis utilizando el cálculo básico de porcentaje a partir de la fórmula: $pvph = \frac{\text{total de viviendas particulares habitadas} * 100}{\text{viviendas totales}}$. Los resultados se almacenaron en el campo **i07pvph**.

(i08) Densidad de viviendas por polígono

El primer paso fue generar la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de viviendas totales. Posteriormente se aplicaron los pasos dos y tres del indicador i03, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis, el cálculo de superficie de intersección y el valor equivalente de viviendas totales. Por último, se calculó el valor del indicador con un cálculo básico de densidad, a partir de la fórmula:

$$\text{densidad de viviendas} = \frac{\text{viviendas totales}}{\text{superficie del cuadrante de análisis en Ha}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i08denviv**.

(i09) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio

Se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de agua dentro de la vivienda. Después, se replicaron los pasos dos y tres del indicador i03, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el valor equivalente de los datos considerados.

Por último, se calculó el valor del indicador con un cálculo básico de porcentaje, a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con agua} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con agua} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i09pvagua**.

(i10) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje

Se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de drenaje. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i03 para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el valor equivalente de los datos considerados. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de un cálculo básico de porcentaje con la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con drenaje} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con drenaje} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i10pvdren**.

(i11) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad

Primero, se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de electricidad. Después, se replicaron los pasos dos y tres del indicador i03, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de valores equivalentes para los datos considerados. Por último, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con electricidad} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con electricidad} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i11pvelec**.

(i12) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono

Se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de teléfono. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i03, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el valor equivalente de los datos considerados. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con teléfono} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con teléfono} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i12pvitel**.

(i13) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet

A partir de los insumos se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de internet. A continuación, se replicaron los pasos dos y tres del indicador i03, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de los valores equivalentes de los datos seleccionados. Por último, se utilizó un cálculo básico de porcentaje para calcular el valor del indicador a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con internet} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con internet} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

Los resultados se almacenaron en el campo **i13pvint**.

(i14) Distancia a equipamientos de salud

Se extrajeron del DENUE los establecimientos (del sector público y privado) cuya actividad corresponde a: clínicas de consultorios médicos, consultorios de medicina especializada, consultorios de medicina general, hospitales de otras especialidades y hospitales generales. Después se calculó de distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento de salud más cercano. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i14dSalud**.

(i15) Distancia a equipamientos educativos

El primer paso fue extraer del DENUE aquellos establecimientos (del sector público y privado) cuya actividad corresponde a: escuelas de educación preescolar, escuelas de educación primaria, escuelas de educación secundaria general, escuelas de educación secundaria técnica, escuelas de educación media superior, escuelas de educación media terminal y escuelas que combinan diversos niveles de educación. En el segundo paso se calculó la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento educativo más cercano. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i15dEduc**.

(i16) Distancia a equipamientos de abasto

Se extrajeron del DENUÉ aquellos establecimientos cuya actividad corresponde a: comercio al por menor de carnes rojas, comercio al por menor de carne de aves, comercio al por menor de semillas y granos alimenticios, especias y chiles secos, comercio al por menor de frutas y verduras frescas, comercio al por menor de leche, otros productos lácteos y embutidos, comercio al por menor en minisúper, comercio al por menor en supermercados, comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas y farmacias con minisúper. Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento de abasto más cercano. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **16dAbasto**.

(i17) Distancia a equipamientos deportivos y recreativos

Como primer paso, se extrajeron de la capa de servicios de información los puntos cuyo tipo se refería a: instalaciones deportivas y recreativas y edificaciones culturales. El segundo paso fue calcular la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento deportivo y recreativo. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **17dDeprec**.

(i18) Distancia a estaciones o comandancias de policía

Se generó la limpieza de la capa de servicios de información para extraer aquellos puntos cuyo tipo se refería a central de policía. El segundo paso fue calcular la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y la central de policía más cercano. Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i18dPoli**.

(i19) Porcentaje de superficie de áreas verdes en el polígono

Primero, se generó la limpieza de la información de los servicios de información de área, seleccionado aquellos polígonos cuyo tipo correspondía a áreas verdes. En el segundo paso, se aplicó un proceso de intersección entre las áreas verdes y los cuadrantes de análisis, posteriormente se calculó la superficie de intersección en hectáreas. El tercer paso fue calcular el porcentaje de superficie utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de superficie de AV} = \frac{\text{Superficie intersectada del AV} * 100}{25}$$

Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i19psav**.

(i20) Cobertura del polígono menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol

Se extrajeron del conjunto de datos vectoriales edafológicos los polígonos cuyo tipo de suelo correspondía a: andosol, cambisol o vertisol. Después se generó el recorte de la información con el límite de la Zona Metropolitana de Toluca para generar la capa de suelos. Posteriormente se generó un análisis de intersección entre la capa de suelos y los cuadrantes de análisis, y se calculó la superficie de intersección en hectáreas. A continuación, se calculó el porcentaje de cobertura de suelo de tipo andosol, cambisol o vertisol dentro del cuadrante, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

Porcentaje de cobertura de suelo

$$= \frac{\text{Superficie de suelo de tipo andosol, cambisol o vertisol en Ha} * 100}{25}$$

Por último, se clasificaron los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0), asignado 1 a aquellos cuadrantes cuya superficie de los suelos antes descritos era menor a 50% (<50) y asignando 0 a los cuadrantes cuya superficie era mayor a 50 (>50). Los resultados de este indicador se almacenaron en el campo **i20pcsm50**.

3.2.2.2. Base de datos de factores

Los indicadores descritos en el apartado anterior se generaron con un nivel de desagregación de cuadrantes de análisis (500m x 500m), y se integraron en una capa vectorial única a partir de un proceso de unión por campo llave con la clave única del cuadrante. Posteriormente se exportó la tabla de atributos de la capa en formato .xlsx, con esto se obtuvo la base de datos de insumo para el Análisis de Componentes Principales (ACP). Una vez obtenida la base de datos, los indicadores se estandarizaron en Z en el programa SPSS y los campos estandarizados se almacenaron con la nomenclatura original con el prefijo Z. En la tabla 10 se muestra la estructura de la base de datos.

Tabla 10. Estructura de la base de datos del modelo de aptitud territorial basado en factores

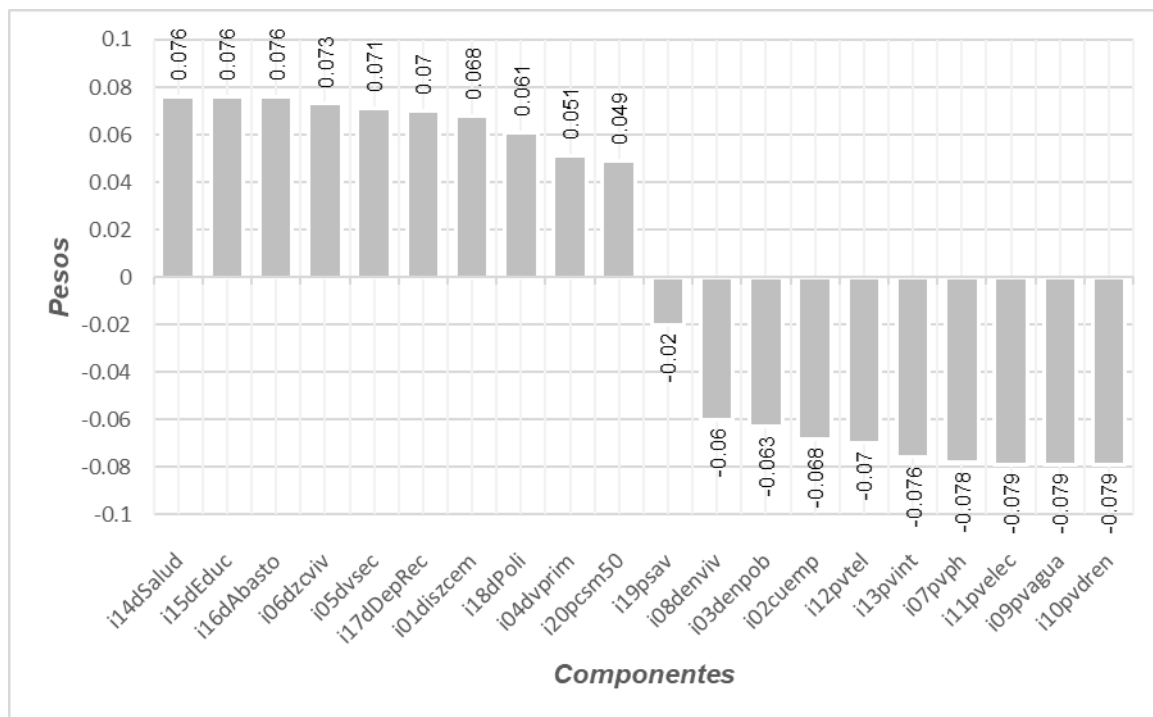
Campo original	Componente estandarizado	Tipo	Descripción
Id_cuad	-	-	Clave de identificación única del cuadrante
i01diszcem	Zi01diszcem	Decimal	Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano
i02cuemp	Zi02cuemp	Decimal	Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km
i03denpob	Zi03denpob	Decimal	Densidad de población por cuadrante
i04dvprim	Zi04dvprim	Decimal	Distancia a la vía primaria más cercana
i05dvsec	Zi05dvsec	Decimal	Distancia a vía secundaria más cercana
i06dzcviv	Zi06dzcviv	Decimal	Distancia a la zona de concentración de vivienda más cercana
i07pvph	Zi07pvph	Decimal	Porcentaje de viviendas particulares habitadas en el cuadrante
i08denviv	Zi08denviv	Decimal	Densidad de viviendas por cuadrante
i09pvagua	Zi09pvagua	Decimal	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio en el cuadrante
i10pvdren	Zi10pvdren	Decimal	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje en el cuadrante
i11pvelec	Zi11pvelec	Decimal	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad en el cuadrante
i12pvitel	Zi12pvitel	Decimal	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono en el cuadrante
i13pvint	Zi13pvint	Decimal	Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet en el cuadrante
i14dSalud	Zi14dSalud	Decimal	Distancia al equipamiento de salud más cercano
i15dEduc	Zi15dEduc	Decimal	Distancia al equipamiento educativo más cercano
i16dAbasto	Zi16dAbasto	Decimal	Distancia al equipamiento de abasto más cercano
i17dDeprec	Zi17dDeprec	Decimal	Distancia al equipamiento deportivo y recreativo más cercano más cercano
i18dPoli	Zi18dPoli	Decimal	Distancia al equipamiento de estación de policía más cercano
i19psav	Zi19psav	Decimal	Porcentaje de superficie de áreas verdes en el cuadrante
i20pcsm50	Zi20pcsm50	Decimal	Cobertura del cuadrante menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol

Nota: Elaboración propia

3.2.2.3. Análisis de Componentes Principales de factores

En Análisis de Componentes Principales (ACP) se realizó en el programa SPSS con la herramienta de *Reducción de dimensiones* de tipo *Factor* y el *método de extracción de factores de Componentes Principales*. Al ingresar los veinte indicadores estandarizados al análisis se obtuvo una varianza total explicada acumulada de 69.02% en el segundo componente, que de acuerdo con Campos (2010) es un valor adecuado para que los indicadores puedan sintetizarse en el modelo analítico. En la figura 4, se muestran los resultados de la Matriz de coeficiente de puntuación de componente ordenados de forma descendente

Figura 4. Peso de componentes del modelo de factores territoriales



Nota: Elaboración propia a partir de los datos del análisis de componentes principales para el modelo de factores territoriales de esta investigación.

En análisis de componentes principales del modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social se puede observar que los pesos de valor positivo más alto se encuentran en las variables que representan equipamientos urbanos de salud, educación y abasto (0.076 cada uno), seguidos de la distancia a zonas de concentración de vivienda (0.073) y la distancia a vías secundarias (0.071). El indicador que presenta un valor positivo menor es

la cobertura de suelos de uso potencial para agricultura menor al 50% que presenta un valor de 0.049.

Respecto a los indicadores que presentan valores negativos, podemos observar que los pesos más altos se encuentran en los indicadores de cobertura de servicios de electricidad, agua y drenaje en las viviendas (-0.079 cada uno), seguidos de el indicador de porcentaje de viviendas particulares habitadas (-0.078) y los indicadores de cobertura de otros servicios como internet y teléfono (-0.076 y -0.070).

3.2.2.4. Índice de factores territoriales para la vivienda de interés social

Con los pesos obtenidos en el ACP del apartado anterior se calculó el índice de factores territoriales para la vivienda de interés social, mediante la suma de los valores de cada indicador estandarizado multiplicado por su respectivo valor de ponderación. La sumatoria fue multiplicada por -1 y se almacenó en el campo *iaptvis* de tipo decimal. El índice se mapeo en los cuadrantes de análisis haciendo uso de la herramienta de unión de tablas por campo llave con la clave de cuadrante.

Los resultados del índice mapeado fueron clasificados con el método de estratificación de Dalenius and Hodges, que de acuerdo con Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2023) “asegura que la varianza sea la mínima al interior de cada estrato y máxima entre cada uno de ellos, es decir, permite contar con estratos lo más homogéneos posibles” (p.8), para conformar cinco categorías de aptitud, de acuerdo a lo mostrado en la tabla --.

Tabla 11. Clasificación del índice de factores territoriales

Estratos	Límite mínimo	Límite máximo	Grado de aptitud
Estrato 1	-2.45837857089090	-1.36615332833641	Muy bajo
Estrato 2	-1.36615332833641	-0.63800316663342	Bajo
Estrato 3	-0.63800316663342	0.09014699506957	Medio
Estrato 4	0.09014699506957	1.18237223762405	Alto
Estrato 5	1.18237223762405	3.00274764188152	Muy alto

Nota: La tabla es de elaboración propia a partir de los datos de límites inferiores y superiores para los rangos de cada categoría de clasificación del índice de factores territoriales.

3.2.3. Modelo de restricciones territoriales para la vivienda de interés social

En el apartado 3.1.3 se presentaron 27 indicadores de los cuales 7 se clasificaron como indicadores de tipo restricción, es decir, aquellos que representan condiciones no compatibles con la aptitud para la vivienda de interés social, a partir de los cuales se construyó el índice que se presenta en esta sección.

Los indicadores de tipo restricción fueron analizados de manera independiente a los indicadores de tipo factores, esto con el objetivo de generar un modelo que albergue las limitaciones normativas y teóricas de la ocupación del territorio para la vivienda de interés social, que posteriormente pueda relacionarse con los factores sin necesidad de alterar su dinámica estadística dentro de la producción del modelo. A continuación, se describe el proceso de generación de los indicadores de restricción, la construcción de la base de datos, el análisis de componentes principales y la construcción del índice.

3.2.3.1. Generación de indicadores de restricciones

Los indicadores de restricción se desarrollaron a partir de información geográfica oficial de acceso público, utilizando el Software QGIS en su versión 3.34.6. Las fuentes de datos y los productos utilizados pueden ser consultados a detalle en el anexo 2. Los indicadores fueron construidos sobre la base de los cuadrantes de análisis de 500m x 500m descritos en el modelo anterior, bajo un criterio binario (0 y 1). Enseguida se describen los procesos de generación de cada indicador.

(i21) Presencia de usos de suelo incompatibles

Se extrajo de la capa de usos de suelo para la Zona Metropolitana de Toluca, los polígonos cuyo tipo correspondía a cuerpos de agua, bosque y tular, para generar la capa de usos de suelo incompatibles. Después se realizó una selección por localización con el predicado geométrico de intersección para los cuadrantes de análisis y la capa de usos de suelo incompatibles. Bajo un criterio de clasificación binario, se asignó el valor 0 a los cuadrantes intersectados y el valor 1 a los cuadrantes no intersectados. Los resultados del indicador se almacenaron en el campo **i21usosin**.

(i22) Presencia de Áreas Naturales Protegidas

Se realizó el corte de la capa de Áreas Naturales Protegidas (ANP) para la Zona Metropolitana de Toluca. A continuación, se ejecutó una selección por localización con el

predicado geométrico de intersección para los cuadrantes de análisis y la capa de ANP. Bajo un criterio de clasificación binario se asignó el valor 0 a los cuadrantes que intersectaban y el valor 1 a los que no. Los resultados se almacenaron en el campo **i22anp**.

(i23) Zonas con peligro de inundación

Se extrajeron los polígonos que representaban un peligro de inundación muy alto y alto, posteriormente, se realizó una selección por localización con el predicado geométrico de intersección para la capa de cuadrantes y la capa de peligro de inundación. Bajo un criterio de clasificación binario, se asignó el valor 0 a los cuadrantes que intersectaban con una zona de inundación alta y muy alta, y el valor 1 a los cuadrantes que no intersectaban. Los resultados del indicador se almacenaron en el campo **i23zpinal**.

(i24) Susceptibilidad a deslizamientos de laderas

Se seleccionaron los polígonos cuyo valor de susceptibilidad de deslizamiento de laderas es alto y muy alto, y se exportó el resultado en la capa de susceptibilidad. Después se realizó un proceso de selección por localización con el predicado geométrico de intersección para la capa de cuadrantes y la capa de susceptibilidad. Bajo un criterio de clasificación binario se asignó el valor 0 a los cuadrantes intersectados y el valor 1 a lo no intersectados. Los resultados del indicador se almacenaron en el campo **i24susclad**.

(i25) Distancia a gasolineras (30m)

Se generó un buffer de 30 metros a partir de los puntos de gasolineras, y se almacenó la capa como la zona de amortiguamiento de gasolineras. Posteriormente se realizó una selección por localización con el predicado geométrico de intersección de los cuadrantes de análisis y la capa de zonas de amortiguamiento de gasolineras. Se utilizó un criterio binario para la asignación de valor del indicador, otorgando el valor 0 a los cuadrantes que intersectaron y el valor 1 a los que no. Los resultados se almacenaron en el campo **i25dgaso**.

(i26) Distancia a gaseras (30m)

Se generó un buffer de 30 metros a partir de los puntos de gaseras y se almacenó la capa como la zona de amortiguamiento de gaseras. Una vez obtenida la capa, se realizó una selección por localización con el predicado geométrico de intersección de los cuadrantes de análisis y la capa de zonas de amortiguamiento de gaseras. Utilizando un criterio de

clasificación binario se asignó el valor 0 a los cuadrantes que intersectaron y el valor 1 a los que no. Los resultados se almacenaron en el campo **i26dgase**.

(i27) Distancia a zonas industriales de riesgo (50m)

Se generó un buffer de 50 metros alrededor del perímetro de las zonas industriales de la Zona Metropolitana de Toluca, y se generó la capa de zonas de amortiguamiento de zonas industriales. Después se realizó una selección por localización con el predicado geométrico de intersección para los cuadrantes de análisis y las zonas de amortiguamiento correspondientes. Se utilizó un criterio binario de clasificación para asignar el valor 0 a las zonas intersectadas y el valor 1 a las no intersectadas. Los resultados del indicador se almacenaron en el campo **i27pzindi**.

3.2.3.2. Base de datos de indicadores de restricciones

Una vez generados los siete indicadores de restricción se integraron en una capa de cuadrantes a partir de una unión por campo llave con la clave de cuadrante. Después se exportó la tabla de atributos en formato .xlsx para integrar la base de datos de restricciones. Los indicadores fueron estandarizados en Z en el programa SPSS. En la tabla 12 se presenta la estructura de la base de datos de restricciones.

Tabla 12. Estructura de la base de datos de restricciones

Campo original	Componente estandarizado	Tipo	Descripción
i21usosin	Zi21usosin	Decimal	Presencia de usos de suelo incompatibles
i22anp	Zi22anp	Decimal	Presencia de Áreas Naturales Protegidas
i23zpinal	Zi23zpinal	Decimal	Zonas con presencia de peligro de inundación muy alto y alto
i24susclad	Zi24susclad	Decimal	Zonas con presencia de susceptibilidad de deslizamiento de laderas alto y muy alto
i25dgaso	Zi25dgaso	Decimal	Cuadrantes que intersectan con la zona de amortiguamiento de gasolineras
i26dgase	Zi26dgase	Decimal	Cuadrantes que intersectan con la zona de amortiguamiento de gaseras
i27pzindi	Zi27pzindi	Decimal	Cuadrantes que intersectan con la zona de amortiguamiento de zonas industriales

Nota: Elaboración propia

3.2.3.3. Análisis de componentes principales para indicadores de restricciones

En Análisis de Componentes Principales (ACP) se realizó en el programa SPSS, utilizando la herramienta de *Reducción de dimensiones* de tipo *Factor*, con el método de *Componentes Principales*. Se obtuvo una varianza total explicada acumulada de 43.45% en el segundo componente, valor inferior al umbral adecuado que señala Campos (2010). No obstante, dado que el modelo tiene un carácter estructural, se consideró que este valor resulta eficiente para presentar la lógica territorial de las restricciones analizadas. En la tabla 13, se muestran los resultados de la Matriz de coeficiente de puntuación de componente ordenados de forma descendente.

Tabla 13. Peso de componentes del modelo de restricciones territoriales

Componente	Peso
Zi23zpinal	0.385
Zi27pzindu	0.219
Zi25dgaso	0.162
Zi26dgase	0.112
Zi24susclad	-0.049
Zi21usosin	-0.352
Zi22anp	-0.442

Nota: Elaboración propia a partir de los datos del análisis de componentes principales para el modelo de restricciones territoriales de esta investigación.

Se puede observar que los valores se encuentran en un rango bajo en el espectro positivo y un rango medio negativo. El componente con el peso más alto es el indicador de zonas con presencia de peligro de inundación alto y muy alto, seguido del indicador de presencia de zonas con susceptibilidad de deslizamiento de laderas alto y muy alto, esto nos indica que los valores positivos están orientados a la dimensión de riesgos. Por otro lado, en los valores negativos más altos encontramos indicadores sobre usos de suelo incompatibles y presencia de Áreas Naturales protegidas, lo que nos indica una orientación hacia los elementos normativos y la dimensión de uso de suelo.

3.1.1.1. Índice de restricción territorial para la vivienda de interés social

Los resultados obtenidos en el Análisis de componentes principales sobre el peso de cada componente, es el insumo principal para el cálculo del índice de restricción territorial para la vivienda de interés social, que se realizó mediante la suma de los valores de cada indicador de restricción estandarizado multiplicado por su respectivo valor de ponderación y se almacenó en el campo **irestr**.

Una vez obtenido el valor índice se realizó el mapeo del mismo en los cuadrantes de análisis haciendo uso de la unión de tablas por campo llave con la clave del cuadrante, para posteriormente generar una clasificación de los valores del índice con el método de Dalenius and Hodge para la generación de cinco grados o categorías de aptitud, tal como se muestra en la tabla 14.

Tabla 14. Clasificación del índice de restricción territorial

Estratos	Límite mínimo	Límite máximo	Grado de restricción
Estrato1	-3.66989094054089	-1.25850676249863	Muy baja
Estrato2	-1.25850676249862	-0.56953985448655	Baja
Estrato3	-0.56953985448654	0.11942705352552	Media
Estrato4	0.11942705352553	0.46391050753156	Alta
Estrato5	0.46391050753157	1.49736086954967	Muy alta

Nota: La tabla es de elaboración propia a partir de los datos de límites inferiores y superiores para los rangos de cada categoría de clasificación del índice de restricciones territoriales.

Capitulo IV.

Resultados de la aptitud territorial para la vivienda de interés social

El objetivo de este capítulo es presentar los resultados de la investigación, para ello, en la primera sección se describen los resultados sobre el desarrollo del modelo bajo una perspectiva técnica (estadística y espacial), a fin de evaluar de manera general el desempeño del análisis técnico aplicado y los elementos que pueden optimizarse metodológicamente.

En la segunda sección, los resultados se enfocan en el caso de estudio y el objeto de estudio, es decir, en la Zona Metropolitana de Toluca y la aptitud territorial de los conjuntos urbanos de vivienda de interés social. En esta sección se comienza por la caracterización de la zona de estudio con el objetivo mostrar las condiciones sociales y naturales que nos den un contexto espacial del área que se analizó, seguido de un análisis para los conjuntos de vivienda agrupados en términos del valor de aptitud obtenido en el análisis.

4.1. Modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social

En el capítulo anterior se presentó el proceso de diseño y aplicación del modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social. En este apartado se exponen sus resultados desde una perspectiva metodológica y técnica, mediante un recorrido por los productos del análisis de componentes principales (ACP), y su expresión en el territorio a través de las interacciones entre los indicadores que dieron lugar a la construcción del índice de aptitud territorial y al índice de restricción.

Retomando la figura 4, donde se presentan los pesos de los indicadores de tipo factor que conformaron el ACP para el índice de aptitud territorial, se observa una distribución de los valores positivos más altos en los indicadores de distancia a equipamientos de salud, educación y abasto, que podrían ser considerados como equipamientos urbanos básicos, cuyo valor ponderado fue de 0.076 para los tres casos.

Estos resultados nos permiten observar que los indicadores que conforman la variable (v06) acceso a equipamientos, son las que presentan mayor peso en el ACP, lo que presenta concordancia con modelos institucionales previos, como los Perímetros de Contención Urbana y las Zonas de Consolidación Urbana, cuya metodología integra como un elemento sustancial a los equipamientos básicos.

Los valores ponderados medios positivos se encuentran presentes en los indicadores de distancia a zonas de concentración de vivienda, distancia a vías secundarias, distancia a

equipamientos deportivos y recreativos, y distancia a zonas de concentración de empleo, cuyos valores ponderados fueron de 0.076, 0.071, 0.070 y 0.068 respectivamente. Los indicadores de distancia a zonas de concentración de empleo y vivienda, así como la distancia a vías secundarias forman parte de los planteamientos teóricos de la Nueva Geografía Económica (NGE).

Al respecto podemos resaltar, que, aunque la NGE establece la concentración de vivienda, el acceso a fuentes de empleo y el acceso a vías de transporte son elementos determinantes de la dinámica económica del territorio (bajo el enfoque industrial), Los resultados obtenidos muestran que dichos elementos no coinciden totalmente al aplicarlos a un modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social, esto se debe a que su influencia dentro del modelo puede considerarse como moderada. En este sentido, se observa que la interacción estadística de los indicadores señalados en el párrafo anterior, no reproduce de forma estricta los supuestos de concentración territorial planteados en la NGE.

Los valores ponderados bajos positivos se presentan en los indicadores de distancia a equipamientos de estación de policías, distancia a vías primarias y porcentajes de suelo con potencial agrícola menor al 50%. Estos indicadores presentan valores de 0.061, 0.063 y 0.049 respectivamente. Esta distribución nos permite identificar que en la dinámica de la aptitud territorial de la vivienda de interés social el acceso a equipamientos de seguridad no es un indicador que limite la existencia de la misma, por otro lado, se puede observar una tendencia de movilidad regional baja, ya que las vías primarias no resultan como uno de los elementos primordiales para la existencia de la vivienda de la tipología antes mencionada.

Respecto a los valores ponderados negativos, el indicador de porcentaje de áreas verdes en el cuadrante presenta un valor de -0.02, lo que podría señalar que la existencia de estos elementos no incentiva el desarrollo de la tipología de vivienda en la que se enfoca este trabajo y que no es un elemento que caracterice los entornos de la vivienda ya existente en la zona.

Los valores ponderados negativos de rango medio corresponden a los indicadores de densidad de viviendas, densidad de población y cantidad de empleos, que presentan valores de -0.060, -0.063 y -0.068 respectivamente. Estos tres indicadores provienen de los planteamientos teóricos de la NGE, y los valores medios que los caracterizan podrían estar asociados con el paradigma teórico que establece que una vez que el mercado de vivienda

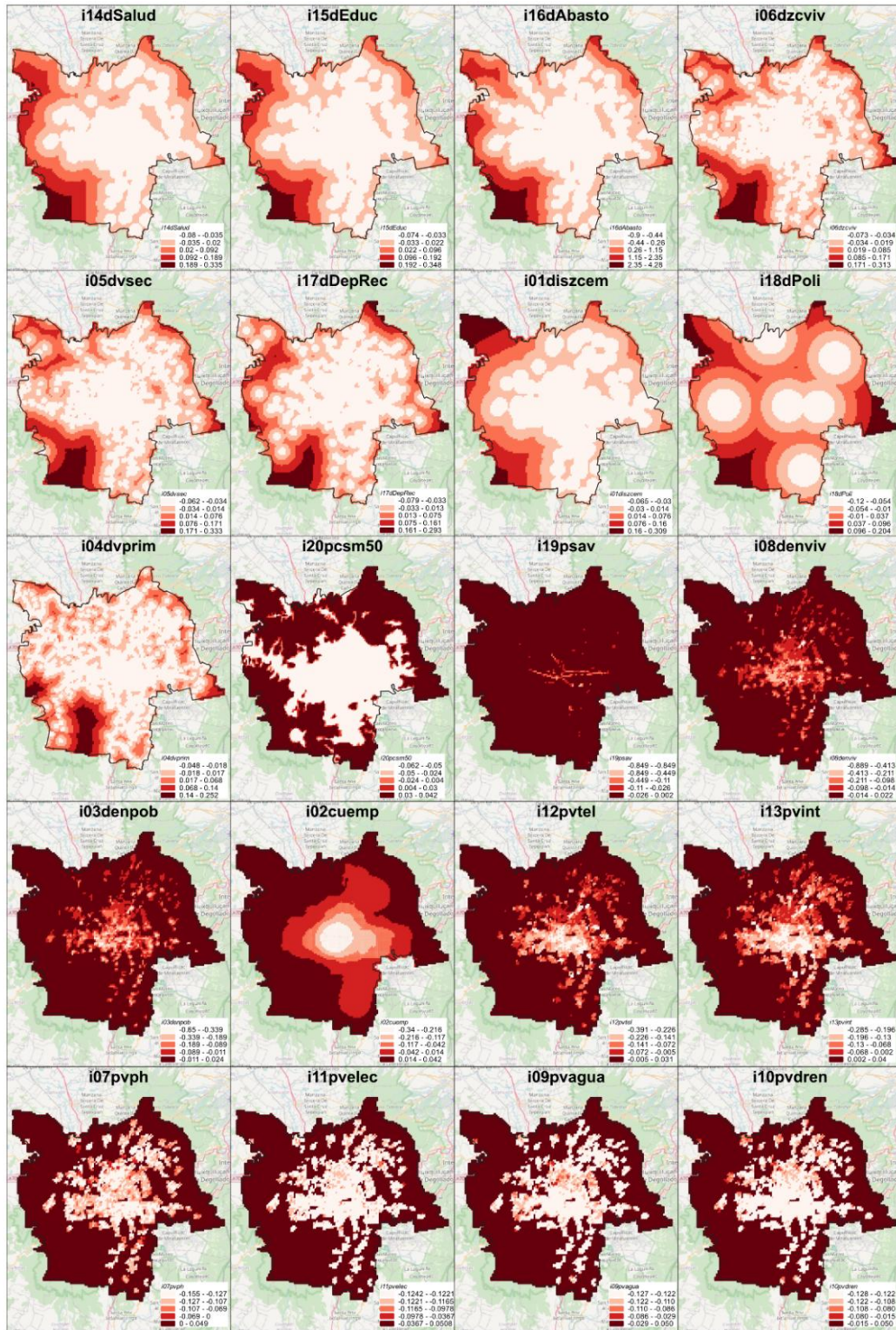
y empleo de una zona ha excedido su capacidad, puede darse una tendencia de movimiento por parte de personas y empresas en busca de nuevos mercados o centros urbanos.

Por último, los valores ponderados altos negativos se concentran en las variables de porcentaje de viviendas con servicios de teléfono, internet, electricidad, agua y drenaje, así como el porcentaje de viviendas particulares habitadas en el cuadrante. Estos indicadores presentan valores que oscilan entre -0.070 y -0.079. Estas variables provienen de la teoría de la Justicia Espacial, y al presentar los valores altos negativos, pueden ser muestra del cumplimiento del paradigma teórico que describe que aquellas zonas con mayor concentración de características urbanas (o consolidación urbana) presentan mejores condiciones de acceso a servicios básicos.

En la relación de los indicadores descritos dentro del ACP, se puede resaltar que los pesos de mayor valor positivo y negativo representan una relación inversamente proporcional, es decir, que las áreas con mayor concentración de equipamientos urbanos y acceso a vías locales no son aquellas que tienen mayores concentraciones de vivienda, situación que evidencia un problema de distribución de dichos equipamientos respecto a las condiciones de concentración de la población en las viviendas.

A continuación, se muestra la representación espacial de los indicadores utilizados para el índice de factores territoriales y el índice de restricciones territoriales. Esta se generó a partir del valor estandarizado del indicador multiplicado por el peso ponderado obtenido en el ACP. En la figura 4 se muestran los indicadores que integraron el índice de factores territoriales, que pueden consultarse a detalle en el anexo 4.

Figura 4. Expresión territorial de los indicadores ponderados de tipo factor.



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados del análisis de componentes principales para los indicadores del índice de factores territoriales.

Al generar el mapeo de los indicadores se observó que el análisis de componentes principales tiende a favorecer los valores altos de los indicadores, que para el caso presentado se basan en valores de distancia. Bajo esta lógica del análisis estadístico empleado se asignaban mejores condiciones del índice de factores territoriales a las zonas más alejadas de los puntos de concentración de los indicadores, lo que implicaba una orientación del modelo hacia la expansión territorial, resultado no concordante con los planteamientos teóricos y conceptuales que se presentaron en el capítulo I.

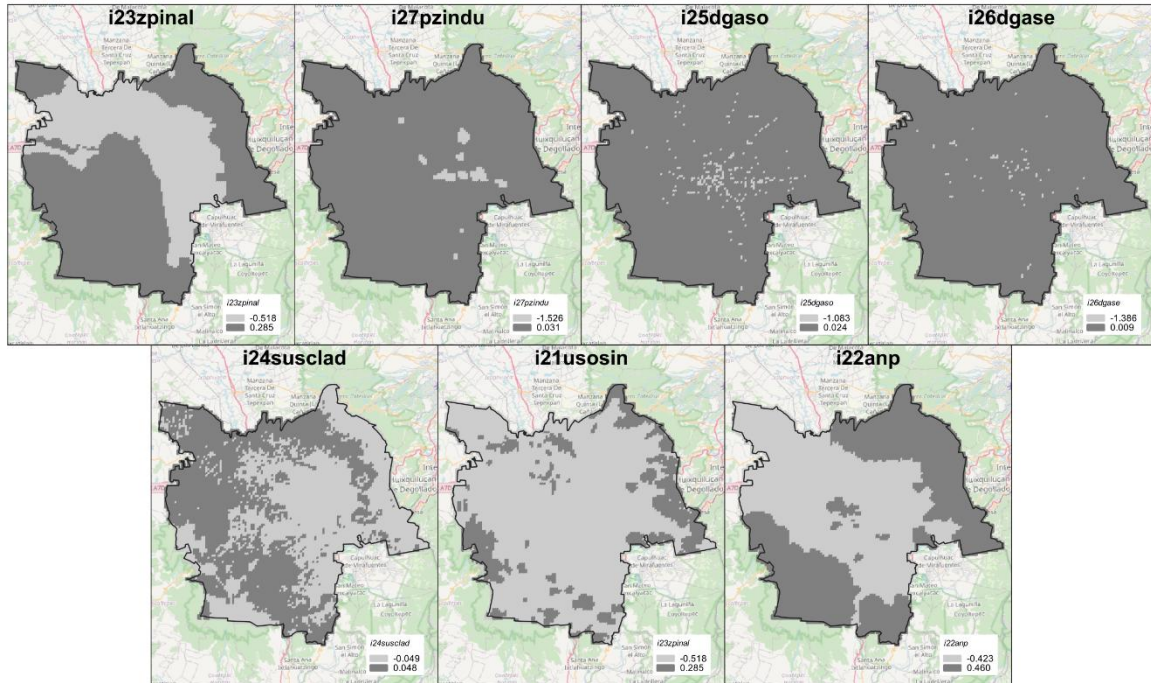
Con el fin de alinear el comportamiento del índice con el marco conceptual de consolidación y con el acercamiento teórico de la NGE y la Justicia espacial hacia las tendencias espaciales concentración, se invirtió la orientación del modelo al multiplicarlo por -1. Este ajuste permitió que se asignaran valores altos del índice a zonas próximas a los espacios de concentración de los indicadores, favoreciendo una distribución espacial compacta.

Respecto los indicadores que se consideraron para la construcción del índice de restricción, los pesos positivos van de 0.112 a 0.385 y se vinculan con el 80% de los indicadores de la dimensión de riesgos, que incluye el peligro a inundaciones alto, la distancia a zonas industriales mayor a 50m y la distancia a gaseras y gasolineras mayor a 30m. Por su parte, los pesos negativos se asocian a los indicadores de susceptibilidad de deslizamiento de laderas, usos incompatibles y presencia de Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Es importante resaltar que los pesos negativos presentan valores más altos en el límite superior que los pesos positivos. Esta distribución de valores refleja que las zonas donde existe algún Área Natural Protegida presentan una mayor restricción para la vivienda de interés social que aquellas con usos incompatibles o susceptibilidad a deslizamiento de laderas. Por lo que se puede señalar una afinidad en los resultados del ACP de restricciones con la normativa asociada a las zonas donde se permite construir vivienda de interés social y se muestran la concordancia del modelo con las políticas asociadas a la limitación de construcción en zonas de protegidas.

El comportamiento territorial de los indicadores de restricción se presenta en la figura 5 y pueden consultarse a detalle en el anexo 5, donde se observa que los indicadores estandarizados multiplicados por el peso del ACP sigue el comportamiento de las variables originales debido a que estas se expresaron en formato binario, por lo que las restricciones solo presentan dos valores por indicador, incluso en su versión ponderada.

Figura 5. Expresión territorial de los indicadores ponderados de tipo restricción

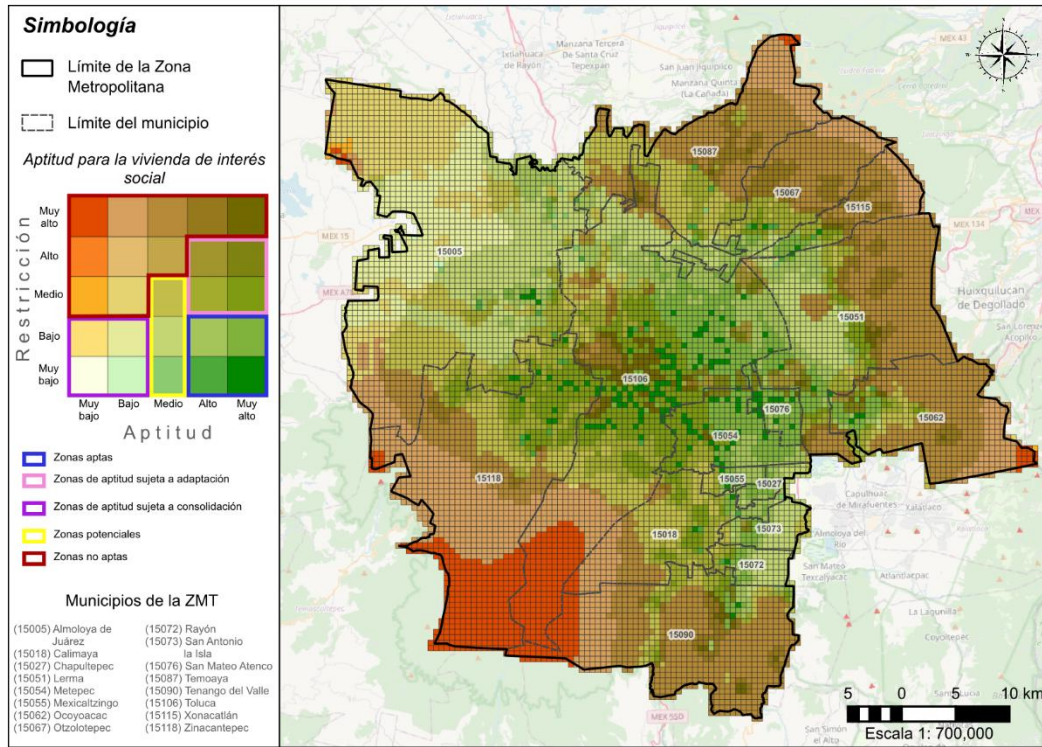


Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados del análisis de componentes principales para los indicadores del índice de factores territoriales.

En esta representación de indicadores, podemos observar nuevamente la tendencia de favorecimiento a los valores más altos de los indicadores, pero, al tratarse de un índice de restricciones territoriales que incluye elementos de riesgo, limitaciones normativas y equipamientos incompatibles, esta tendencia favorece la construcción del modelo. Esto se debe a que los valores altos de los indicadores expresan distancias alejadas de los elementos restrictivos para el desarrollo de la actividad, lo que implica una menor exposición y por lo tanto, condiciones favorables.

En la figura 6 se presentan los resultados categorizados de los índices generados en esta investigación, representados con un mapa coroplético bivariado, en donde el eje horizontal de la malla de color representa los grados de aptitud y el eje vertical representa los grados de restricción, generando una gama de colores que expresa las combinaciones de valores de los índices que se generan en la zona de estudio, configurando así el valor de aptitud del territorio.

Figura 6. Aptitud territorial para la vivienda de interés social.



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

En la simbología del mapa se encuentran además de la gama de colores de las combinaciones de los índices, una serie de recuadros que nos permiten agrupar estas combinaciones. En color azul se encuentran señaladas las zonas aptas, es decir, aquellos cuadrantes en los que el grado de aptitud es muy alto o alto y las restricciones son muy bajas o bajas.

Los recuadros rosas señalan aquellas zonas de aptitud sujeta a adaptación, que se refiere a los recuadros que presentan un grado de aptitud muy alto o alto y un grado de restricción medio o bajo, por lo que se tienen las condiciones de entorno y consolidación urbana, pero son necesarias estrategias que permitan la adaptación de la vivienda a las condiciones que están generando el grado de restricción.

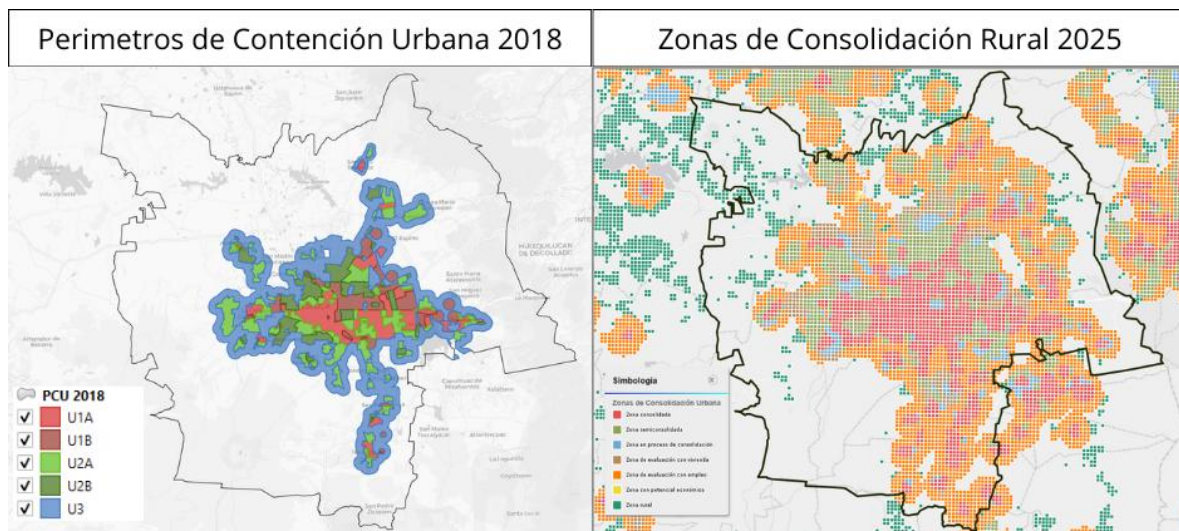
El recuadro azul señala aquellas zonas de aptitud sujetas a consolidación, lo que significa que los recuadros presentan grados de restricción muy baja o baja, pero los valores de aptitud no son los adecuados, por lo que la zona tiene un potencial de incrementación del grado de aptitud a partir de estrategias que incentiven la consolidación de la condición urbana existente.

El polígono amarillo representa las zonas con potencial, es decir, aquellos recuadros que presentan valores medios de aptitud y valores muy bajos a medios de restricción, por lo que son espacios donde las condiciones de entorno urbano no son las mejores pero la restricción presenta grados que son compatibles con la vivienda. Son espacios que requieren intervenciones en el entorno urbano y algunas estrategias de ubicación.

Por último, en color vino se enmarcan las zonas no aptas, que corresponden a los recuadros con grado de restricción muy alto o alto y que presentan grados de aptitud muy alta, alta o media, siendo zonas en donde no se recomienda el desarrollo de vivienda. O bien, recuadros con grado medio de restricción y grado muy bajo o bajo de aptitud, siendo zonas en donde las condiciones naturales y antropogénicas no son aptas para la vivienda de interés social.

Al generar una comparación del modelo presentado con otros instrumentos como los Perímetros de Contención Urbana (PCU) y las Zonas Consolidación Urbana (ZCU), se observa una diferencia de distribución de las zonas aptas para la construcción de vivienda y de la cobertura espacial de los modelos. Estos instrumentos en su última versión, se muestran en la figura 7.

Figura 7. Perímetros de Contención Urbana 2018 y Zonas Consolidación Urbana 2025



Nota: Los PCU fueron retomados de Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda (s.f) y mapeados por cuenta propia. La imagen de las ZCU proviene del visor ZCU de Infonavit (s.f).

Metodológicamente, existe dos diferencias sustanciales entre el modelo presentado en este trabajo y los instrumentos mencionados. La primera es que en modelo de aptitud territorial para la vivienda de interés social se utilizó el análisis de componentes principales para la ponderación de indicadores y construcción del índice, mientras que los PCU y ZCU se utilizan criterios de pre selección para la construcción del algoritmo de análisis, es decir, que la influencia de cada variable dentro del modelo se define a partir de la valoración experta.

En segundo lugar, tenemos la cobertura espacial. En los instrumentos mencionados la cobertura del análisis se define en función de las localidades urbanas del Sistema Urbano Nacional, lo que reduce la cobertura de los modelos de manera general. Mientras que, el modelo de aptitud presentado tiene una cobertura total de la superficie de la ZMT.

Estas diferencias, dan lugar a que las Zonas aptas en el modelo de aptitud en comparación con los PCU y los ZCU tengan una distribución diferente, especialmente hacia la zona norte y sur del de la ZMT.

4.2. Caso de estudio

4.2.1. Caracterización de la zona de estudio

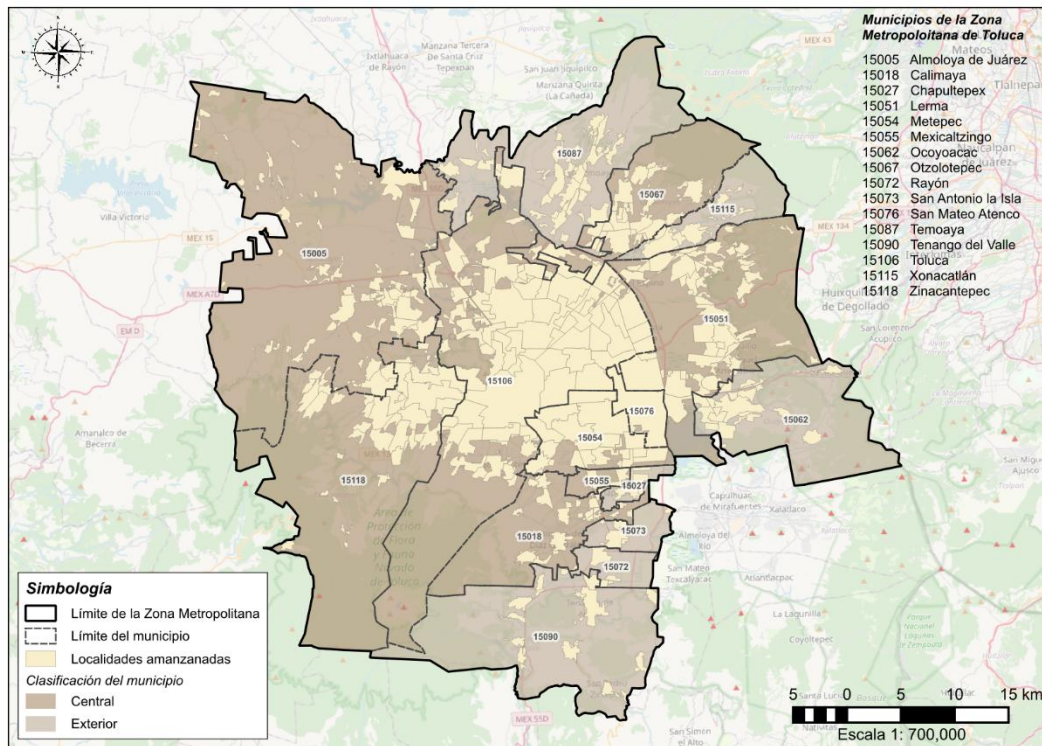
En esta sección se presentan las características de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca bajo un enfoque que permita entender la temática de la presente investigación. Para ello se realizaron una serie de mapas temáticos sobre los municipios que integran la zona de estudio, así como características del territorio y la población que lo habita. Los mapas se realizaron utilizando como insumo información de acceso público de fuentes oficiales y algunos procesamientos de la información (para los mapas de elementos económicos).

La caracterización no solo proporciona una visión descriptiva de la zona de estudio, sino que nos permite obtener un panorama inicial de la interrelación entre los elementos naturales, económicos y sociales, destacando cómo estos factores se distribuyen y configuran en los municipios considerados en la investigación. Este análisis facilita la identificación de patrones espaciales, desigualdades territoriales y las dinámicas de interacción que influyen en la definición de la aptitud territorial para la vivienda de interés social.

4.2.1.1. Zona Metropolitana de Toluca

La Zona Metropolitana de Toluca (ZMT), también denominada Zona Metropolitana del Valle de Toluca, se consolidó con el Decreto número 159 de la H. "LIX" Legislatura del Estado de México, publicado en el Periódico Oficial "Gaceta del Gobierno" del 25 de noviembre del 2016, donde se aprobó la declaratoria de Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), integrada por los municipios de *Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Antonio La Isla, San Mateo Atenco, Rayón, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec*, para la coordinación de los planes, programas y acciones, de éstos entre sí o del Estado y sus municipios, con planes federales o de entidades federativas colindantes. En la figura 8 puede observarse la distribución de los municipios de la ZMT, así como su clasificación.

Figura 8. Municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Nota: Mapa elaborado a partir de la capa de municipios del Marco Geoestadístico Nacional (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2023a).

De acuerdo con el Sistema Estatal de Información Urbana, Metropolitana y Vivienda (2024) la ZMVT cuenta con una superficie territorial de 2,410.5 km² y “forma parte de las cinco zonas metropolitanas más pobladas” (SEDATU. 2023, p.87). La definición de este territorio como zona metropolitana se dio a partir del criterio de conurbación física (1a) integrada por nueve municipios centrales, seis municipios exteriores por integración funcional y un municipio exterior por política urbana. Su proceso de metropolización comenzó en los años 60’s como resultado del corredor industrial Toluca – Lerma., en los años 80’s se convirtió en una metrópoli semidiversificada y en los años 90’s se consolidó en el sector terciario.

Venancio (2016) establece que el crecimiento de la ZMVT se caracteriza por cuatro procesos:

- 1) la ocupación con usos urbanos a lo largo de las vialidades e infraestructuras importantes
- 2) el crecimiento de los asentamientos humanos, particularmente en las cabeceras municipales con bajas densidades de población
- 3) la construcción de conjuntos urbanos de vivienda y asentamientos irregulares y
- 4) por la construcción hormiga de todo tipo de edificaciones e instalaciones en todo el entorno de la zona metropolitana (p. 116).

Actualmente cuenta con una población de 2, 202, 886 habitantes (13.1% de la población total del Estado de México), presenta una tasa de crecimiento anual del 1.9% y una densidad media urbana de 64.4 habitantes por hectárea. El 61% de la población total se concentra en los municipios de Toluca, Metepec y Zinacantepec. (SEIM, 2024).

4.2.1.2. Uso de suelo y Áreas Naturales Protegidas

La ZMVT presenta nueve tipos de uso de suelo, estos son, Agricultura, asentamientos humanos, bosque, cuerpos de agua, zonas desprovistas de vegetación, pastizal, pradera, tular y vegetación secundaria (Figura 10). Los usos predominantes son la agricultura con una superficie de 148,2016.5 hectáreas (ha), seguido de los asentamientos humanos con una superficie de 24,816 Ha, en ambos casos se trata de usos de suelo que involucran actividades antropogénicas que modifican el territorio.

Los usos de suelo que no involucran de manera directa actividades antropogénicas son en orden descendente, el bosque con 23,367.7 Ha, la vegetación secundaria con 22,581.1 Ha, los pastizales con 17,273.1 Ha, los cuerpos de agua con 2,097.7 Ha, la pradera con 1,249.7 Ha, el tular con 1,129 Ha y por último las zonas desprovistas de vegetación con 752.2 Ha.

En la figura 10 se muestra que los cuerpos de agua superficiales ocupan una superficie reducida en comparación con el resto de los usos. Al suroeste de la ZMVT en la zona del Nevado de Toluca podemos observar la presencia de una zona desprovista de vegetación. Respecto a la distribución de las zonas con vegetación secundaria y bosques, estos se encuentran al suroeste y al noroeste de forma más significativa.

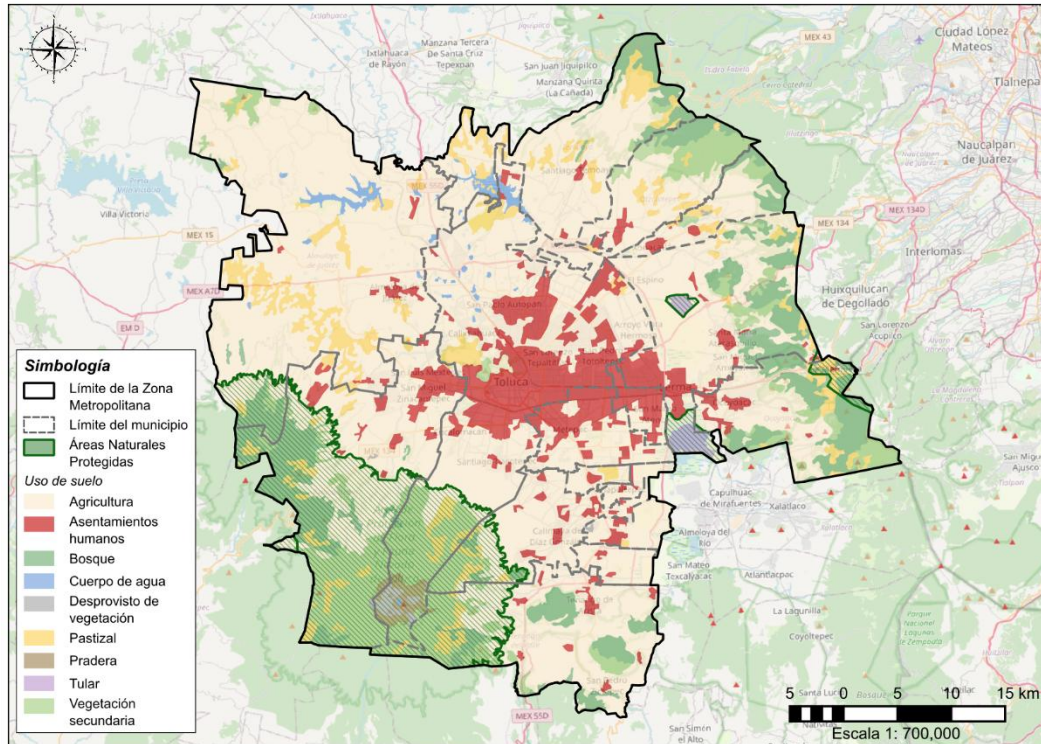
La zona roja indica la ubicación de los asentamientos humanos, donde se aprecia una concentración predominante hacia el centro de la ZMVT, principalmente en los municipios de Toluca, Metepec, Lerma y San Mateo Atenco. Para el resto de los municipios se presenta un comportamiento de dispersión de los asentamientos humanos. Se puede identificar también una tendencia de crecimiento hacia la zona centro este, en dirección a los municipios de Lerma y Ocoyoacac.

Respecto a las Áreas Naturales Protegidas, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2024) las define como zonas en las que “los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas, quedarán sujetas al régimen previsto en esta Ley y los demás ordenamientos aplicables”. En la figura 9 se muestran las Áreas Naturales Protegidas que tienen presencia en la ZMVT. así como la superficie de las ANP que tienen interacción directa.

El anexo 1 contiene la tabla de distribución de superficie de interacción de ANP y municipios, en este se muestra que el ANP de las Ciénegas de Lerma, tienen una superficie de interacción de 1,772.08 Ha distribuida en los municipios de Chapultepec, Lerma, Metepec y Ocoyoacac. El ANP Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla tiene una superficie de interacción de 1,051.71 Ha distribuida en los municipios de Lerma y Ocoyoacac. La Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo interactúa con el municipio de Zinacantepec con una superficie de 233.541 Ha. El ANP que tiene una mayor superficie de interacción con la ZMVT es el Nevado de Toluca con una superficie de interacción de 38,236.15 Ha que

interactúa con 5 municipios: Almoloya de Juárez, Calimaya, Tenango del Valle, Toluca y Zinacantepec.

Figura 9. Uso de suelo de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca



Nota: El mapa fue elaborado a partir de la Serie VII de uso de suelo y vegetación (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017) e información de Áreas Naturales Protegidas (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2024).

4.2.1.3. Peligro por inundación

Las inundaciones se definen como un evento generado por “precipitación, oleaje, marea de tormenta, o falla de alguna estructura hidráulica provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del...generando invasión o penetración de agua en sitios donde usualmente no la hay” (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2021, p.5).

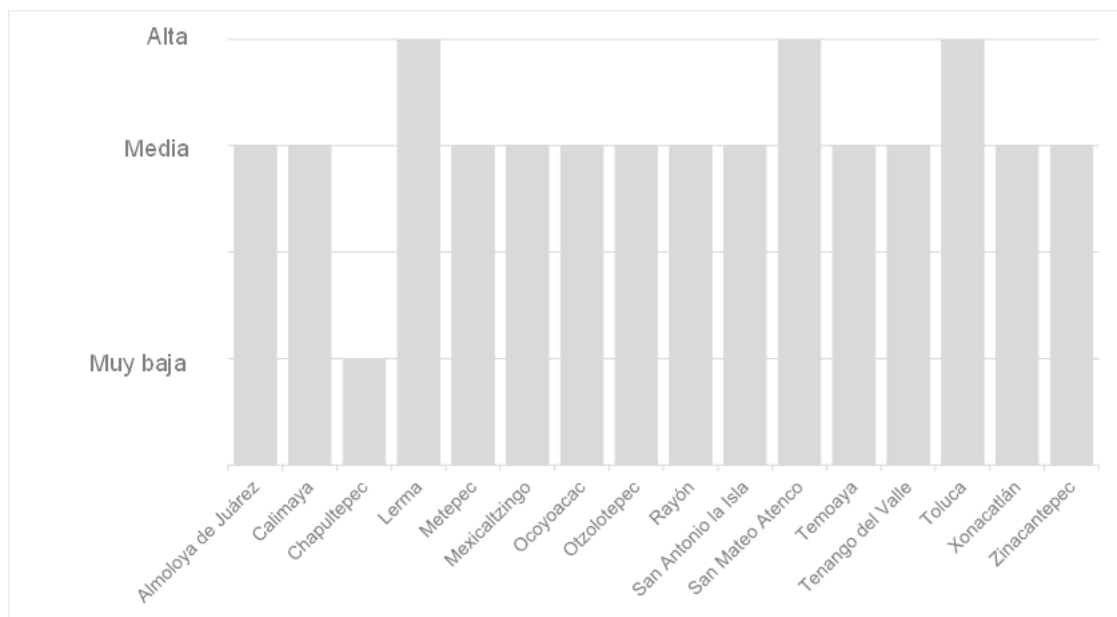
El peligro por inundación representa la “Inundabilidad para un periodo de retorno de 5 años y la división de 2 457 municipios, en función del porcentaje de área inundable dentro de cada municipio” (Montreal y Zúñiga, 2021, p.4), los resultados se dividen por cuantiles estadísticos. El periodo de retorno de inundaciones se refiere al “Tiempo que, en promedio,

debe transcurrir para que se presente un evento igual o mayor a una cierta magnitud” (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2021, p.9).

En la figura 10 se muestran los municipios por peligro de inundación, alta, media y muy baja. Para los municipios de Toluca, Lerma y San Mateo Atenco se presentan valores altos del índice del peligro de inundación. Lo que implica que las zonas tienen mayor probabilidad de tener inundaciones en un periodo de retorno de 5 años en un mayor porcentaje de la superficie municipal. Estas zonas también corresponden a los espacios con mayor concentración de asentamientos humanos.

En la zona de estudio se identifican 12 municipios que presentan un índice de peligro de inundación Medio, estos municipios se encuentran posicionados en la periferia de los municipios centrales, en zonas con menor presencia de asentamientos humanos. Por otra parte, el municipio de Chapultepec presente un peligro por inundación bajo.

Figura 10. Índice de Peligro por Inundación

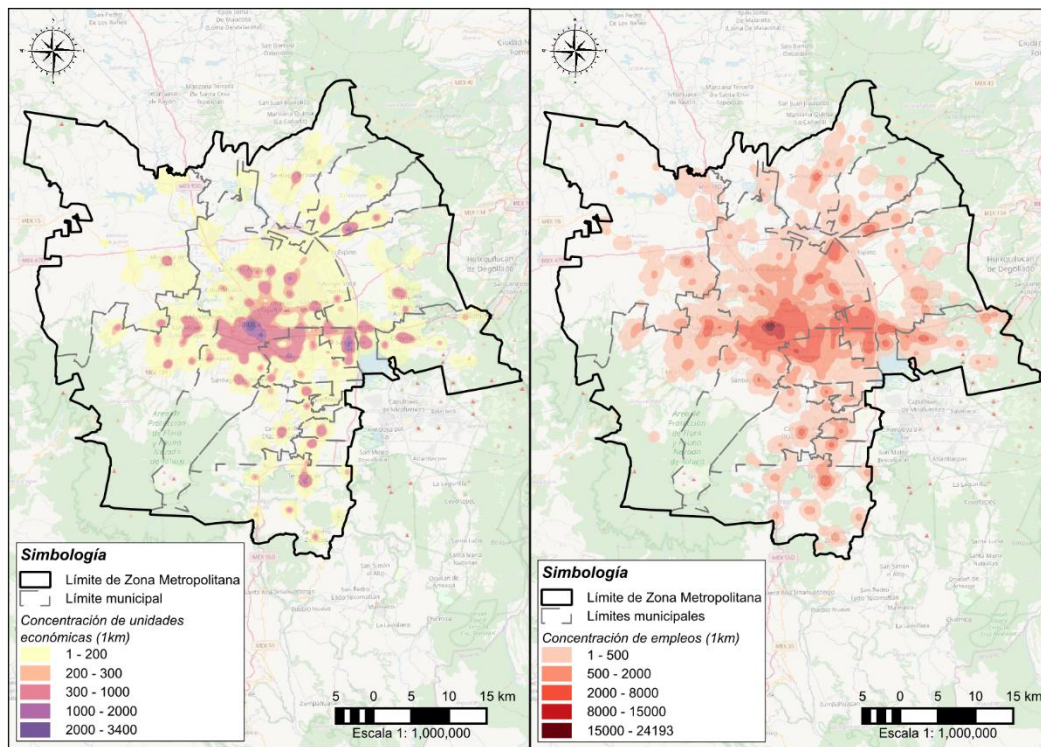


Nota: Elaboración propia a partir de información del Índice de Peligro por Inundación (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2016)

4.2.1.4. Concentración de Unidades Económicas y empleos

Una unidad económica (UE) se refiere a un “establecimiento (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentado en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios” (INEGI, s.f.). Es decir, aquellos espacios donde se llevan a cabo actividades de desarrollo de empleo a diferentes escalas, que involucra la prestación de servicios, manufactura y producción, así como industrialización. La figura 11 muestra un mapa de concentración de las UE y de empleos para la ZMVT por radios de 1km, expresados en píxeles de 50m.

Figura 11. Concentración de Unidades Económicas y empleos



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de la información puntual del Directorio Nacional de Unidades Económicas de (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2024).

Las mayores zonas de concentración de UE se presentan en las zonas centrales de los municipios de Toluca y San Mateo Atenco, con espacios de concentración de 3,400 unidades económicas en un radio de 1km. Para las zonas no céntricas de los mismos municipios se presentan valores de concentración de entre 1 y 500 UE. Se puede observar

también que la tendencia de concentración de UE se encuentra en dirección al noreste de la ZMT, mientras que al suroeste se ve una disminución de la concentración de UE.

La concentración de empleos fue elaborada a partir de la información de personal ocupado reportado para cada UE del DENUE. El valor máximo de concentración de empleos en un radio de 1km es de 24,193, este rango se presenta bajo la misma tendencia que las UE en la zona centro del municipio de Toluca, estos empleos corresponden principalmente al rubro de servicios privados y servicios de administración pública. Hacia la zona Este del punto máximo de concentración se observa una dispersión del grado de concentración, sin embargo, aún se mantiene en un rango alto promedio de 2,000 a 8,000 empleos en un radio de 1km.

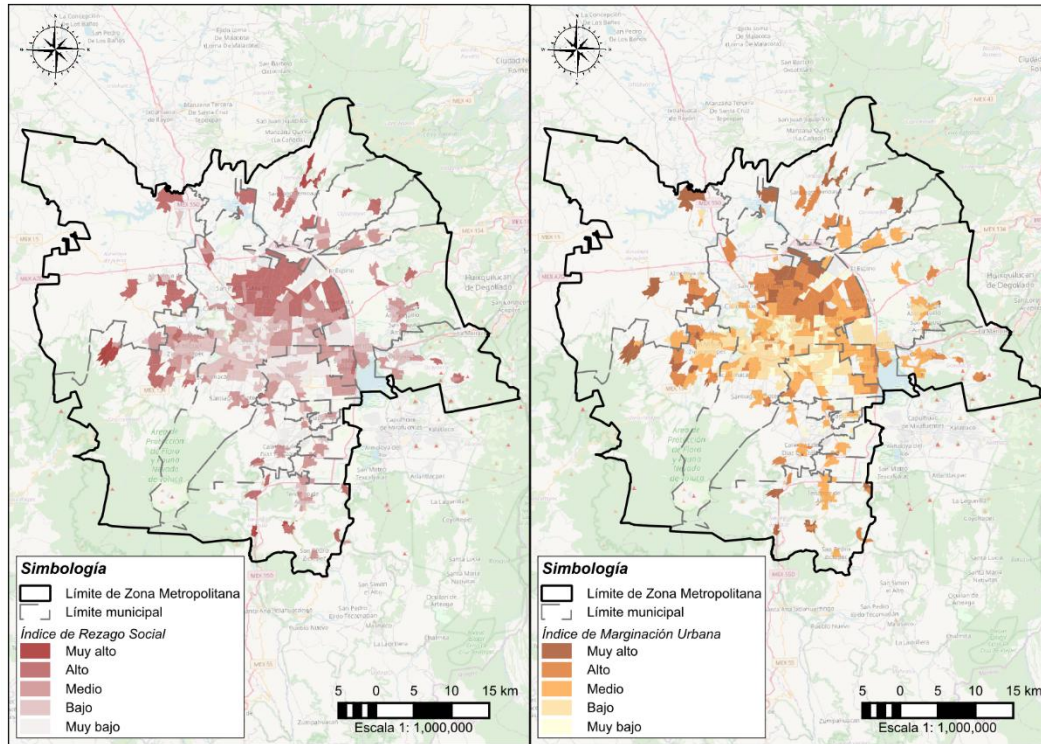
Esta tendencia comienza a dispersarse hacia el Sureste del municipio de Toluca y hacia el municipio de Metepec, con un rango entre 500 y 2,000 empleos en un radio de 1km. Para el resto de los municipios de la ZMVT se observa una presencia dispersa de empleos que se ubican en el rango inferior, es decir, de 1 a 500 empleos en rangos de 1km. Para el caso del municipio de San Mateo Atenco no se observa correspondencia entre la concentración de UE y la concentración de empleos.

4.2.1.5. Marginación y rezago social

Los elementos sociales se refieren a las características de la población que reside en la ZMVT en materia de rezago social y marginación. El primero “Resume indicadores agregados del acceso a algunos de los derechos sociales de las personas y de sus bienes en el hogar para las diferentes desagregaciones geográficas” (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, s.f.). Este indicador se construye a partir de 3 ejes: educación, acceso a servicios de salud, calidad de vivienda y servicios básicos.

En la figura 12 se muestra la distribución del Índice de Rezago Social en las AGEBS de la ZMVT. Se observa que en la mayor parte del municipio de San Mateo Atenco y la sección Noreste del municipio de Toluca se presenta la mayor incidencia de espacios con grado de rezago social “Alto” y “Muy alto”. Para la zona centro de Toluca se presentan valores de grado “Bajo” y “Muy bajo” que son coincidentes con las zonas de mayor concentración de empleo, esto puede deberse a que existe una menor cantidad de población que reside en esa área.

Figura 12. Índice de Rezago social por AGEB



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de la información tabular del índice de rezago social (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social, 2023) y el índice de marginación (Comisión Nacional de Población, 2021).

Por otro lado, el índice de Marginación Urbana es una medida para “el impacto global de las carencias que padece la población como resultado de la falta de acceso a la educación y la salud, la residencia en viviendas inadecuadas y la carencia de bienes” (Comisión Nacional de Población, 2021). Este índice se construye a partir de indicadores de población, vivienda, educación, acceso a servicios de salud, acceso a servicios básicos, bienes dentro de la vivienda. A continuación, se muestran los resultados de estos índices para la zona de estudio.

Al igual que el indicador de rezago social, se observa una incidencia de espacios con grados “Muy altos” de marginación al Noreste del municipio de Toluca. Estos valores también se pueden observar hacia la zona Noreste del municipio de Zinacantepec, aunque también se tiene presencia de AGEBS con grado de marginación “Muy alto” en los municipios de Almoloya de Juárez, Oztolotepec y Tenango del Valle.

4.2.2. Aptitud territorial para la vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca

En este apartado se presenta el análisis de resultados de índice de aptitud territorial para la vivienda de interés social para los conjuntos urbanos cuya tipología de vivienda corresponde al objeto de estudio de los índices generados en esta investigación, donde se consideraron aquellos que cuentan con dictamen de aprobación de la Dirección de Desarrollo Urbano del municipio correspondiente de acuerdo con los registros disponibles de la gaceta oficial del Estado de México.

Se consideraron 55 conjuntos urbanos con tipología de vivienda de interés social, incluyendo aquellos que actualmente tienen dictamen de municipalización y lo que se encuentran en proceso de desarrollo. Estos conjuntos albergan un total de 85,157 viviendas de acuerdo con lo estipulado en las gacetas de gobierno del Estado de México en las que se aprobó cada conjunto, estas representan un 11.7% del total de viviendas en la Zona Metropolitana de Toluca de acuerdo con datos del censo de población y vivienda (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020). En la figura 15 se presenta el listado de los conjuntos urbanos considerados.

Tabla 15. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social en la Zona Metropolitana de Toluca.

Municipio	Nombre del conjunto	Viviendas totales	Etapas	Primera autorización
Almoloya de Juárez	Colinas de San Francisco	3048	2	06/02/2009
	Geovillas el Nevado	2882	3	23/12/2003
	Rancho Carbajal II	200	1	24/12/2009
	Rancho San Juan	7018	1	24/12/2009
	Rincón del Álamo	1502	2	29/11/2006
Calimaya	Valle del Nevado	2738	1	02/09/2009
Chapultepec	Jardines de Santa Teresa	2488	1	30/05/2007
Lerma	Bosques de Lerma	680	1	20/08/2015
	Galaxia Lerma	1350	1	02/10/2008
	El Porvenir II	1275	2	10/07/2008
	Real Santa Clara	1266	2	19/05/2009
	Hacienda Santa Clara	1386	2	19/04/2006
Otzolotepec	La Florida	5838	3	16/12/2015
San Antonio la Isla	Villas del Sauce	1027	1	13/01/2011
	Ex Rancho San Dimas	5620	4	08/07/2005
	Las Ventanillas	633	1	12/07/2005
San Mateo Atenco	Las Fuentes Atenco	365	1	19/07/2006
Temoaya	Las Trojes	2637	2	14/10/2008
	Rinconada del Valle	3999	2	11/09/2006

	Buena Ventura	1107	1	06/04/2011
Tenango del Valle	Unidad Habitacional Magisterial Tenango	222	1	23/06/2006
Toluca	Galaxia Toluca	4530	1	26/12/2006
	Rinconadas del Pilar	236	1	26/09/2005
	Geovillas los Cedros	364	2	23/12/2004
	Las Hesperides	506	1	16/02/2011
	Paseos San Martin	2564	1	14/12/2009
	Santín III Primera etapa	505	1	11/05/2006
	Hacienda del Valle II	2251	1	03/01/2008
	Bosques de Cantabria	598	1	03/03/2008
	Rincón del Encino	699	1	07/10/2009
	Paseos del Pilar	96	1	15/10/2004
	Paseos del Valle	457	1	14/06/1999
	Paseos del Valle III	353	1	02/07/2002
	Armando Neyra Chávez	704	1	30/08/1999
	Los Sauces	5675	4	11/06/1998
	Villas Santin	2993	2	21/08/1998
	Real del Bosque	190	1	13/08/1999
	Los Héroes Toluca 3a sección	1221	1	04/11/2002
	Los Héroes Toluca 2a sección	1234	1	01/03/2002
	Los Héroes Toluca 1a sección	593	1	11/11/2002
	La Arboleda II	167	1	11/06/2001
	Geovillas de San Mateo	1083	3	08/08/2002
	Paseos de Toluca	146	1	04/02/2003
	Villas de San Andrés	82	1	11/09/2002
	Villas de Santa Mónica	240	1	17/06/2003
	Villas Santa Isabel	158	1	06/11/2002
	Las Fuentes Independencia	436	1	15/04/2002
	Geovillas de la Independencia	1750	1	27/05/1997
Geovillas Centenario	698	1	16/01/2001	
Xonacatlán	Villas del Bosque	1413	2	11/12/2012
Zinacantepec	Bosques del Nevado	293	1	03/08/2011
	La Loma I	2177	1	20/07/2005
	La Loma II	2255	1	03/10/2007
	CTM San Nicolás	304	1	24/05/2001
	El Porvenir	905	1	22/06/2004

Nota: Tabla de elaboración propia con base en los resultados de esta investigación.

Los conjuntos urbanos se concentran en 12 municipios de la Zona Metropolitana, principalmente en el municipio de Toluca que alberga al 55.1%, seguido de los municipios de Almoloya de Juárez, Lerma y Zinacantepec con el 9.1% cada uno. Mientras que los municipios de San Antonio la Isla y Temoaya albergan el 5.5% cada uno. Los municipios de Calimaya, Chapultepec, Oztolotepec, San Mateo Atenco, Tenango del Valle y San Mateo Atenco registran de forma individual un conjunto habitacional de interés social, es decir que cada uno registra el 1.8% del total de la zona.

La aprobación de los conjuntos se dio entre el 27 de mayo de 1997 y el 11 de septiembre de 2025, lo que hizo que estos se desarrollaran bajo la aplicabilidad de diversas políticas e instrumentos para la vivienda en general y para la vivienda de interés social en particular. Bajo el enfoque de este trabajo, es importante retomar aquellos instrumentos que permitían la delimitación de la ubicación para la vivienda de interés social, como los perímetros de contención urbana y las zonas de consolidación urbana. En la tabla 16, se presenta un breve resumen de los periodos de aprobación de los conjuntos urbanos analizados en este trabajo y los instrumentos vigentes.

Tabla 16. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social e instrumentos de ubicación aplicables.

Periodo	Número de conjuntos	Viviendas totales	Instrumento
1997 - 2013	71	77,356	No aplicable
2014 - 2021	4	5,133	Perímetros de Contención Urbana
2022-2025	2	2,668	Zonas de Consolidación Urbana

Nota: Tabla de elaboración propia

En el primer periodo, del año 1997 al 2012, si bien no existían instrumentos similares a lo propuesta en este trabajo, la determinación de la ubicación adecuada para las viviendas estaba dada por algunos programas complementarios a las políticas, como los Programas Sectoriales de Vivienda en donde se establecen estrategias para mejorar los mecanismos públicos en materia de vivienda, por ejemplo, en la versión 2001–2006 se establece como una estrategia el “Abasto de suelo con aptitud habitacional y desarrollo de infraestructura y servicios para vivienda” (Decreto sin número/ 2002), que si bien, no aborda la ubicación de forma explícita, si se relaciona con la aptitud y las condiciones del entorno.

Con la creación de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) en junio de 2006, la coordinación de los instrumentos normativos asociados a la política de la vivienda se centralizó en esta institución, cuyo objetivo es “Fomentar el acceso a la vivienda mediante soluciones habitacionales bien ubicadas, dignas y de acuerdo a estándares de calidad internacional” (Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI], 2016). Si bien, en los inicios de la institución los instrumentos normativos no se enfocaban en la ubicación de la vivienda, se sentaron las bases para los años posteriores, como el Programa de Acceso al Financiamiento para Soluciones Habitacionales.

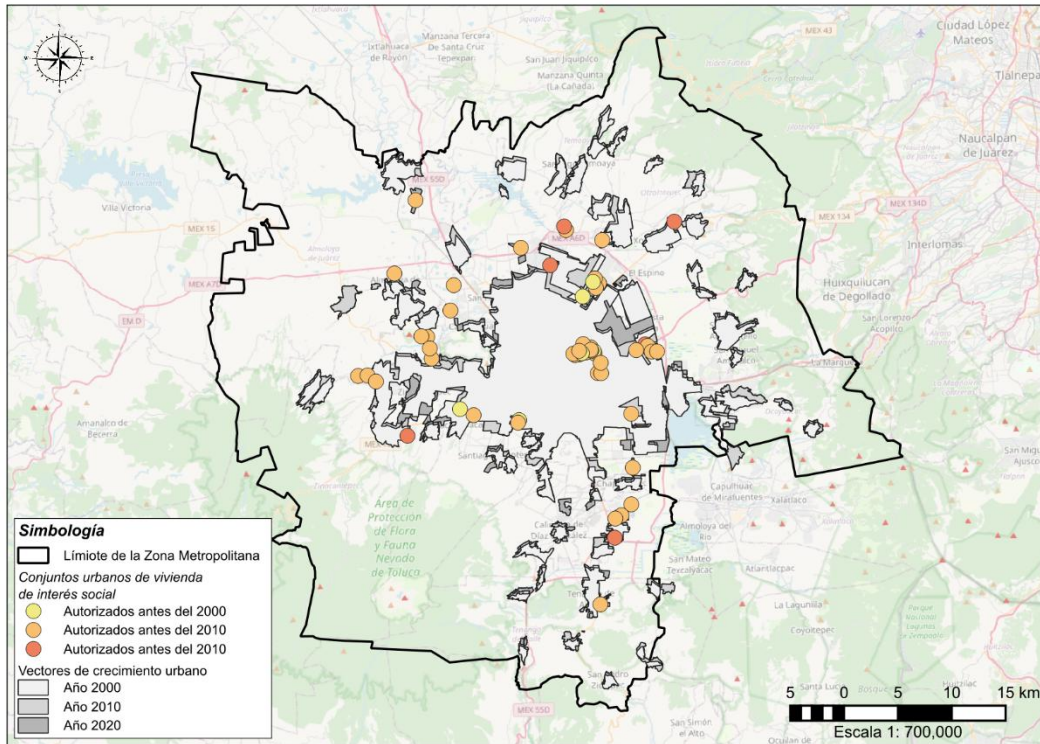
A partir del año 2014, los Perímetros de Contención Urbana fueron los instrumentos de ubicación utilizados para complementar la política de vivienda a nivel nacional. Este instrumento se basa en un modelo geoestadístico aplicado a las ciudades del Sistema Urbano Nacional, delimitando 3 zonas principales, caracterizadas por los niveles de empleo, servicios básicos y el espacio contiguo a las zonas urbanas consolidadas, denominados como U1, U2 y U3 respectivamente (Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano., 2014, p.3). Este instrumento fue actualizado periódicamente hasta el año 2018.

Las Zonas de Consolidación Urbana entraron en vigor en el año 2021, como un modelo que evalúa las AGEBS del Sistema Urbano Nacional y determina un grado de consolidación “a partir de criterios e indicadores socioeconómicos y satisfactores urbanos, que dan lugar a su vez a la definición de ámbitos urbanos para la recepción de vivienda con condiciones adecuadas” (INFONAVIT, 2021, p.5).

Estos instrumentos fueron determinantes en la ubicación de la vivienda de interés social a nivel nacional y aplicables para la Zona Metropolitana de Toluca. Aunado a ello, los programas de desarrollo urbano estatales y municipales, nos dan un contexto histórico sobre los valores de aptitud territorial obtenidos en este trabajo para los conjuntos urbanos que se presentan a continuación.

En la figura 13 se muestra la distribución de los conjuntos habitacionales de vivienda de interés social de la ZMT en comparación con los vectores de crecimiento urbano del año 2000 al 2020.

Figura 13. Ubicación de los conjuntos urbanos de vivienda de interés social.



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de la información de conjuntos urbanos recopilada en esta investigación e información del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2000; INEGI, 2010; Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2020) para la construcción de vectores urbanos.

De los 55 conjuntos considerados, 48 fueron aprobados antes del año 2010, de los cuales 29 se encuentran dentro del vector urbano del año 2010, 11 se encuentran dentro del vector urbano del año 2025 y 8 están fuera de los vectores urbanos. Esto implica que el 83.3% de los desarrollos previos a 2010 se encuentran actualmente integrados a la mancha urbana, lo que sugiere un proceso progresivo de consolidación y absorción territorial. No obstante, el 16.7% permanece fuera de los vectores urbanos considerados, evidenciando que la incorporación no ha sido homogénea.

4.2.3. Índice de aptitud territorial en conjuntos urbanos de vivienda de interés social

Respecto a la relación de los conjuntos con el índice de aptitud, se observa una tendencia de ubicación favorecida, debido principalmente al año de construcción del conjunto y la tendencia de expansión urbana de la ZMT. Mientras que los valores de restricción para cada conjunto están diversificados. A continuación, se presentan los resultados de aptitud de los conjuntos urbanos agrupados por zona.

a) Conjuntos urbanos en zonas aptas

Esta zona es la que contiene la mayor concentración de conjuntos, con un total de 33 que albergan 57,170 viviendas. Los cuales fueron aprobados en gaceta de gobierno en un periodo entre el 27 de mayo de 1997 al 16 de diciembre de 2015 y se distribuyen en los municipios de Almoloya de Juárez, Calimaya Chapultepec, Lerma, Oztolotepec, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle y Toluca. En la tabla 16 se presenta el listado de los conjuntos y algunas de sus características.

Tabla 16. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social ubicados en zonas aptas

Municipio	Nombre del conjunto	Viviendas	Grado de aptitud	Grado de restricción	Etapas	Año de primera autorización
Almoloya de Juárez	Rancho San Juan	7018	Muy Alto-Alto	Baja-Media	1	24/12/2009
Calimaya	Valle del Nevado	2738	Muy Alto	Baja	1	02/09/2009
Chapultepec	Jardines de Santa Teresa	2488	Muy Alto	Baja	1	30/05/2007
Lerma	Bosques de Lerma	680	Muy Alto	Baja	1	20/08/2015
	Galaxia Lerma	1350	Muy Alto	Baja	1	02/10/2008
	Hacienda Santa Clara	1386	Muy Alto	Baja	2	19/04/2006
Oztolotepec	La Florida	5838	Muy Alto-Alto	Baja	3	16/12/2015
San Antonio la Isla	Villas del Sauce	1027	Muy Alto	Baja	1	13/01/2011
	Ex Rancho San Dimas	5620	Muy Alto	Baja-Alta	4	08/07/2005
San Mateo Atenco	Las Fuentes Atenco	365	Muy Alto	Baja	1	19/07/2006
Temoaya	Rinconada del Valle	3999	Muy Alto	Baja	2	11/09/2006
Tenango del Valle	Unidad Habitacional Magisterial Tenango	222	Muy Alto	Baja	1	23/06/2006
Toluca	Galaxia Toluca	4530	Muy Alto-Alta	Baja	1	26/12/2006
	Rinconadas del Pilar	236	Muy Alto	Baja	1	26/09/2005
	Geovillas los Cedros	364	Muy Alto	Muy Baja	2	23/12/2004
	Las Hesperides	506	Muy Alto	Baja	1	16/02/2011

Santin III Primera etapa	505	Muy Alto	Baja	1	11/05/2006
Hacienda del Valle II	2251	Muy Alto	Baja	1	03/01/2008
Bosques de Cantabria	598	Muy Alto	Baja	1	03/03/2008
Paseos del Pilar	96	Muy Alto	Alta	1	15/10/2004
Armando Neyra Chávez	704	Muy Alto	Baja-Muy Baja	1	30/08/1999
Los Sauces	5675	Muy Alto	Baja	4	11/06/1998
Villas Santin	2993	Muy Alto	Baja	2	21/08/1998
Los Héroes Toluca 3a sección	1221	Muy Alto	Baja	1	04/11/2002
La Arboleda II	167	Muy Alto	Muy Baja	1	11/06/2001
Geovillas de San Mateo	1083	Muy Alto	Baja	3	08/08/2002
Paseos de Toluca	146	Muy Alto	Baja	1	04/02/2003
Villas de San Andrés	82	Muy Alto	Muy Baja	1	11/09/2002
Villas de Santa Mónica	240	Muy Alto	Baja	1	17/06/2003
Villas Santa Isabel	158	Muy Alto	Muy Baja	1	06/11/2002
Las Fuentes Independencia	436	Muy Alto	Baja	1	15/04/2002
Geovillas de la Independencia	1750	Muy Alto	Baja-Muy Baja	1	27/05/1997
Geovillas Centenario	698	Muy Alto	Baja	1	16/01/2001

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

Las viviendas que conforman estos conjuntos urbanos tienen un entorno que de acuerdo al modelo realizado en esta investigación cuenta con condiciones aptas en las dimensiones de entorno económico, entorno urbano, población, entorno natural y uso de suelo, por lo que los cuadrantes existentes fueron clasificados con aptitud muy alta o alta. Adicionalmente, las condiciones del entorno de las viviendas en la dimensión de riesgos, conformaron un grado de restricción bajo o muy bajo, lo que da lugar a que las viviendas se encuentren en zonas aptas, de acuerdo a los índices desarrollados.

Si bien, estos 33 conjuntos de vivienda se ubican en zonas aptas, este resultado no implica necesariamente que las condiciones del entorno, ni el acceso a equipamientos y servicios, se distribuyen de manera homogénea para toda la población que reside en esos espacios. Tampoco supone que el valor obtenido garantice, por sí mismo, la materialización de condiciones de justicia espacial, debido a que el modelo tiene un alcance estructural cuantitativo.

b) Conjuntos urbanos en zonas de aptitud sujeta a adaptación

Se identificaron catorce conjuntos que se ubican en zonas de aptitud sujeta a adaptación, que se ubican en los municipios de Almoloya de Juárez, San Antonio la Isla, Temoaya, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec. Estos conjuntos fueron aprobados entre el 14 de junio de 1999 y el 11 de diciembre de 2012, albergando 20,935 viviendas. En la tabla 17 se presenta el listado de conjuntos y sus características principales.

Tabla 17. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social en zonas adecuadas que requieren estrategias de adaptación.

Municipio	Nombre del conjunto	Viviendas	Grado de aptitud	Grado de restricción	Etapas	Año de primera autorización
Almoloya de Juárez	Colinas de San Francisco	3048	Muy Alto-Alto	Media	2	06/02/2009
	Geovillas el Nevado	2882	Muy Alto	Media	3	23/12/2003
	Rancho Carbajal II	200	Muy Alto	Media	1	24/12/2009
San Antonio la Isla	Las Ventanillas	633	Muy Alto	Alta	1	12/07/2005
Temoaya	Las Trojes	2637	Muy Alto	Media-Baja	2	14/10/2008
	Buena Ventura	1107	Muy Alto	Media	1	06/04/2011
Toluca	Paseos San Martín	2564	Muy Alto-Alto	Media	1	14/12/2009
	Paseos del Valle	457	Muy Alto	Media	1	14/06/1999
	Paseos del Valle III	353	Muy Alto	Media	1	02/07/2002
Xonacatlán	Villas del Bosque	1413	Alta	Media	2	11/12/2012
Zinacantepec	La Loma I	2177	Muy Alto	Media	1	20/07/2005
	La Loma II	2255	Muy Alto	Media	1	03/10/2007
	CTM San Nicolás	304	Muy Alto	Media	1	24/05/2001
	El Porvenir	905	Alta	Media	1	22/06/2004

Nota: Tabla de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

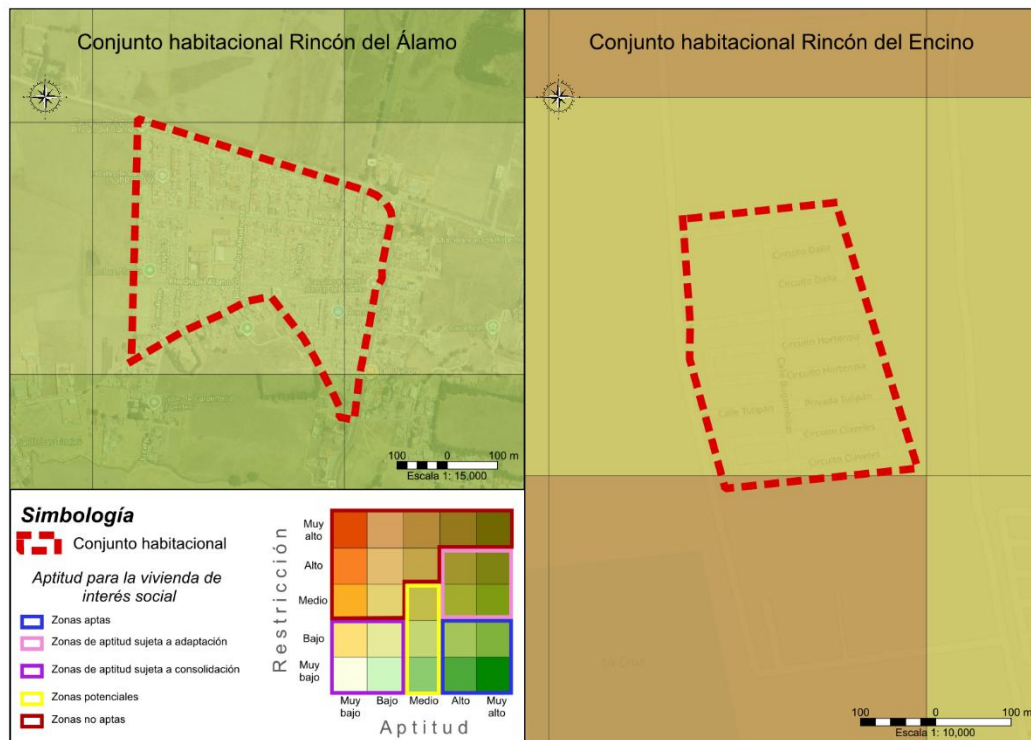
Los conjuntos que se ubican en estas zonas cuentan con un grado de aptitud muy alto o alto y un grado de restricción medio o bajo. Debido a estas condiciones se asume que la zona cuenta con características urbanas adecuadas, pero se requiere la implementación de estrategias de adaptación para solventar los riesgos que se pueden presentar, o bien, para evaluar la compatibilidad del uso de suelo pre existente en esa zona, debido a las restricciones existentes

c) Conjuntos urbanos en zonas potenciales

Las zonas potenciales acogen dos de los 55 conjuntos considerados, que son, Rincón del Álamo ubicado en el municipio de Almoloya de Juárez y Rincón del Encino en el municipio de Toluca. Los conjuntos fueron aprobados el 29 de noviembre de 2006 y el 7 de octubre de 2009 respectivamente, y en conjunto contienen un total de 2,201 viviendas. Ambos conjuntos presentan un grado de aptitud medio y una restricción de baja a media.

La figura 15 presenta los valores de ambos indicadores y la delimitación de la zona para cada conjunto. La ubicación de los conjuntos evidencia condiciones de aptitud que son adecuadas que tienen una posibilidad de mejora a través de intervenciones en el entorno urbano. Estas zonas son clasificadas como potenciales, debido a que sus valores de restricción no representan una limitación para la existencia de vivienda de interés social, o bien, es un tipo de restricción que puede disminuir su grado con acciones focalizadas.

Figura 14. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social ubicados en zonas potenciales



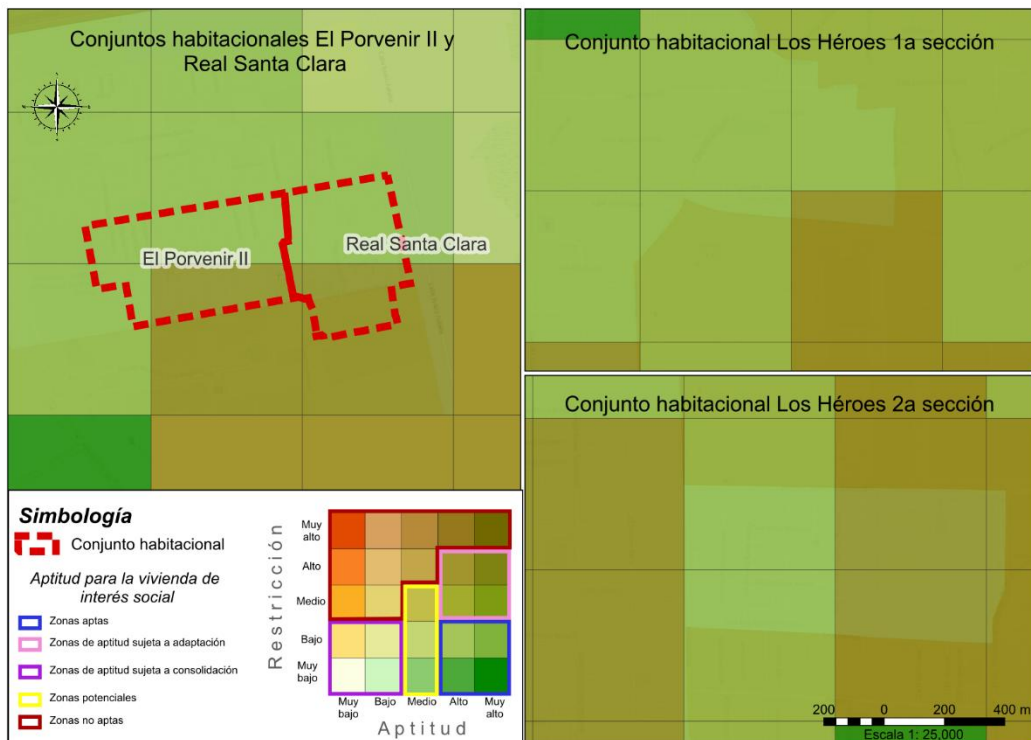
Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

d) Conjuntos urbanos que se encuentran en más de una zona

En este apartado se describen los resultados de los conjuntos cuya superficie se distribuye en más de una zona de aptitud de forma significativa. En la primera combinación se zonas, se encuentran los conjuntos que se ubican en una **zona apta y en una zona de aptitud sujeta a adaptación**, esto quiere decir, que el conjunto cuenta con una sección que requiere de intervención en el grado de restricción bajo estrategias de adaptación, a fin de homogeneizar el grado de aptitud de la superficie total del conjunto.

Los conjuntos urbanos que se ubican en esta combinación de zonas son El Porvenir II, Real Santa Clara y Los Héroes Toluca (1ª y 2a sección), ubicados en los municipios de Lerma y Toluca. Estos conjuntos fueron aprobados entre el 11 de noviembre de 2002 y el 19 de mayo de 2009, alojando un total de 4,368 viviendas. En la figura 15 se muestra la ubicación y el valor de los índices en cada conjunto.

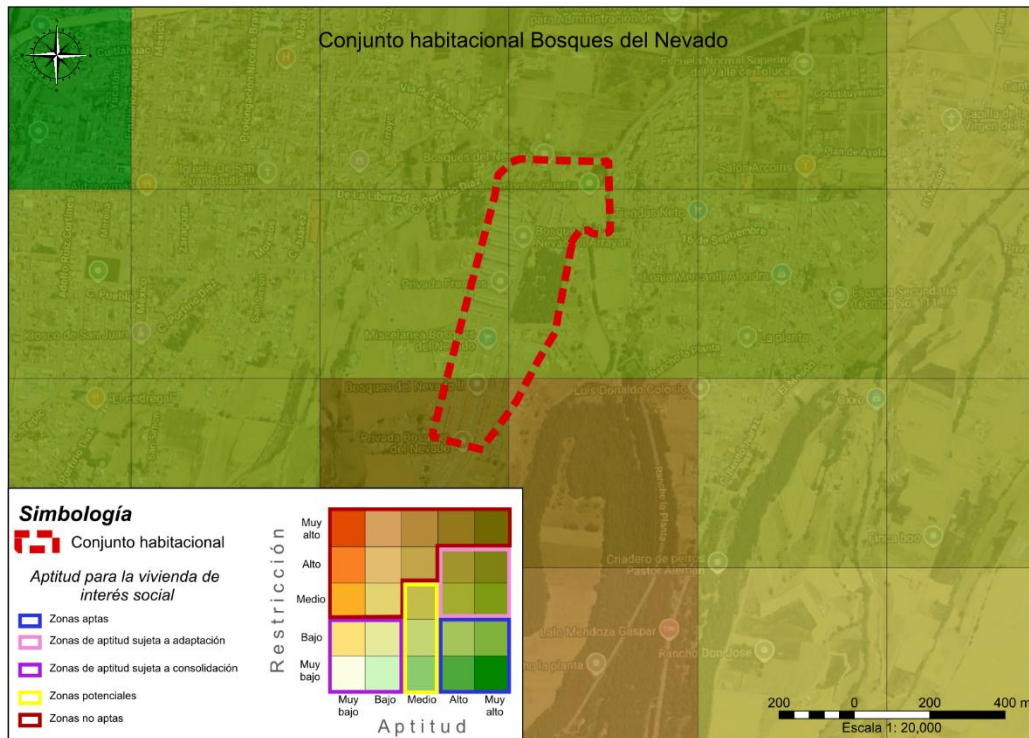
Figura 15. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social que se ubican en zonas aptas y zonas de aptitud sujeta a adaptación



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

En la segunda combinación de zonas tenemos al conjunto habitacional Bosques del Nevado (Zinacantepec), cuya superficie se distribuye en una zona de aptitud sujeta a adaptación y una zona no apta. Este conjunto fue aprobado el 3 de agosto de 2011 y cuenta con 293 viviendas. En la figura 16 se presenta la ubicación y zonas de aptitud del conjunto.

Figura 16. Conjuntos urbanos de vivienda de interés social que se ubican en zona de aptitud sujeta a adaptación y zona no apta.



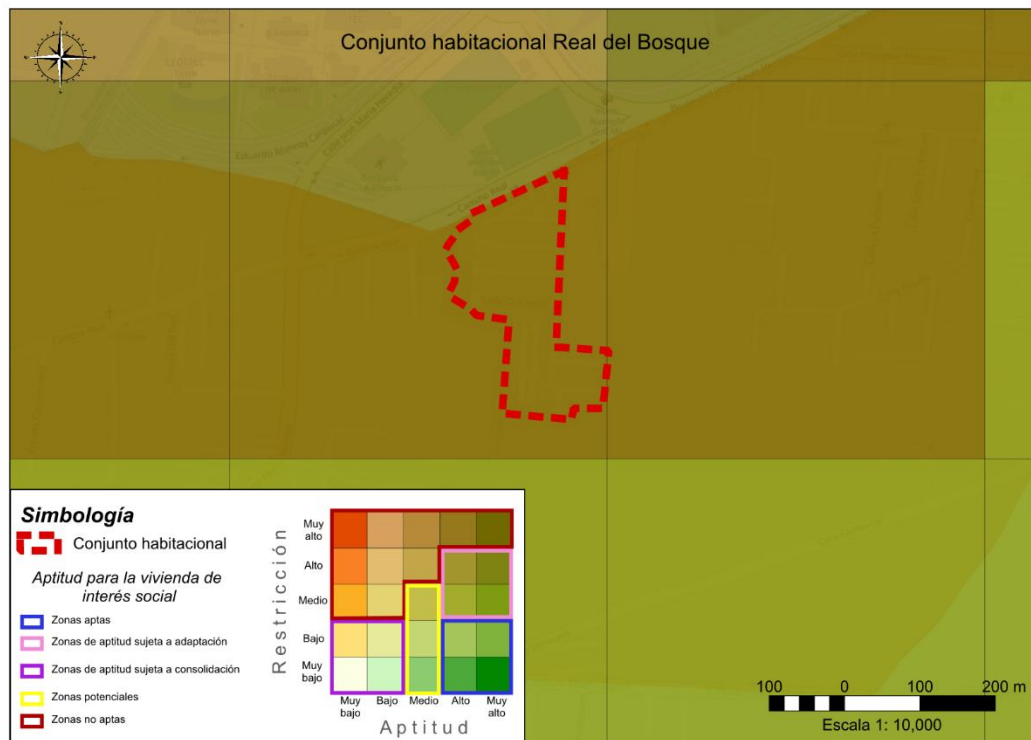
Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

Esta combinación nos describe una zona que a pesar de contar con condiciones de entorno adecuadas, es decir, aptitud muy alta, convive con una zona de restricción media en la que se requiere una intervención bajo estrategias de adaptación, y una zona de restricción alta, en la que se deben evaluar los riesgos y las condiciones bajo las que se aprobó el conjunto en términos de uso de suelo, para garantizar acciones focalizadas que puedan contener el grado de restricción al que están sujetas las viviendas.

e) Conjuntos urbanos en zonas no aptas

El conjunto habitacional Real de Bosque ubicado en el municipio de Toluca fue aprobado el 13 de agosto de 1999, se conforma por 190 viviendas y es el único conjunto, de los 55 considerados para esta investigación, que se encuentra en su totalidad en una zona no apta para la vivienda. La figura 17 muestra la ubicación y la zona de aptitud del conjunto mencionado.

Figura 17. Conjuntos urbanos en zonas no aptas



Nota: Mapa de elaboración propia a partir de los resultados de esta investigación.

Si bien, el conjunto urbano cuenta con condiciones de entorno urbano adecuadas, su condición no apta está dada por la presencia de un grado de restricción muy alto, es decir, que la zona es adyacente o interseca con elementos de las dimensiones consideradas en el índice de restricción, como equipamientos y uso de suelo incompatibles, o bien la presencia de zonas de riesgo.

CONCLUSIONES

El problema de investigación se abordó a partir del diseño y aplicación de un modelo geoestadístico de análisis de aptitud territorial para la vivienda de interés social, a través de información de acceso público, indicadores debidamente definidos, una unidad espacial detallada y un proceso de ponderación de indicadores guiado por data driving. Dando como resultado no solo una definición espacial de la aptitud territorial para la zona metropolitana de Toluca, sino también una propuesta metodológica técnica con las condiciones necesarias para ser replicada en otras zonas.

La condición de replicabilidad del modelo se sustenta en la disponibilidad de las fuentes de datos utilizadas para la construcción de los indicadores y el proceso de análisis geoestadístico para la construcción de los índices. Ahora bien, es importante precisar que los pesos ponderados de los indicadores no son valores fijos, pues responden a la dinámica del grupo de datos y su nivel de desagregación espacial. Por consiguiente, en cualquier ejercicio que replique la metodología aquí presentada, los valores ponderados deben obtenerse mediante en análisis de componentes principales para el grupo de datos analizado.

En el proceso de diseño y aplicación de la propuesta metodológica de análisis de aptitud territorial se llevó a cabo la definición de variables e indicadores retomados del fundamento teórico y de los casos de estudio de referencia. Las variables fundamentadas en la teoría de la Nueva Geografía Económica se asocian con temas de acceso a vías de comunicación, acceso a fuentes de empleo y la concentración de población, mientras que las variables provenientes de la teoría de la Justicia Espacial se relacionan con el acceso a equipamientos de abasto, salud y educación, así como acceso a servicios básicos.

Respecto a los casos de estudio, se retomaron variables asociadas con el uso de suelo, áreas naturales protegidas, equipamientos de recreación y seguridad, equipamientos incompatibles y riegos. La ejecución del análisis de componentes principales para el modelo de factores mostró un valor de confiabilidad adecuado expresado a partir de la varianza total explicada, así como una interacción de variables inversamente proporcional, especialmente es aquellas relacionadas con equipamientos y servicios.

Al analizar el índice de factores se observó una tendencia de concentración de cuadrantes con valores altos del índice al centro de la zona metropolitana, especialmente en los municipios de Toluca, Metepec y San Mateo Atenco, estos cuadrantes iban reduciendo su

valor en una tendencia difuminada hacia las periferias. El patrón de consolidación urbana centralizada mostrada por el modelo puede confirmarse en la zona de estudio a través de las condiciones urbanas existentes, lo cual brinda un elemento de confiabilidad al trabajo de investigación y a la metodología de análisis propuesta.

Para el índice de restricciones territoriales se obtuvo una confiabilidad media expresada en la varianza total explicada, sin embargo, al analizar los resultados del índice en el mapeo se puede observar una tendencia de restricción alta en las zonas cuyo uso de suelo corresponde a Áreas Naturales Protegidas (ANP), por lo que el modelo ponderado por data driving tiene coincidencia con las restricciones normativas, aumentando la confiabilidad espacial del índice.

Al integrar ambos índices, se obtuvo el índice de aptitud territorial, que expresa un patrón disperso de los valores, que tienen la posibilidad de ser comprobados a través de la comparación de los resultados del modelo con las condiciones reales de la zona de estudio, condición que nos permite dar fidelidad de la relación de concordancia entre el modelo y la realidad.

En resumen, se puede confirmar que es posible generar un modelo geoestadístico confiable a partir de variables fundamentadas en teorías y referencias de diversos enfoques temáticos (economía, justicia, geografía), a partir del cual puede expresarse la condición de la aptitud del territorio para albergar la vivienda de interés social, el cual pudo ser aplicado de forma exitosa para la Zona Metropolitana de Toluca.

Respecto a la hipótesis, al analizar los resultados de la aplicación del modelo, esta fue rechazada, debido a que las condiciones de aptitud territorial en los conjuntos urbanos de interés social, son en su mayoría favorables, siendo 1 de 55 conjuntos, el único que presenta condiciones no aptas. Para este resultado es importante considerar que más del 80% de los conjuntos urbanos de vivienda de interés social considerados obtuvieron su primera autorización antes del año 2010, lo que podría indicar que el proceso de expansión urbana de la ZMT ha consolidado los entornos de estos conjuntos, permitiendo así una aptitud territorial adecuada.

Se considera que se cumplió el objetivo general de la investigación al llegar al apartado de resultados en donde se integra el mapa del índice de aptitud territorial para la vivienda de interés social, que es la síntesis del proceso de investigación, en donde a su vez, se integraron cuatro objetivos específicos, que representaban cada una de las etapas del planteamiento, diseño, aplicación y revisión del modelo metodológico de análisis.

En el primer objetivo se cumplió con la definición de los fundamentos teóricos del modelo metodológico, en donde a través de la Nueva Geografía Económica y la Justicia Espacial, se generó un acercamiento a la dinámica económica bajo la que se desarrolla la industria de la vivienda y las condiciones de entorno que pueden determinar un acceso justo al territorio y sus oportunidades. A partir de estas teorías pudieron operacionalizarse 6 variables para el modelo de factores, dando lugar a un proceso de integración del fundamento teórico al modelo cuantitativo.

El cumplimiento del objetivo específico número dos se dio al integrar a la investigación la revisión de casos de estudios recientes e instrumentos normativos asociados con la aptitud territorial. Respecto a los casos de estudio, en el proceso de búsqueda se identificó que existen una cantidad limitada de trabajos sobre aptitud territorial y que de forma más recurrente se tiende a emplear el análisis de aptitud urbana, sin embargo, la conceptualización de este último puede ser limitante para el desarrollo de análisis territoriales debido a la orientación temática específica.

También se identificó que los trabajos de investigación sobre análisis de aptitud territorial existentes se enfocan principalmente en expansión y crecimiento urbano, orientándose a las características de los análisis de aptitud urbana. Es por ello, que en esta investigación se abordó el concepto de aptitud territorial y su aplicación metodológica, ya que al ser un concepto más amplio en lo que respecta a su aplicación temática, brinda la posibilidad de incidir en la construcción de políticas públicas y toma de decisiones en cuestiones de planificación urbana y ordenación del territorio.

Respecto a los instrumentos jurídicos, se identificó que la aptitud territorial se considera en las acciones estratégicas del Programa Nacional de ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, mientras que a nivel estatal y municipal está presente en la etapa de diagnóstico de los Planes de Desarrollo Urbano. Si bien, en los instrumentos mencionados se hace alusión al análisis de aptitud territorial, no se establecen métodos ni criterios específicos para su ejecución. Bajo estas condiciones surge un precedente que sustenta la importancia de trabajos de investigación metodológica aplicados al análisis la aptitud territorial, como forma de aportar herramientas de definición de información y procesamientos para la generación de indicadores e índices territoriales.

En conclusión, los casos de estudio, si bien no aportaron un antecedente en términos de metodología técnica, fueron una referencia valiosa en la definición de variables e indicadores, ya que de estos se retomaron algunos ejes temáticos que no estaban considerados en el fundamento teórico, además de dar sustento a la definición de los indicadores. Respecto a los instrumentos normativos, estos nos permitieron conocer la relevancia de la investigación al existir un precedente de su uso o presencia en diversos planes y programas cuyo objetivo es ordenar o planificar el territorio.

El cumplimiento del objetivo específico 3 se llevó a cabo en el capítulo de método, comenzando por la definición de seis dimensiones, catorce variables y veintisiete indicadores, que fueron calculados y representados en diversas formas hasta definir cuál de ellas permitía una mejor representación espacial, es así, que se realizaron pruebas con criterios de distancia pre establecidos y con criterios boléanos, llegando a la conclusión de que el uso de valores reales de distancia generaba resultados de mayor confiabilidad en el análisis de componentes principales.

La construcción de modelos preliminares fue una etapa vital para la definición del modelo final, que permitió la generación de indicadores en diversos niveles de desagregación y expresiones numérica variadas. A través de estos ejercicios de ajuste se identificaron oportunidades de mejora al modelo, como la afinación de la desagregación espacial y la calibración de la expresión de los indicadores.

El proceso de ponderación de los indicadores se llevó a cabo con data driving aplicado a través del análisis de componentes principales (ACP) y el cálculo posterior de los índices a través de los indicadores estandarizados. Durante este proceso se observó que al disminuir la cantidad de factores en el ACP se incrementa la varianza total explicada, esto debido a que se mejora la interacción estadística de los indicadores, sin embargo, se optó por mantener los 20 indicadores en el modelo de factores, dado que estos provenían de bases teóricas y referenciales que sustentaban su participación en el análisis.

Al generar la combinación del índice de factores y el índice de restricciones en el mapa coroplético bivariado, se observó que la interacción entre estos se veía optimizada cuando se permitía la representación de ambos valores en el mapa a través de un tercer valor no cuantitativo, por el contrario, al buscar dar un peso cuantitativo a cada índice se vulneraba la integridad del modelo generado.

Respecto al cuarto objetivo específico, se dio cumplimiento en el capítulo cuatro al hacer un análisis de los resultados del proceso metodológico, en el que se confirmó que el proceso técnico de análisis seleccionado es eficaz para la representación de dinámicas territoriales siempre y cuando se tome en consideración el nivel de desagregación y la expresión de los datos. Por otro lado, se observó una relación entre la dinámica espacial de los indicadores estandarizados ponderados y los planteamientos de las teorías consideradas, por lo que se puede concluir que es posible operacionalizar variables teóricas en aplicación de modelos geoestadísticos.

Por último, al analizar el caso de estudio se observó que el valor del índice de aptitud territorial en los conjuntos era adecuado de forma general, sin embargo, algunos de ellos requerían estrategias de adaptación especialmente para los equipamientos incompatibles. La aptitud general o la aptitud condicionada presente en los conjuntos urbanos puede indicar que estos han sido absorbidos por la mancha urbana en el proceso de consolidación de la zona metropolitana y que, en algunos casos, los instrumentos previos aplicados en la política pública dieron lugar a las condiciones de entorno adecuadas reflejadas en los índices territoriales.

El método de investigación para el análisis de aptitud territorial fue adecuado ya que los resultados muestran dinámicas territoriales en los datos que actualmente están sucediendo en el territorio, como los problemas de invasión de áreas naturales protegidas en el municipio de Zinacantepec en donde se presenta un valor no apto por presencia de restricciones muy altas. En suma, podemos afirmar que la definición de variables, el análisis estadístico empleado y su espacialización con sistemas de información geográfica fueron los instrumentos adecuados para el análisis de aptitud territorial, dando la virtud al trabajo de ser una investigación de frontera por la propuesta generada.

Los datos utilizados para el cálculo de los indicadores provienen de fuentes oficiales (como INEGI, el Instituto Mexicano del Transporte o la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) que tiene una periodicidad de actualización constante y que son accesibles para el público en general. Mientras que los instrumentos tecnológicos son accesibles de forma gratuita o tienen versiones libres, por lo que el análisis puede replicarse en cualquier otra zona del país y actualizarse periódicamente.

Es importante destacar estas características de replicabilidad del modelo, ya que los municipios que no tienen las capacidades técnicas o el recurso humano para la generación de análisis territoriales especializados pueden verse beneficiados con la generación de metodologías como la que se propone en esta investigación, al brindar procesos aplicados en software libre y con datos abiertos, que son tendencias tecnológicas aplicables en la administración pública.

Respecto a la metodología de investigación aplicada se concluye que esta fue adecuada para dar atención al problema de investigación y los objetivos del trabajo, debido a que la recopilación de fundamentos teóricos y referenciales para la definición de variables permitió dar un sustento adecuado para el análisis, mientras que los instrumentos normativos dieron relevancia al trabajo realizado y contextualizaron la necesidad de herramientas de análisis debidamente definidas y sustentadas para poder ser replicables y de utilidad para las administraciones estatales y municipales.

Adicionalmente, el método empleado permitió desarrollar el modelo estadístico y espacializarlo para su posterior representación cartográfica, este método nos permitió tener un nivel de desagregación detallado y generar comparaciones del índice con los polígonos de los conjuntos urbanos de interés social. Bajo estas condiciones es posible conocer la dinámica de la aptitud en el territorio y definir zonas especializadas para implementación de estrategias de adaptación o consolidación, con ello, se focalizan los espacios que requieren acciones concretas para mejorar el valor del índice.

Se resume entonces, que las fases de investigación fueron completadas, ya que, al ser diseñadas con una metodología secuencial obligatoria, era necesario completar el total de la fase para poder continuar a la siguiente. De esta manera el proceso de investigación pudo ser continuo y estratégico, llegando así a la culminación de la investigación y la generación de productos comprometidos.

En términos del método de análisis, los resultados de la investigación fueron los esperados, esto debido principalmente, a que la propuesta del método estaba fundamentada en conocimiento empírico de análisis basados en data driving, por lo que se tenía experiencia previa en el funcionamiento de las herramientas, la generación de los índices y el mapeo, debido a ello, se pudo estimar un resultado favorable del proceso.

Uno de los resultados más importantes de la aplicación del método corresponde a la interacción de los indicadores en la ponderación, ya que los resultados permitieron concluir que el análisis de componentes principales favorece los valores altos en los indicadores, independientemente de lo que estos expresen, por lo que es necesario considerar un proceso de normalización de los resultados cuando el objetivo de la investigación así lo requiera.

Cuando en la investigación se buscan dinámicas territoriales de concentración (como control de la expansión urbana, consolidación urbana o vivienda) será necesario multiplicar los resultados del índice desarrollado por -1. En el caso de los trabajos que busquen favorecer la expansión o la lejanía (como las investigaciones relacionadas con expansión urbana, zonas industriales o rellenos sanitarios) el valor del índice deberá conservarse en su expresión original.

La integración de dos índices con tendencias contrapuestas en un solo resultado o índice global, fue uno de los retos más grandes de esta investigación, debido a que una de las premisas principales fue no subjetivizar los resultados con escalamiento de los índices y priorizar llegar a la integración de los resultados a través de la representación cartográfica adecuada.

Después de diversas pruebas, se llegó al mapa coroplético bivariado, que permitió la representación de los dos índices para la construcción del índice de aptitud territorial, bajo un enfoque temático que permitía la generación de subcategorías para cada combinación de grados en los índices sin generar ruido visual que entorpeciera el proceso de interpretación. Adicionalmente, se pudieron identificar zonas específicas entre las combinaciones de las dos variables cartográficas que simplificaron el proceso comprensión del índice de aptitud en cada conjunto habitacional.

Para el caso de estudio, los resultados fueron diferentes de los esperados en los planteamientos iniciales de la investigación, ya que los valores de aptitud en los conjuntos urbanos de vivienda de interés social que en su mayoría se encuentran en zonas aptas o zonas aptas sujetas a adaptación, esto indica que el entorno cuenta con condiciones adecuadas para el alojamiento de vivienda de interés social en términos del modelo aplicado.

Este resultado puede deberse a que al momento en que fueron desarrollados los conjuntos estos se encontraban en la periferia de la ciudad, que por tendencia de mercado de suelo tiende a ser la más económica, y que al paso de los años estas zonas se fueron consolidando, dando lugar a los equipamientos y servicios adecuados para que el valor de aptitud sea alto o condicionadamente alto.

Al realizar este modelo de análisis, una de las limitaciones principales estuvo relacionada con la obtención de datos para la producción de indicadores, debido a que estos tienen niveles de desagregación desiguales y con baja compatibilidad. Para lograr la producción de los indicadores fue necesario aplicar técnicas de procesamiento geométrico de los datos para adecuarlos al nivel de desagregación del cuadrante de análisis definido. Se recomienda que si este trabajo es replicado se tenga especial cuidado con estas adecuaciones, debido a que un error de cálculo geométrico puede comprometer la integridad del índice.

Una de los temas pendientes en esta investigación es la comparación del índice de aptitud territorial con la definición de zonas urbanas o urbanizables en los planes de desarrollo urbano a nivel municipal, sin embargo, al no contar con esta información en un formato accesible y actualizado, esta parte de la investigación que sería integrada en el capítulo IV tuvo que ser omitida, ya que la generación de la información en formato geográfico requería de tiempos que excedían los definidos por el programa de estudios.

Dentro de capítulo cuatro se abordó de forma breve la relación entre la aprobación de los conjuntos urbanos de vivienda de interés social y los instrumentos tecnológicos asociados a la vivienda que se encontraban vigentes y en línea con la política nacional, sin embargo, se considera que esta sección puede ser abordada de forma más amplia y considerando una comparativa de los resultados de estos instrumentos con los resultados de la investigación, debido a esto, se considera como el segundo tema pendiente.

Las líneas de investigación derivadas de este trabajo son variadas, ya que se enfocan en temas geotecnológicos, estadísticos, socioterritoriales y de política pública. Para comenzar se considera la integración de herramientas geotecnológicas para la divulgación de la información generada en esta investigación, tales como visualizadores geográficos, bases de datos de acceso libre y atlas digitales, así como la posibilidad de la producción de algoritmos especializados en el cálculo de indicadores y automatización de procesamientos relacionados con el análisis de aptitud territorial.

En lo que concierne a la línea de investigación estadística se incluye el estudio a profundidad del análisis de componentes principales para la generación de índices territoriales, considerando la producción de indicadores bajo criterios específicos y la relación entre la interacción espacial y la interacción estadística de los propios indicadores, considerando además la delimitación de la capacidad del análisis en relación a la expresión de la realidad de las dinámicas territoriales.

La línea socioterritorial integra temas de habitabilidad de las viviendas y su entorno en relación con los resultados del índice de aptitud territorial, donde la evaluación de la habitabilidad del entorno permite generar un análisis global de las condiciones del mismo y como estos espacios han sido utilizados para el desarrollo de actividades cotidianas y la adaptación de los habitantes, formando un puente entre ambas temáticas.

El segundo tema está relacionado con la ampliación del análisis de aptitud hacia una investigación cualitativa que permita profundizar en las condiciones de los servicios, los equipamientos, la infraestructura, el empleo, los costos de vida en las periferias y los riesgos que están presentes en el espacio contiguo a las viviendas, permitiendo reconocer las experiencias y perspectivas de las personas que habitan las viviendas de interés social y sus modos de vida relacionados con el entorno. De esta manera se puede generar una estimación de la distancia entre los resultados de los indicadores estadísticos y la realidad del territorio.

La tercera línea busca un acercamiento a la política de vivienda que se relaciona con la vivienda de interés social, especialmente sobre el momento histórico y político en que se dio la autorización de cada uno de los conjuntos y como las condiciones normativas propiciaron entornos específicos para los habitantes. En este eje temático puede considerarse el papel de la industria inmobiliaria en la política de vivienda y como esto afecta las condiciones bajo las que se desarrollan los conjuntos urbanos.

Respecto a las propuestas relacionadas con esta investigación se destaca la posibilidad de la replicación del método propuesto para analizar otras zonas de estudio y generar herramientas de apoyo en la planificación y ordenamiento del territorio. Como propuesta individual, se buscará generar un vínculo con los municipios que componen la zona de estudio para presentar la metodología y compartir la información generada en el proceso de investigación.

Se recomienda que los resultados que aloja este proyecto no sean considerados como la totalidad de la realidad del entorno de la vivienda de interés social, ya que se trata de un índice que refleja una realidad estadística, es decir, un acercamiento a las condiciones actuales del entorno y que es necesario que se profundice la investigación para la toma de decisiones informada, es decir, que este proyecto debe considerarse como un referente y no como la totalidad del análisis de la problemática relacionada con la vivienda de interés social.

Las dinámicas territoriales asociadas a la producción de vivienda periférica, especialmente de vivienda en conjunto, traen consigo efectos colaterales como la especulación del suelo motivada por el desarrollo de equipamientos y la incrementación de lotes con servicios colindantes con los conjuntos urbanos, que aunado a la mercantilización del suelo ejidal y las políticas públicas en materia de vivienda pueden tener efectos negativos en el acceso a la vivienda digna. Por lo que se recomienda un uso consiente de los productos de esta investigación, que caracterizan la aptitud del territorio y por consiguiente brindan información sobre las condiciones del entorno.

REFERENCIAS

- Agular L. Norma I. (s.f). *Vivienda digna, derecho humano a la*.
<https://100constitucion.cndh.org.mx/Content/Archivos/Diccionario/Vivienda-digna-derecho.pdf>
- Alderete Herrera J. (2010). *Vivienda de interés social*.
<http://cdigital.uv.mx/handle/123456789/37771>
- Anglés H. Marisol, Rovalo O. Montserrat y Tejado G. Mariana. (2021). *Manual de derecho ambiental mexicano*. Universidad Nacional Autónoma de México.
<https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/6429-manual-de-derecho-ambiental-mexicano>
- Arteaga A., I. (2005). De periferia a ciudad consolidada Estrategias para la transformación de zonas urbanas marginales. *Bitácora Urbano Territorial*. 9(1), 98-111.
<https://www.redalyc.org/pdf/748/74800909.pdf>
- Bazant S., J. (2001). Interpretación teórica de los procesos de expansión y consolidación urbana de la población de bajos ingresos en las periferias. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 16(2), 351–374. <https://doi.org/10.24201/edu.v16i2.1122>
- Campos, J. (2009). *La geografía de la marginación: enfoque conceptual y metodológico alternativo para el caso de México [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]*. Repositorio Institucional de la UNAM.
- Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2016). *Índice de Peligro por Inundación*.
<http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/>
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2024). *Áreas Naturales Protegidas*.
<https://www.gob.mx/conanp/documentos/areas-naturales-protegidas-278226>
- Comisión Nacional de Población. (2021). *Índice de marginación urbana 2020*.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/685307/Nota_t_cnica_IMU_2020.pdf
- Comisión Nacional de Vivienda. (2016). *Misión, Visión y Objetivo de la CONAVI*.
<https://www.gob.mx/conavi/documentos/mision-vision-y-objetivo-de-la-conavi>
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (s.f.). *Índice de Marginación Urbana*.

- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (s.f.). ¿Qué es el Rezago Social? <https://www.coneval.org.mx/Medicion/IRS/Paginas/Que-es-el-indice-de-rezago-social.aspx#:~:text=El%20Rezago%20Social%20es%20una,federativas%2C%20municipios%20y%20localidades>)
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2023). *Índice de Rezago Social Longitudinal*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/Documents/Rezago_Social_Longitudinal/2020/Nota_tecnica.pdf
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Constitución]. Artículo 115. 5 de febrero de 1917. (México)
- CONEVAL. (2010). *Principales retos en el ejercicio del derecho a la vivienda digna y decorosa*. https://www.coneval.org.mx/Evaluacion/IEPSM/Documents/Derechos_Sociales/Dossieres_Derechos_Sociales/Retos_Derecho_Vivienda.pdf
- Decreto sin número de 2002 [SEDESOL]. por el que se aprueba el Programa Sectorial de Vivienda 2001-2006. 23 de mayo de 2002.
- Del Fresno, C. y Linares, S. (octubre de 2017). *Evaluación de la aptitud del suelo para la expansión urbana mediante la aplicación What If* [Conferencia]. VI Congreso de Geografía de las Universidades Nacionales, Facultad de Humanidades, UNNE. Resistencia, Chaco, Argentina. <https://www.researchgate.net/publication/321012852>
- Delgado S. Baruch F. y Bernal B María José. (2016). *Catálogo para la calificación de violaciones a derechos humanos, segunda edición. Colección CODHEM. Universidad Nacional Autónoma de México*. <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/4974-catalogo-para-la-calificacion-de-violaciones-a-derechos-humanos-segunda-edicion-coleccion-codhem>
- El sol de Toluca (2024). *2.6 millones de viviendas del Edomex no tienen las condiciones necesarias para ser habitables*. <https://www.elsoldetoluca.com.mx/local/2.6-millones-de-viviendas-del-edomex-no-tienen-las-condiciones-necesarias-para-ser-habitables-11524343.html>
- Fujita, M. y Krugman, P. (2004). *La nueva geografía económica: pasado, presente y futuro*. Revista Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research, (4), 177-206.

- Galindo, P. Mateo. (2007). Urbanización difusa y reconfiguración rural-urbana en el centro de México. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional UNAM.
- García, Vázquez C. (2016). Teorías e historia de la ciudad contemporánea. Gustavo Gil, SL. p. 76
- Gobierno del Estado de México (2019). Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México 2019.
https://sedui.edomex.gob.mx/sites/sedui.edomex.gob.mx/files/files/Plan%20Estatal%20de%20DU/PEDU_Extenso_19Dic2019WEB.pdf
- Gómez, D. y Gómez, M. (28-30 de octubre de 2014). *Marco conceptual para la ordenación territorial y reflexiones sobre el proceso ecuatoriano en la materia*. IX Simposio Nacional de Desarrollo Urbano y Planificación Territorial. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- González Gabriel, L. F., Coronado Mendoza, A., & Pérez Villalpando, M. A. (2020). La relación costo beneficio de la provisión de vivienda: hacia una reconceptualización del modelo inmobiliario en México. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (7), 17-29.
<https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i7.127>
- Haramoto Nishikimoto, E., Chiang, P., Kliwadenko, I. y Sepúlveda, R. (1987). *Informe final Proyecto FONDECYT: Vivienda Social. Un modelo interrelacionado de decisiones* (N° 1078/84). Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de la Vivienda, Universidad Central de Chile.
- Haramoto Nishikimoto, E. (1992). *La vivienda social en Chile 1990-1991*. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de la Vivienda.
- Harvey, D. (2013). *Ciudades rebeldes. Del derecho a la ciudad a la revolución urbana* (J. Madariaga, Trans.). Akal (Trabajo publicado en 2012)
- Hostee P. y Brused M. (1999). *Análisis de aptitud para la expansión urbana*.
https://www.birdlist.org/downloads/ilwis/caso_analisis_de_aptitud_para_expansion_urbana.pdf
- Ignacio Barragan, Juan. (1994). 100 años de vivienda en México: Historia de la vivienda en una óptica económica y social. URBIS internacional

- INFONAVIT (2021). *Reglas para el otorgamiento de créditos a los trabajadores derechohabientes del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores*. https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/d1b5f15a-dfd5-41d7-98ba-90e6f0e6d54e/Reglas_de_Caracter_General_aprobadas.pdf?MOD=AJPERES
- INFONAVIT (2025) Zonas de Consolidación Urbana. <https://visorzcu.infonavit.org.mx/>
- INEGI. (2000). Marco Geoestadístico Nacional. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#descargas>
- INEGI. (2010). Marco Geoestadístico Nacional. <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/#descargas>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (s.f.). *Glosario*. <https://www.inegi.org.mx/app/glosario/default.html?p=ENOE15>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Uso de Suelo y Vegetación*. <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Censo de Población y Vivienda (CPV) 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#microdatos>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023a). *Marco Geoestadístico Nacional*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=794551067314>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023b). *Metodología de la malla para la publicación de información estadística y geográfica*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463912002.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Directorio Nacional de Unidades Económicas*. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Joly, F. (1988). *La cartografía*. Oikos-Tau, S.A. Ediciones.
- Knox, P. y Pinch, S. (2010). *Urban Social Geography: An Introduction*. PEARSON.
- Krugman, P. (1992). *Geografía y Comercio*. Antoni Bosch.
- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano [LGAHOTDU]. Artículo 9. 28 de noviembre de 2016 (México)

Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano [LGAHOTDU]. Artículo 10. 28 de noviembre de 2016 (México)

López Lara, A., Adame Martínez, S., Hoyos Castillo, G. y Campos Medina, E. (2022). Modelo de evaluación de aptitud territorial para el crecimiento urbano sustentable en la Zona Metropolitana de Toluca. *Nova Scientia*, 14(29), 1-19. <https://doi.org/10.21640/ns.v14i29.3074>

Martínez B. G. Víctor M. (1991). *El derecho a la vivienda digna. Cuadernos del Instituto de Investigaciones Jurídicas. Aspectos jurídicos de la vivienda*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/1766-cuadernos-del-instituto-de-investigaciones-juridicas-aspectos-juridicos-de-la-vivienda>

Martínez Martínez, M., Covarrubias Ruesga, M., Barajas Ávalos, I., Correa Fuentes, D. y Ramírez Rivera, M. (2023). Propuesta metodológica a partir del análisis de los procesos para determinar zonas aptas para la expansión urbana aplicados por Aguilar, J. R. V., Principi, N. 2017 y Daga López, R. A. 2009. *Innovación y Desarrollo Tecnológico Revista Digital*, 15(1). 355 – 366. https://iydt.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/01/1_41_propuesta-metodologica-a-partir-del-analisis-de-los-procesos-para-determinar-zonas-aptas-para-la-expansion-urbana-aplicados-por-aguilar_.pdf

Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago

ONU HABITAT (2010). *El derecho a una vivienda adecuada*. https://www.ohchr.org/sites/default/files/Documents/Publications/FS21_rev_1_Housing_sp.pdf

Ortiz, I. (2017). *Introducción al Derecho Urbanístico*. Fondo Editorial de la PUCP.

Ortiz, I. y Vílchez, X. (2023). El derecho a la vivienda: problemas, regulación y retos en el contexto peruano. *Revista de derecho administrativo*. (22), 116-138. <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoadministrativo/article/view/27658>

Sanabria Artunduaga, T. H. (2010). *Cuatro precisiones metodológicas para identificar la aptitud territorial*. *Revista Bitácora urbano territorial*. 16 (1). 79-88. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74815074005>

Sarmiento, J. (2013). Antecedentes de la vivienda industrializada como propuesta ecológica. HITO: Revista de arquitectura. (27). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4750193>

Secretaria de Desarrollo Urbano. (octubre, 2008). *Ciudades del Bicentenario: Una propuesta de ordenamiento del territorio para tener mejores ciudades.* <https://docplayer.es/75169007-Ciudades-del-bicentenario-una-propuesta-de-ordenamiento-del-territorio-para-tener-mejores-ciudades-secretaria-de-desarrollo-urbano.html>

Secretaria de Gobernación. (2014). *REGLAS de Operación del Programa de Esquemas de Financiamiento y Subsidio Federal para Vivienda, del ejercicio fiscal 2015 y subsecuentes.* https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5377628&fecha=29/12/2014#gsc.tab=0

Secretaria de Seguridad y Protección Ciudadana. (2021). Inundaciones. <https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>

Sistema Estatal de Información Urbana, Metropolitana y Vivienda (2024). *Descriptiva de cada zona metropolitana.* <http://plataforma.seduym.edomex.gob.mx/SIGZonasMetropolitanas/PEIM/descriptiva.do>

Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda. (s.f.). Histórico de Datos Abiertos. https://sniiv.sedatu.gob.mx/Reporte/Datos_abiertos_anterior

SEDATU (2017a). *Crea la SEDATU Plataforma Nacional de Información Registral y Catastral.* <https://www.gob.mx/sedatu/prensa/crea-la-sedatu-plataforma-nacional-de-informacion-registral-y-catastral>

SEDATU (2017b). *Guía Metodológica para la Elaboración de Programas de Ordenamiento Territorial.* https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300383/Gui_a_Metodolo_gica_OT.pdf

SEDATU. (2023). *Metrópolis de México 2020.* https://www.gob.mx/cms/uploads/sedatu/MM2020_06022024.pdf

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2014). *Perímetros de Contención Urbana*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/80337/MODELO_PCU_Reservas_Territoriales_2014.pdf?utm_source=chatgpt.com

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2021a). *Glosario SNIIV*.

<https://sistemas.sedatu.gob.mx/repositorio/proxy/alfresco-noauth/api/internal/shared/node/FbR2jXfZReirHW6feb3o4Q/content/GLOSARIO%20SNIIV.pdf>

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2021b). *Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial de la Sedatu*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632549/ENOT._versio_n_ejecutiva._26.2.21-Abr_.pdf

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2021c). *Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2021-2024*.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/643102/PNOTDU_VERSION_FINAL_28.05.2021-comprimido.pdf

Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano. (2022). *Lineamientos, para la elaboración de Programas Municipales de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PMOTDU)*.

<https://mimexicolate.gob.mx/wp-content/uploads/2022/04/Lineamientos-PMOTDU.pdf>

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2024a). *¿Qué hacemos?*

<https://www.gob.mx/sedatu/que-hacemos>

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (2024b). *Contenidos generales para planes o programas municipales de ordenamiento territorial y/o desarrollo urbano.(NOM-005-SEDATU-2024)*.

https://paot.org.mx/centro/normas_a/2024/2024_07_09_MAT_sedatu.pdf

Secretaría de Desarrollo Urbano e Infraestructura (2024). *Planes Municipales de Desarrollo Urbano*. Sedui.

https://sedui.edomex.gob.mx/planes_municipales_de_desarrollo_urbano

Sistema Estatal de Información Urbana, Metropolitana y Vivienda (2024). *Descriptiva de cada zona metropolitana*.

<http://plataforma.seduym.edomex.gob.mx/SIGZonasMetropolitanas/PEIM/descriptiva.do>

Soja, E. (2014). *En busca de la justicia espacial* (C. Azcárraga, Trans.). Tirant Humanidades. (Trabajo publicado en 2010)

Venancio Flores Arturo (2016). *Planificación y gestión del desarrollo de la zona Metropolitana del Valle de Toluca: un análisis desde la gobernanza*. Ciudadanía Activa. Número 5. https://laoms.org/wp-content/uploads/2017/01/CA5_Final.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Fuentes de información para los indicadores del modelo de aptitud territorial

Indicador	Fuente	Fecha	Producto	Información
(i01) Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano	INEGI	Nov-2024	DENUE - Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas	Todas las unidades económicas
(i02) Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km				
(i03) Densidad de población por polígono	INEGI	2020	Censo de población y vivienda (cuestionario básico - resultados por manzana urbana)	Población total
(i04) Distancia a vías primarias	Instituto Mexicano del Transporte	2024	Red Nacional de Caminos	Red vial
(i05) Distancia a vías secundarias				
(i06) Distancia a zonas de concentración de vivienda	INEGI	2020	Censo de población y vivienda (cuestionario básico - resultados por manzana urbana)	Viviendas totales
(i07) Porcentaje de viviendas particulares habitadas				Viviendas totales y viviendas particulares habitadas
(i08) Densidad de viviendas por polígono				Viviendas totales
(i09) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio				Total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de agua
(i10) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje				Total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de drenaje
(i11) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad				Total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de electricidad
(i12) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono				Total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de teléfono
(i13) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet				Total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de internet

(i14) Distancia a equipamientos de salud				Servicios de salud y asistencia social
(i15) Distancia a equipamientos educativos				Servicios educativos
(i16) Distancia a equipamientos de abasto				Comercio al por menor
(i17) Distancia a equipamientos deportivos y recreativos				Servicios de Información Puntual
(i18) Distancia a estaciones o comandancias de policía				
(i19) Porcentaje de superficie de áreas verdes en el polígono				Servicios de Información de Área
(i20) Cobertura del polígono menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol				Datos vectorial edafológicos
(i21) Presencia de usos de suelo incompatibles (cuerpos de agua, bosque y tular)				Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación.
(i22) Presencia de Áreas Naturales Protegidas				Áreas Naturales Protegidas Estatales y Federales
(i23) Zonas con peligro de inundación alto				Zonas con peligro de inundación muy alto y alto
(i24) Susceptibilidad a deslizamientos de laderas				Zonas con susceptibilidad de deslizamiento de laderas muy alto y alto.
(i25) Distancia a gasolineras (30m)				Comercio al por menor de gasolina y diesel
(i26) Distancia a gaseras(30m)				Comercio al por menor de gas L. P. en cilindros y para tanques estacionarios y en estaciones de carburación
(i27) Distancia a zonas industriales de riesgo (50m)				Parques industriales

Anexo 2. Primer modelo preliminar de ajuste

Los indicadores descritos a continuación fueron generados con un nivel de desagregación de AGEB (urbanas y rurales), a partir de información geográfica pública oficial, a través de procesamientos y análisis geoespaciales, ejecutados en el software QGIS versión 3.34.6. La descripción que se presenta a continuación para cada indicador busca integrar los procesamientos y fórmulas, las fuentes de información pueden consultarse en el anexo 1.

(i01) Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano

Para la generación de las Zonas de Concentración de Empleo (ZCE) se utilizó una cuadrícula vectorial de 100m x 100m generada a partir del perímetro de la Zona Metropolitana de Toluca. El criterio de generación del tamaño de la cuadrícula se describe en el capítulo III.

Una vez que se realizó la cuadrícula, se ejecutó un proceso de cuenta de puntos en polígonos para obtener la cantidad de unidades económicas dentro de cada cuadrante. Después, se clasificaron los cuadrantes con >20 unidades económicas como una ZCE. Por último, se calculó la distancia cartesiana desde el centroide del AGEB a la zona de concentración de empleo más cercana.

(i02) Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km

Se preparó la información de las unidades económicas para extraer la media de clase del personal ocupado (*per_ocu*), con la cual se generó el valor estimado de empleos en cada unidad económica. El segundo paso fue generar un buffer de 5km para cada una de las AGEB.

Posteriormente se ejecutó el proceso de conteo de puntos en polígonos, con las unidades económicas y los buffers de AGEB, utilizando el campo de peso correspondiente al empleo, para conocer la cantidad de empleos en un radio de 5km. Por último, se realizó la unión de los resultados del conteo de empleos en los buffers con las AGEB a partir de la clave geográfica.

(i03) Densidad de población por polígono

Se generó la capa de AGEBs de la Zona Metropolitana de Toluca con información de población total y se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{densidad de población} = \frac{\text{población total}}{\text{Superficie de la AGEB (Ha)}}$$

(i04) Distancia a vías primarias (está dentro o a máximo 2 km)

El primer paso fue generar la limpieza de la capa de red vial de la RNC para extraer las vías primarias, es decir, aquellas vías cuyo tipo corresponde a: carretera, boulevard, avenida, circuito, calzada, periférico, circunvalación o eje vial. Una vez generada la capa de vías primarias, se procedió al cálculo de la distancia cartesiana entre el centroide de cada AGEB y la vía primaria más cercana.

Por último, se clasificaron las AGEB bajo un criterio binario (1 y 0) considerando el criterio VII de la regla sexta de las RCN de INFONAVIT, que describe lo siguiente “Cercanía de hasta 2km a Vías Primarias” (INFONAVIT, 201, p.6). Durante la clasificación se asignó el valor 1 a las AGEB cuya distancia a la vía primaria más cercana tenía un valor máximo de 2km o bien, a las que tenían dentro alguna vía primaria. El valor 0 se asignó a aquellos AGEB que no cumplían los criterios anteriores, es decir, que no tuvieran una vía primaria al interior de la AGEB o que la distancia a la vía primaria más próxima fuera mayor a 2km.

(i05) Distancia a vías secundarias

Se generó la limpieza de la red vial para la extracción de las vías secundarias, seleccionando aquellas cuyo tipo de vía corresponde a: calle, callejón, privada, prolongación y cerrada. Una vez generada la capa de vías secundarias, se procedió a identificar aquellas AGEB que contenían o intersectaban con una vía secundaria.

Por último, se AGEB bajo un criterio binario (1 y 0), asignando el valor 1 a los cuadrantes que contenían en su interior o intersectaban con alguna vía secundaria y el valor 0 a los que no contenían una vía secundaria.

(i06) Distancia a zonas de concentración de vivienda

A partir de la información de viviendas totales del Censo de Población y Vivienda se generó una capa de puntos dentro de cada AGEB con la herramienta de creación de puntos en polígonos con una distancia mínima de 1m y VIVTOT como el campo de peso. Cada punto refleja la ubicación estimada de una vivienda dentro de la AGEB. Como paso siguiente se ejecutó el proceso de cuenta de puntos en polígonos utilizando la misma cuadrícula que en el indicador i01, para obtener la cantidad de viviendas dentro de cada cuadrante.

Una vez generada la capa de cuadrantes con el conteo de viviendas, se realizó la clasificación de los cuadrantes que contenían más de 21 viviendas (>21) como una **Zona de Concentración de Vivienda**. La cantidad de viviendas que generan una zona de concentración se determinó a partir de los descrito en el anexo 2 de las RCG de Infonavit antes mencionadas, que corresponde a la cantidad de viviendas de las localidades de 2 millones de habitantes o más. Por último, se calculó la distancia cartesiana desde centroide de cada AGEB a la zona de concentración de vivienda más cercana.

(i07) Porcentaje de viviendas particulares habitadas

Se generó la capa de las AGEBs de la Zona Metropolitana de Toluca con información de viviendas particulares habitadas y viviendas totales. Después se calculó el porcentaje de viviendas particulares habitadas a partir de la siguiente fórmula:

$$pvph = \frac{\text{total de viviendas particulares habitadas} * 100}{\text{viviendas totales}}$$

(i08) Densidad de viviendas por polígono

El primer paso fue generar la capa de AGEBs de la Zona Metropolitana de Toluca con información de viviendas totales. Después se calculó la superficie de cada AGEB en hectáreas (Ha). Por último, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{densidad de viviendas} = \frac{\text{viviendas totales}}{\text{superficie de la AGEB (Ha)}}$$

(i09) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio

En primer lugar, se generó la capa de AGEBs de la zona de estudio con información del total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de agua dentro de la vivienda. El segundo paso fue calcular el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con agua} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con agua} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i10) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje

Como primer pasose generó la capa de AGEBs de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de drenaje. El segundo paso fue calcular el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con drenaje} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con drenaje} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i11) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad

Se generó la capa de AGEBS de la zona de estudio con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de electricidad. Posteriormente se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con electricidad} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con electricidad} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i12) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono

Primero, se generó la capa de las AGEBS de la zona de estudio con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de teléfono. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con teléfono} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con teléfono} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i13) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet

Se generó la capa de AGEBS de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de internet. Después se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con internet} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con internet} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i14) Distancia a equipamientos de salud

En primer lugar, se generó la limpieza de la capa de actividad económica para extraer aquellos establecimientos (del sector público y privado) cuya actividad corresponde a: clínicas de consultorios médicos, consultorios de medicina especializada, consultorios de medicina general, hospitales de otras especialidades y hospitales generales.

Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada AGEB y el equipamiento de salud más cercano. Por último, se clasificaron las AGEBS bajo un criterio binario (1 y 0) tomando lo descrito en la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT, que en el criterio V establece una "Cercanía de hasta 2.5km a uno o más Establecimientos de Salud" (INFONAVIT, 2021, p.6).

Se asignó el valor 1 a las AGEB cuya distancia al establecimiento de salud más cercano era de máximo 2.5 km o bien, las AGEB que dentro contenían un equipamiento de salud.

El valor 0 se asignó a las AGEB que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento de salud más cercano se encontraba a más de 2.5km.

(i15) Distancia a equipamientos educativos

Se generó la limpieza de la capa de actividad económica para extraer aquellos establecimientos (del sector público y privado) cuya actividad corresponde a: escuelas de educación preescolar, escuelas de educación primaria, escuelas de educación secundaria general, escuelas de educación secundaria técnica, escuelas de educación media superior, escuelas de educación media terminal y escuelas que combinan diversos niveles de educación.

Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada AGEB y el equipamiento educativo más cercano. Posteriormente, se clasificaron las AGEB bajo un criterio binario (1 y 0) tomando como referencia la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT, en los apartados III y IV que establecen respectivamente “Cercanía de hasta 2km a uno o más Escuelas Primarias” (INFONAVIT, 2021, p.5) y “Cercanía de hasta 2km a uno o más Escuelas Secundarias” (INFONAVIT, 2021, p.5), de los cuales se optó por retomar el valor más alto.

Se asignó el valor 1 a las AGEB cuya distancia al establecimiento educativo más cercano era de máximo 2.5 km o bien, las que dentro contenían un establecimiento educativo. El valor 0 se asignó a las AGEB que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento educativo más cercano se encontraba a más de 2.5km.

(i16) Distancia a equipamientos de abasto

Primeramente, se generó la limpieza de la capa de actividad económica para extraer aquellos establecimientos (cuya actividad corresponde a: comercio al por menor de carnes rojas, comercio al por menor de carne de aves, comercio al por menor de semillas y granos alimenticios, especias y chiles secos, comercio al por menor de frutas y verduras frescas, comercio al por menor de leche, otros productos lácteos y embutidos, comercio al por menor en minisúper, comercio al por menor en supermercados, comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas y farmacias con minisúper.

Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada AGEB y el equipamiento de abasto más cercano. Para finalizar, se clasificaron las AGEBs bajo un criterio binario (1 y 0) tomando lo descrito en la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT,

que en el criterio VI establece una “Cercanía de hasta 2km a uno o más Establecimientos de Abasto” (INFONAVIT, 2021, p.6).

Se asignó el valor 1 a las AGEBS cuya distancia al establecimiento de abasto más cercano era de máximo 2 km o bien, las AGEBS que dentro contenían un equipamiento de abasto. El valor 0 se asignó a las AGEBS que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento de abasto más cercano se encontraba a más de 2km.

(i17) Distancia a equipamientos deportivos y recreativos

Como primer paso, se generó la limpieza de la capa de servicios de información para extraer aquellos puntos cuyo tipo se refería a: instalaciones deportivas y recreativas y edificaciones culturales. El segundo paso fue calcular la distancia cartesiana entre el centroide de cada AGEB y el equipamiento deportivo y recreativo más cercano. En el tercer paso, se clasificaron las AGEBS bajo un criterio binario (1 y 0) tomando como referencia la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT, que en el apartado VII establece la “Cercanía de hasta 2km a uno o más Espacios recreativos” (INFONAVIT, 2021, p.6).

Se asignó el valor 1 a las AGEBS cuya distancia al establecimiento deportivo y recreativo más cercano era de máximo 2 km o bien, las AGEBS que dentro contenían un establecimiento de esta categoría. El valor 0 se asignó a las AGEBS que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento deportivo y recreativo más cercano se encontraba a más de 2km.

(i18) Distancia a estaciones o comandancias de policía

Primero, se generó la limpieza de la capa de servicios de información para extraer aquellos puntos cuyo tipo se refería a central de policía. El segundo paso fue calcular la distancia cartesiana entre el centroide de cada AGEB y la central de policía más cercano. Por último, se clasificaron las mediciones bajo un criterio binario (1 y 0), se asignó el valor 1 a las AGEBS cuya distancia al establecimiento más cercano era de máximo 2 km o bien, las AGEBS que dentro contenían un establecimiento de esta categoría. El valor 0 se asignó a las AGEBS que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuya central de policía más cercano se encontraba a más de 2km.

(i19) Porcentaje de superficie de áreas verdes en el polígono

En primer lugar, se generó la limpieza de la información servicios de información de área seleccionado aquellos polígonos cuyo tipo correspondía a áreas verdes. Una vez que se

seleccionaron las áreas verdes (AV), se generó un proceso de intersección entre las áreas verdes y las AGEBS, y se calculó la superficie de intersección en hectáreas. Por último, se calculó el porcentaje de superficie utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de superficie de AV} = \frac{\text{Superficie intersectada del AV} * 100}{\text{Superficie de la AGEB (Ha)}}$$

(i20) Cobertura del polígono menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol

Como primer paso, se extrajeron del conjunto de datos vectoriales edafológicos los polígonos cuyo tipo de suelo correspondía a: andosol, cambisol o vertisol. Después se generó el recorte de la información con el límite de la Zona Metropolitana de Toluca, con esto se generó la capa de suelos.

El segundo paso fue calcular la superficie de cada AGEB en Ha. En el tercer paso, se generó un análisis de intersección entre la capa de suelos y las AGEBS, así como el cálculo de la superficie de intersección en hectáreas. El tercer paso fue calcular el porcentaje de cobertura de suelo de tipo andosol, cambisol o vertisol dentro de la AGEB, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \text{Porcentaje de cobertura de suelo} \\ & = \frac{\text{Superficie de suelo de tipo andosol, cambisol o vertisol en Ha} * 100}{\text{Superficie de la AGEB (Ha)}} \end{aligned}$$

Por último, se clasificaron las AGEBS bajo un criterio binario (1 y 0), asignado 1 a aquellas cuya superficie de los suelos antes descritos era menor a 50% (<50) y asignando 0 a las AGEBS cuya superficie era mayor a 50 (>50).

Anexo 3. Segundo modelo preliminar de ajuste

Este modelo preliminar de ajuste se hizo con base en los cuadrantes de análisis, cuyo proceso se describe en el capítulo III. Los insumos utilizados se pueden consultar en el anexo 1. A continuación se describe el proceso de generación para cada indicador.

(i01) Distancia a zonas de concentración de empleo más cercano

Una vez que se generó la cuadrícula de 100m x 100m, se ejecutó un proceso de cuenta de puntos en polígonos para obtener la cantidad de unidades económicas dentro de cada cuadrante. Posteriormente se clasificaron los cuadrantes con >20 unidades económicas como *una zona de concentración de empleo*. El criterio de la cantidad de unidades económicas que generan una zona de concentración de empleo es el mismo que el descrito en el anexo 3. Por último, se calculó la distancia cartesiana desde centroide del cuadrante de análisis a la zona de concentración de vivienda más cercana.

(i02) Cantidad de unidades de empleo en un radio de 5 km

Como primer paso se preparó la información de las unidades económicas para extraer la media de clase del personal ocupado (*per_ocu*), con la cual se generó el valor estimado de empleos en cada unidad económica. El segundo paso fue generar un buffer de 5km para cada uno de los cuadrantes de análisis. Posteriormente se ejecutó el proceso de conteo de puntos en polígonos, con las unidades económicas y los buffers de cuadrantes, utilizando el campo de peso correspondiente al empleo, para conocer la cantidad de empleos en un radio de 5km. Por último, se realizó la unión de los resultados del conteo con los cuadrantes de análisis a partir de la clave de cuadrante.

(i03) Densidad de población por polígono

Se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de población total. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i06 del modelo C2.0, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. Por último, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{densidad de población} = \frac{\text{población total}}{\text{superficie del cuadrante de análisis en Ha}}$$

(i04) Distancia a vías primarias

Se realizó la limpieza de la capa de red vial de la RNC para extraer las vías primarias, es decir, aquellas vías cuyo tipo corresponde a: carretera, boulevard, avenida, circuito, calzada, periférico, circunvalación o eje vial. Una vez generada la capa de vías primarias, se procedió al cálculo de la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y la vía primaria más cercana. Por último, se clasificaron los cuadrantes de análisis bajo un criterio binario (1 y 0) considerando el criterio VII de la regla sexta de las RCN de INFONAVIT, que describe lo siguiente “Cercanía de hasta 2km a Vías Primarias” (INFONAVIT, 201, p.6).

Durante la clasificación se asignó el valor 1 a los cuadrantes cuya distancia a la vía primaria más cercana tenía un valor máximo de 2km o bien, a los cuadrantes que tenían dentro alguna vía primaria. El valor 0 se asignó a aquellos cuadrantes que no cumplían los criterios anteriores.

(i05) Distancia a vías secundarias

Se generó la limpieza de la red vial para la extracción de las vías secundarias, seleccionando aquellas cuyo tipo de vía corresponde a: calle, callejón, privada, prolongación y cerrada. Una vez generada la capa de vías secundarias, se procedió al cálculo de la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y la vía secundaria más cercana. Por último, se clasificaron los cuadrantes de análisis bajo un criterio binario (1 y 0), asignando el valor 1 a los cuadrantes que contenían en su interior alguna vía secundaria y el valor 0 a los que no contenían una vía secundaria.

(i06) Distancia a zonas de concentración de vivienda

A partir de la información de viviendas totales del Censo de Población y Vivienda se generó una capa de puntos dentro de cada manzana, a partir de la herramienta de creación de puntos en polígonos con una distancia mínima de 1m y VIVTOT como el campo de peso. Cada punto refleja la ubicación estimada de una vivienda dentro de la manzana. Como paso siguiente se ejecutó el proceso de cuenta de puntos en polígonos con los mismos cuadrantes usados para las Zonas de Concentración de Empleo, para obtener la cantidad de viviendas dentro de cada cuadrante.

Una vez que se generada la capa de cuadrantes con el conteo de viviendas, se realizó la clasificación de los cuadrantes que contenían más de 21 viviendas (>21) como una *zona de concentración de vivienda*. La cantidad de viviendas que generan una zona de concentración se determinó a partir de los descrito en el anexo 2 de las RCG antes

mencionadas, que corresponde a la cantidad de viviendas de las localidades de 2 millones de habitantes o más. Por último, se calculó la distancia cartesiana desde centroide del cuadrante de análisis a la zona de concentración de vivienda más cercana.

(i07) Porcentaje de viviendas particulares habitadas

Se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de viviendas particulares habitadas y viviendas totales. Después se ejecutó un proceso de intersección entre las manzanas y los cuadrantes de análisis, para poder calcular el porcentaje de superficie de intersección en metros. Posteriormente, se calculó el valor equivalente a la superficie de intersección para viviendas totales y viviendas particulares habitadas a partir la siguiente fórmula:

$$vcSupIn = \frac{\text{superficie de la manzana que intersecciona (en metros)} * \text{valor del campo en la manzana}}{\text{área del cuadrante (en metros)}}$$

Una vez obtenido el valor equivalente de los campos antes mencionados en la superficie de intersección, se calcula el valor del indicador por cuadrante de análisis a partir de la fórmula $pvp_h = \frac{\text{total de viviendas particulares habitadas} * 100}{\text{viviendas totales}}$.

(i08) Densidad de viviendas por polígono

Primero, se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de viviendas totales. Después se replicaron los pasos dos y tres del indicador i07 de este modelo, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. Posteriormente se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{densidad de viviendas} = \frac{\text{viviendas totales}}{\text{superficie del cuadrante de análisis en Ha}}$$

(i09) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de agua dentro del domicilio

Primero, se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de agua dentro de la vivienda. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i07 de este modelo, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con agua} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con agua} \cdot 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i10) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de drenaje

Se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de drenaje. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i07 de este modelo, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con drenaje} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con drenaje} \cdot 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i11) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de electricidad

Primero, se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de electricidad. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i07 de este modelo, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con electricidad} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con electricidad} \cdot 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i12) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de teléfono.

El primer paso fue generar la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de teléfono. Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i07 de este modelo, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con teléfono} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con teléfono} \cdot 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i13) Porcentaje de viviendas con disponibilidad de servicio de internet

Primero, se generó la capa de manzanas de la Zona Metropolitana de Toluca con información de total de viviendas particulares habitadas y viviendas con servicio de internet.

Posteriormente se replicaron los pasos dos y tres del indicador i07 de este modelo, para la generación de las zonas de intersección de manzanas con cuadrantes de análisis y el cálculo de superficie de intersección. A continuación, se calculó el valor del indicador a partir de la fórmula:

$$\text{porcentaje de viviendas con internet} = \frac{\text{viviendas particulares habitadas con internet} * 100}{\text{total de viviendas particulares habitadas}}$$

(i14) Distancia a equipamientos de salud

En primer lugar, se generó la limpieza de la capa de actividad económica para extraer aquellos establecimientos (del sector público y privado) cuya actividad corresponde a: clínicas de consultorios médicos, consultorios de medicina especializada, consultorios de medicina general, hospitales de otras especialidades y hospitales generales.

Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento de salud más cercano. Por último, se clasificaron los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0) tomando lo descrito en la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT, que en el criterio V establece una “Cercanía de hasta 2.5km a uno o más Establecimientos de Salud” (INFONAVIT, 2021, p.6).

Se asignó el valor 1 a los cuadrantes cuya distancia al establecimiento de salud más cercano era de máximo 2.5 km o bien, los cuadrantes que dentro contenían un equipamiento de salud. El valor 0 se asignó a los cuadrantes que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento de salud más cercano se encontraba a más de 2.5km.

(i15) Distancia a equipamientos educativos.

En primer lugar, se generó la limpieza de la capa de actividad económica para extraer aquellos establecimientos (del sector público y privado) cuya actividad corresponde a: escuelas de educación preescolar, escuelas de educación primaria, escuelas de educación secundaria general, escuelas de educación secundaria técnica, escuelas de educación media superior, escuelas de educación media terminal y escuelas que combinan diversos niveles de educación.

Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento educativo más cercano. Por último, se clasificaron los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0) tomando como referencia la regla cuarta de las

RCG de INFONAVIT, en los apartados III y IV que establecen respectivamente “Cercanía de hasta 2km a uno o más Escuelas Primarias” (INFONAVIT, 2021, p.5) y “Cercanía de hasta 2km a uno o más Escuelas Secundarias” (INFONAVIT, 2021, p.5), de los cuales se optó por retomar el valor más alto.

Se asignó el valor 1 a los cuadrantes cuya distancia al establecimiento educativo más cercano era de máximo 2.5 km o bien, los cuadrantes que dentro contenían un establecimiento educativo. El valor 0 se asignó a los cuadrantes que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento educativo más cercano se encontraba a más de 2.5km.

(i16) Distancia a equipamientos de abasto

Primeramente, se generó la limpieza de la capa de actividad económica para extraer aquellos establecimientos (cuya actividad corresponde a: comercio al por menor de carnes rojas, comercio al por menor de carne de aves, comercio al por menor de semillas y granos alimenticios, especias y chiles secos, comercio al por menor de frutas y verduras frescas, comercio al por menor de leche, otros productos lácteos y embutidos, comercio al por menor en minisúper, comercio al por menor en supermercados, comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas y farmacias con minisúper.

Después se generó el cálculo de distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento de abasto más cercano. Por último, se clasificaron los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0) tomando lo descrito en la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT, que en el criterio VI establece una “Cercanía de hasta 2km a uno o más Establecimientos de Abasto” (INFONAVIT, 2021, p.6).

Se asignó el valor 1 a los cuadrantes cuya distancia al establecimiento de abasto más cercano era de máximo 2 km o bien, los cuadrantes que dentro contenían un equipamiento de abasto. El valor 0 se asignó a los cuadrantes que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento de abasto más cercano se encontraba a más de 2km.

(i17) Distancia a equipamientos deportivos y recreativos

Como primer paso, se generó la limpieza de la capa de servicios de información para extraer aquellos puntos cuyo tipo se refería a: instalaciones deportivas y recreativas y edificaciones culturales. El segundo paso fue calcular la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y el equipamiento deportivo y recreativo. Por último, se clasificaron

los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0) tomando como referencia la regla cuarta de las RCG de INFONAVIT, que en el apartado VII establece la “Cercanía de hasta 2km a uno o más Espacios recreativos” (INFONAVIT, 2021, p.6).

Se asignó el valor 1 a los cuadrantes cuya distancia al establecimiento deportivo y recreativo más cercano era de máximo 2 km o bien, los cuadrantes que dentro contenían un establecimiento de esta categoría. El valor 0 se asignó a los cuadrantes que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuyo equipamiento deportivo y recreativo más cercano se encontraba a más de 2km.

(i18) Distancia a estaciones o comandancias de policía

Se generó la limpieza de la capa de servicios de información puntual para extraer aquellos puntos cuyo tipo se refería a central de policía. El segundo paso fue calcular la distancia cartesiana entre el centroide de cada cuadrante de análisis y la central de policía más cercano. Por último, se clasificaron los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0), se asignó el valor 1 a los cuadrantes cuya distancia al establecimiento más cercano era de máximo 2 km o bien, los cuadrantes que dentro contenían un establecimiento de esta categoría. El valor 0 se asignó a los cuadrantes que no cumplían el criterio de proximidad, es decir, cuya central de policía más cercano se encontraba a más de 2km.

(i19) Porcentaje de superficie de áreas verdes en el polígono

Primeramente, se generó la limpieza de la información servicios de información de área seleccionado aquellos polígonos cuyo tipo correspondía a áreas verdes. Una vez que se seleccionaron las áreas verdes (AV), se generó un proceso de intersección entre las áreas verdes y los cuadrantes de análisis, adicionalmente se calculó la superficie de intersección en hectáreas. Por último, se calculó el porcentaje de superficie utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de superficie de AV} = \frac{\text{Superficie intersectada del AV} * 100}{25}$$

(i20) Cobertura del polígono menor a 50% de suelos de tipo andosol, cambisol o vertisol

Como primer paso, se generó extrajeron del conjunto de datos vectoriales edafológicos los polígonos cuyo tipo de suelo correspondía a: andosol, cambisol o vertisol. Después se

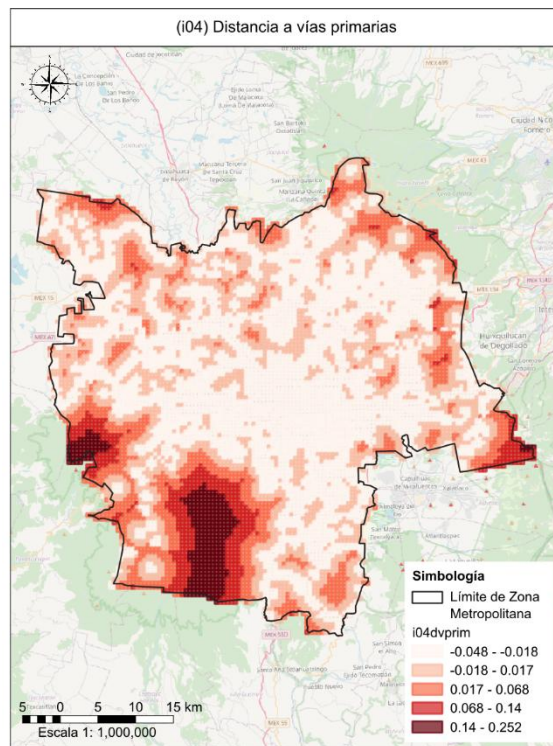
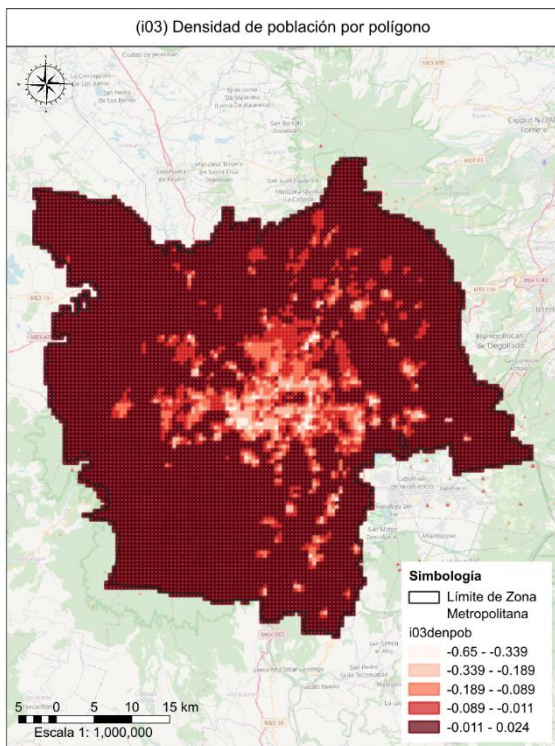
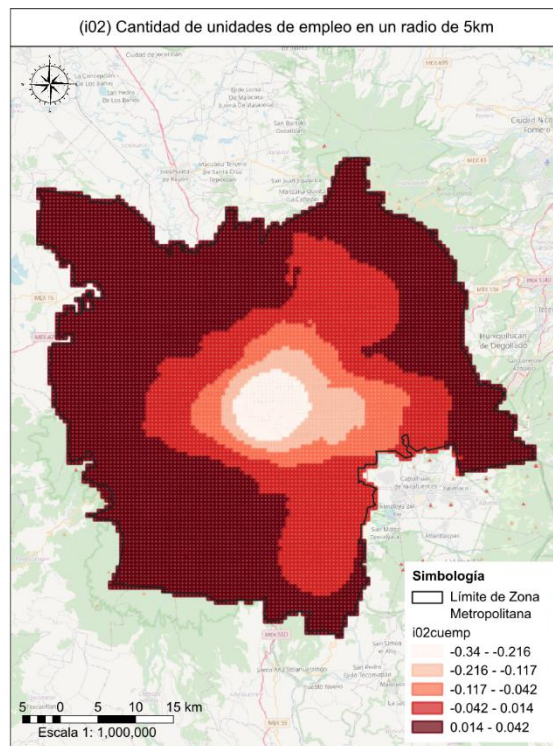
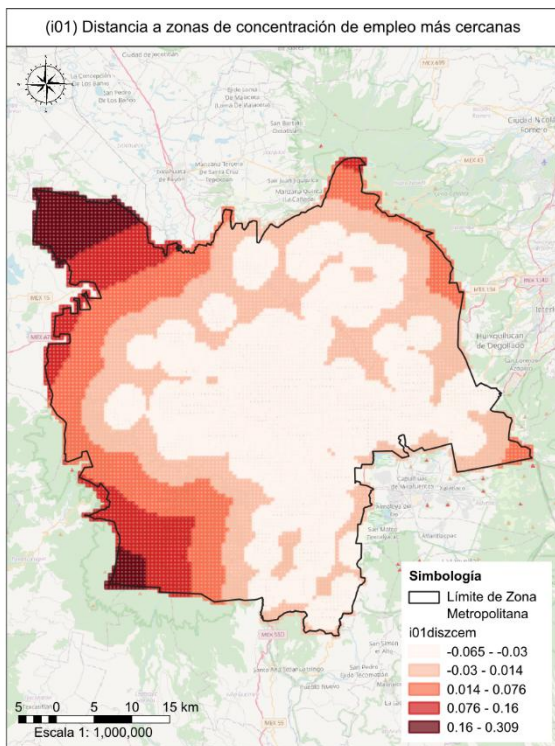
generó el recorte de la información con el límite de la Zona Metropolitana de Toluca, con esto se generó la capa de suelos.

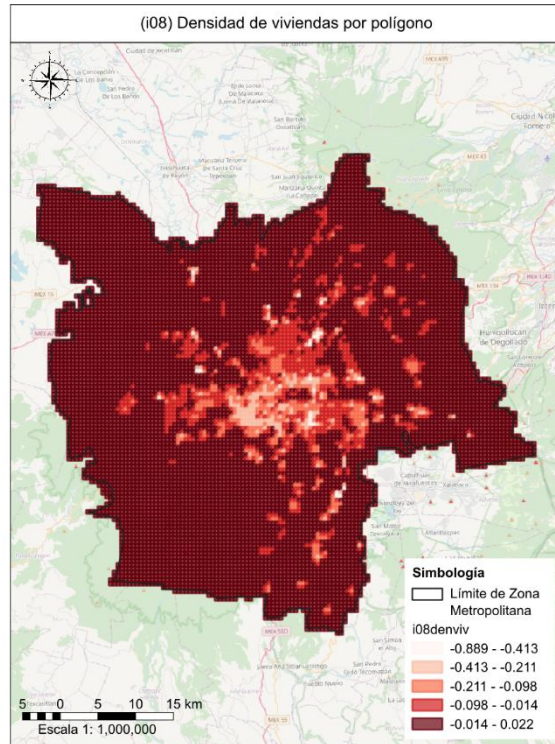
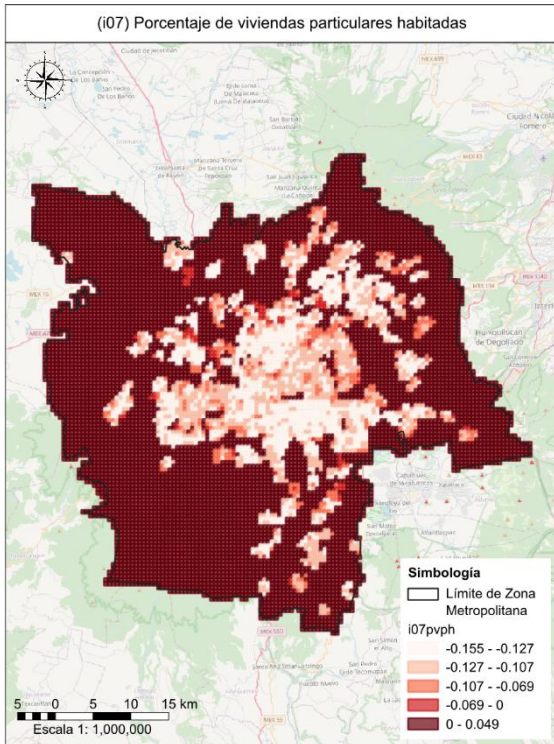
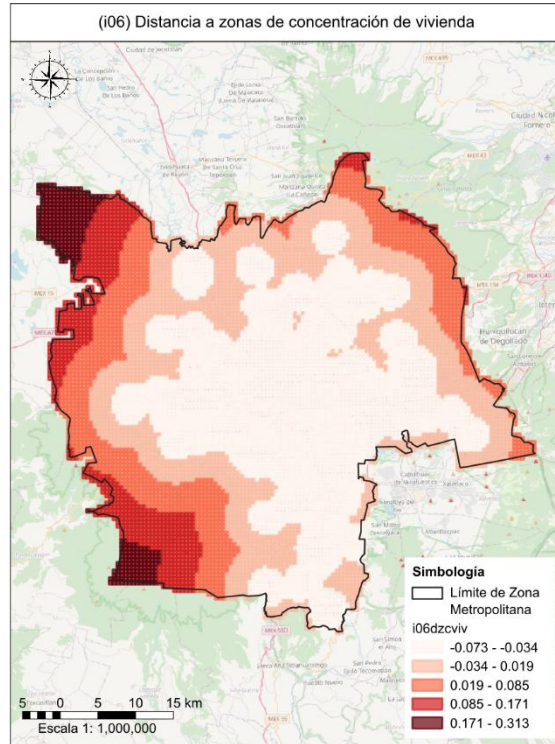
El segundo paso fue generar un análisis de intersección entre la capa de suelos y los cuadrantes de análisis. A continuación, se calculó la superficie de intersección entre estos dos elementos en hectáreas. El tercer paso corresponde a calcular el porcentaje de cobertura de suelo de tipo andosol, cambisol o vertisol dentro del cuadrante, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

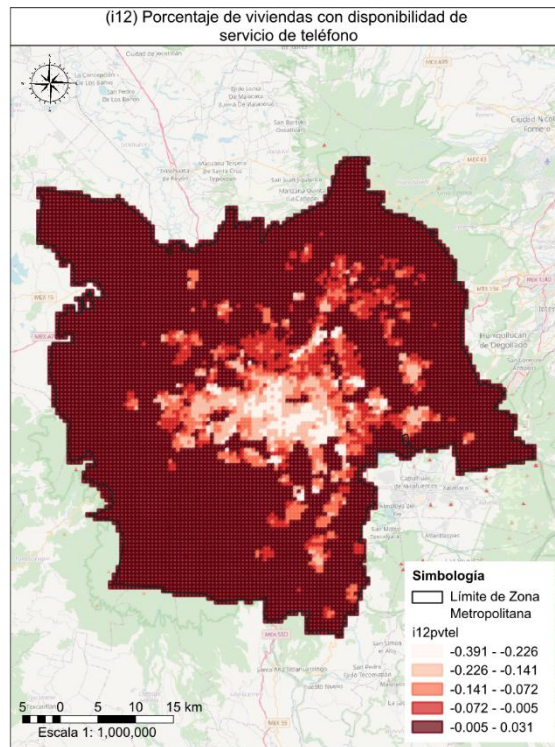
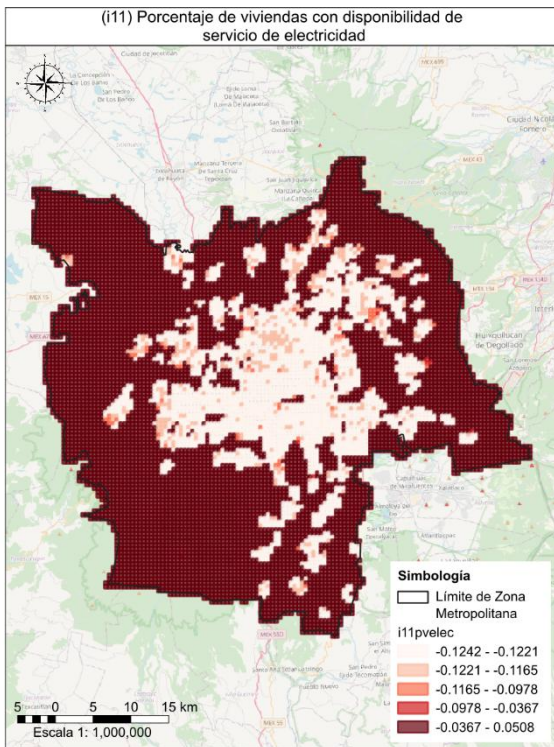
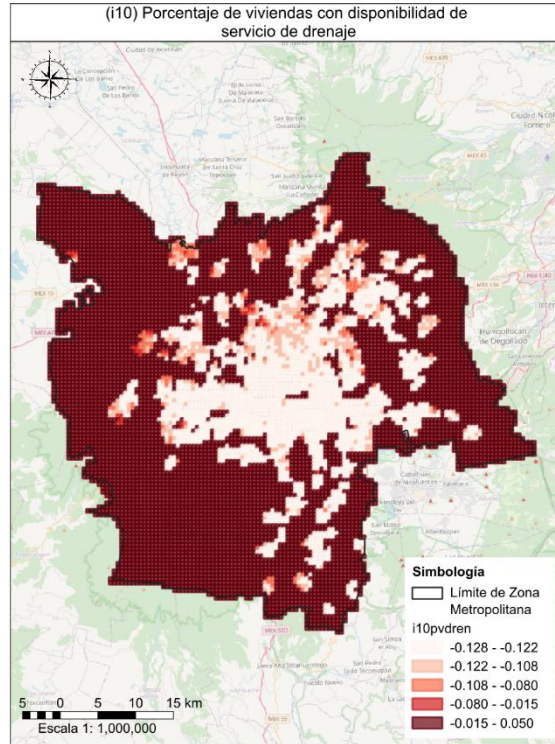
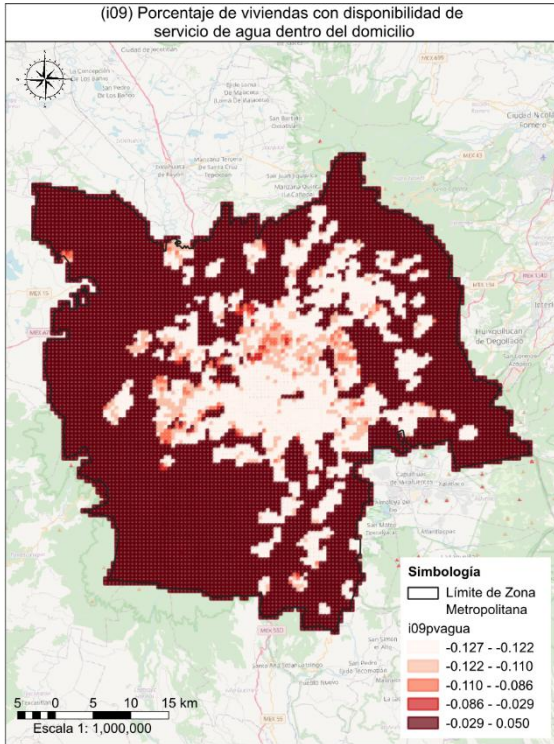
$$\text{Porcentaje de cobertura de suelo} = \frac{\text{Superficie de suelo de tipo andosol, cambisol o vertisol en Ha} * 100}{25}$$

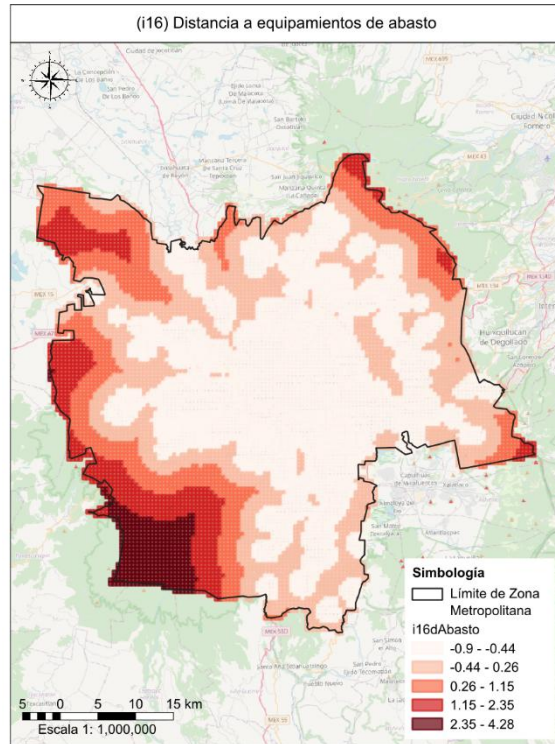
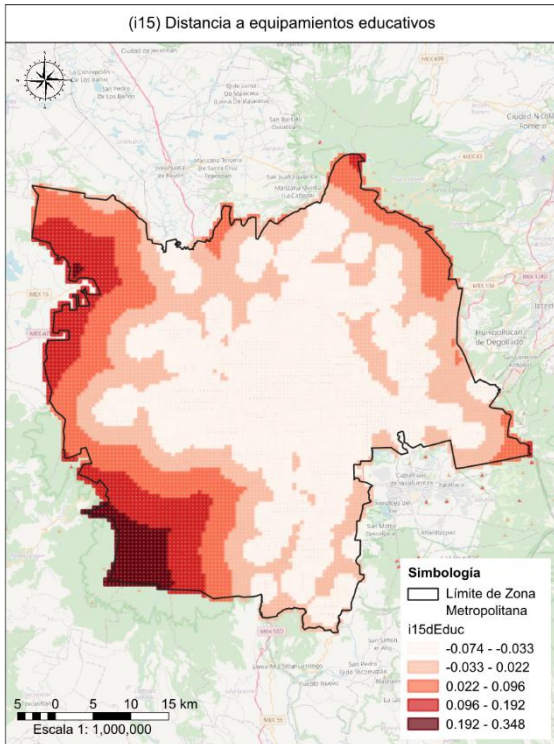
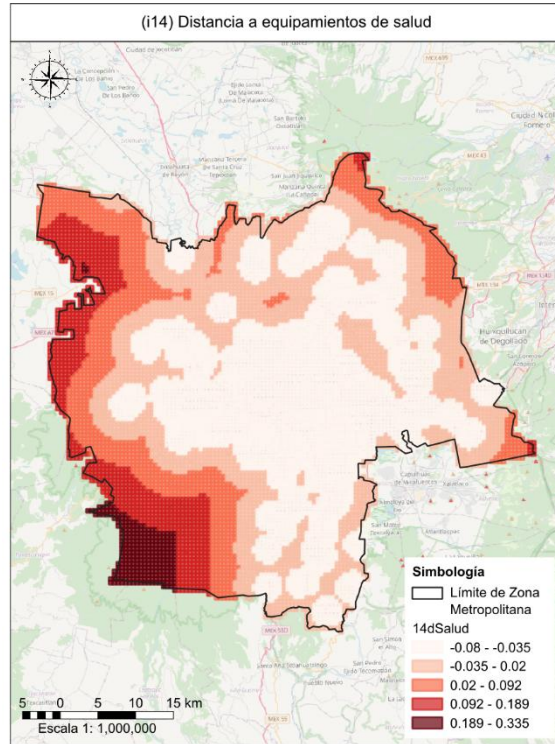
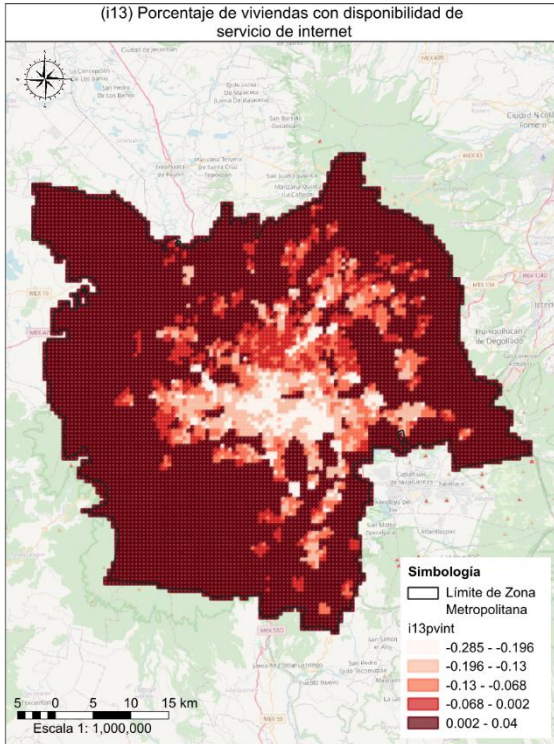
Por último, se clasificaron los cuadrantes bajo un criterio binario (1 y 0), asignado 1 a aquellos cuadrantes cuya superficie de los suelos antes descritos era menor a 50% (<50) y asignando 0 a los cuadrantes cuya superficie era mayor a 50 (>50).

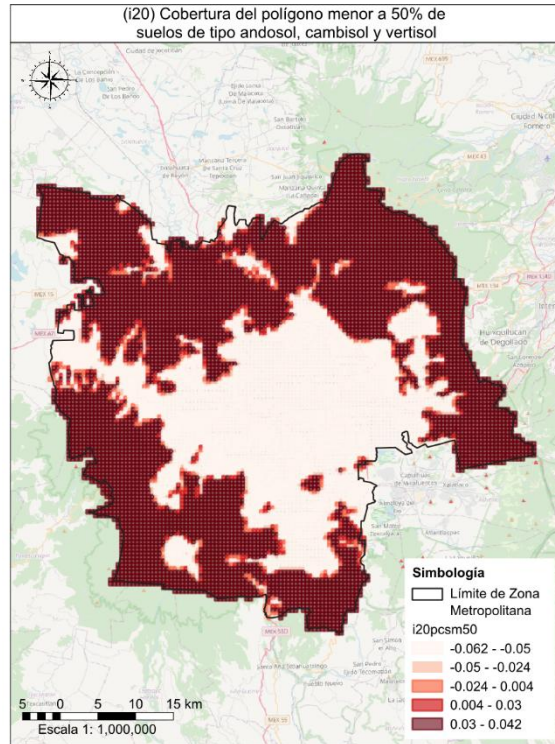
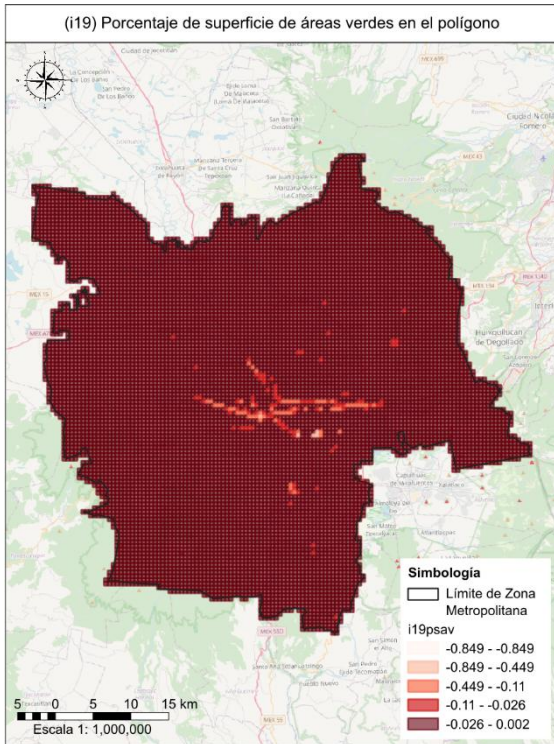
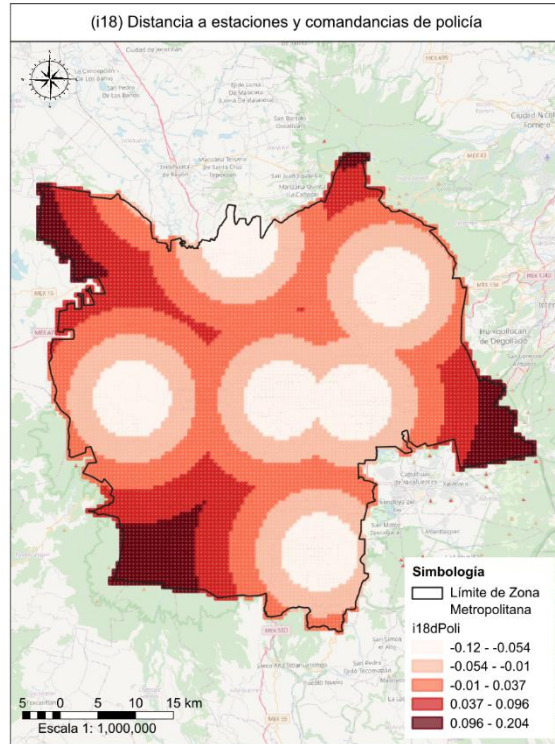
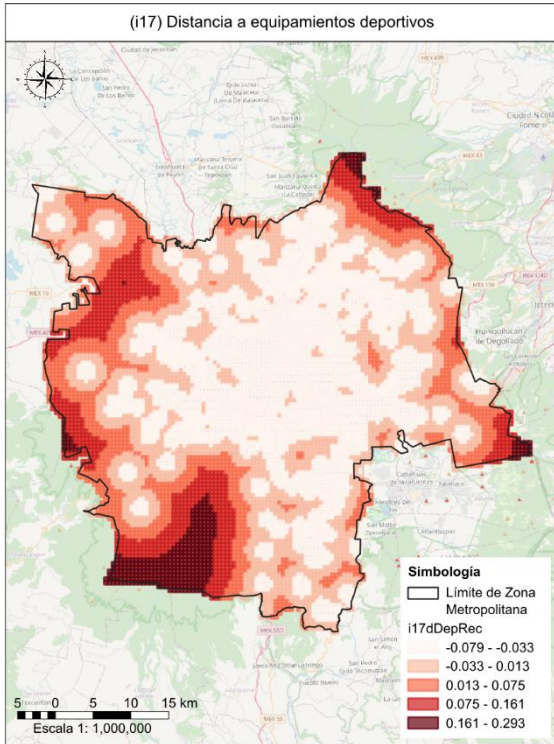
Anexo 4. Indicadores ponderados del modelo de factores territoriales



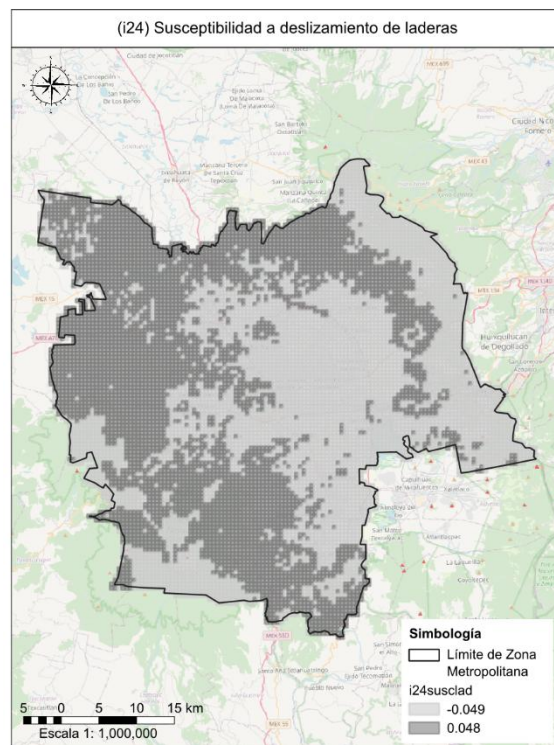
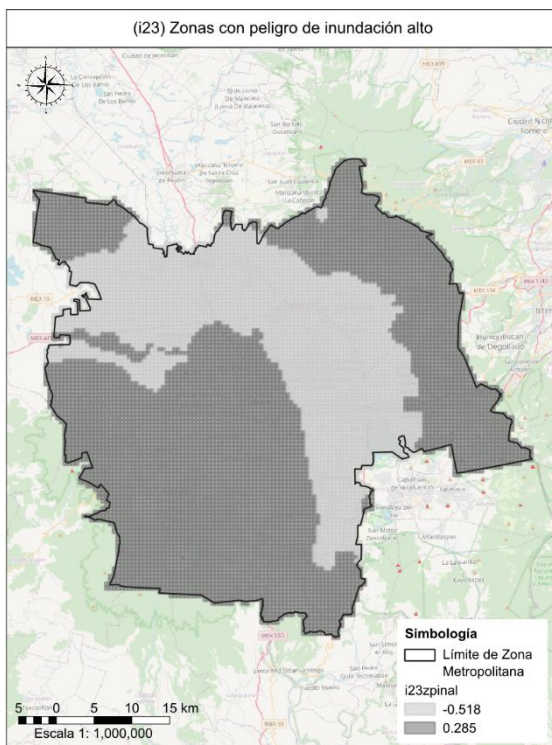
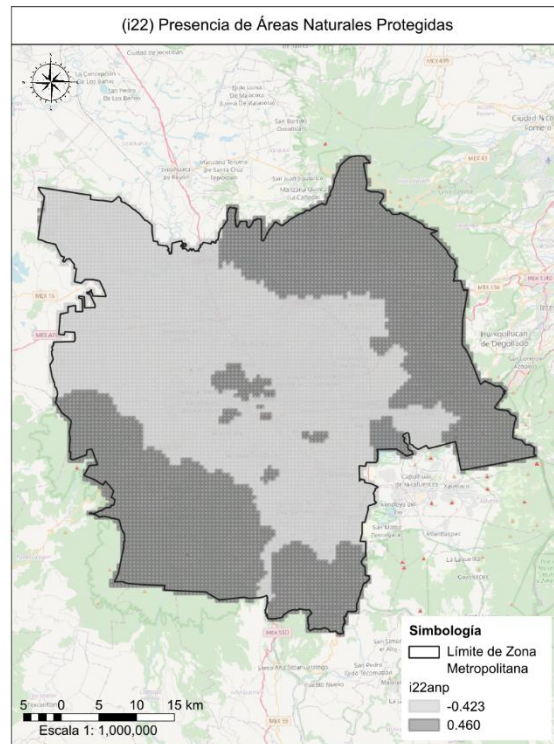
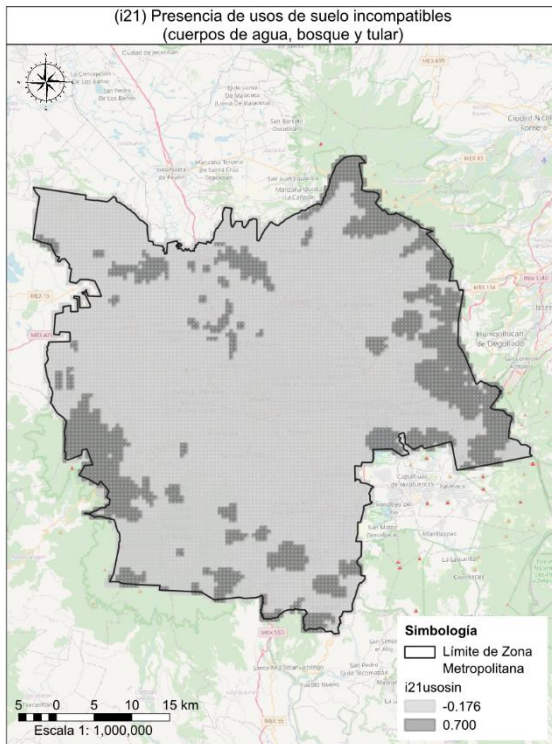


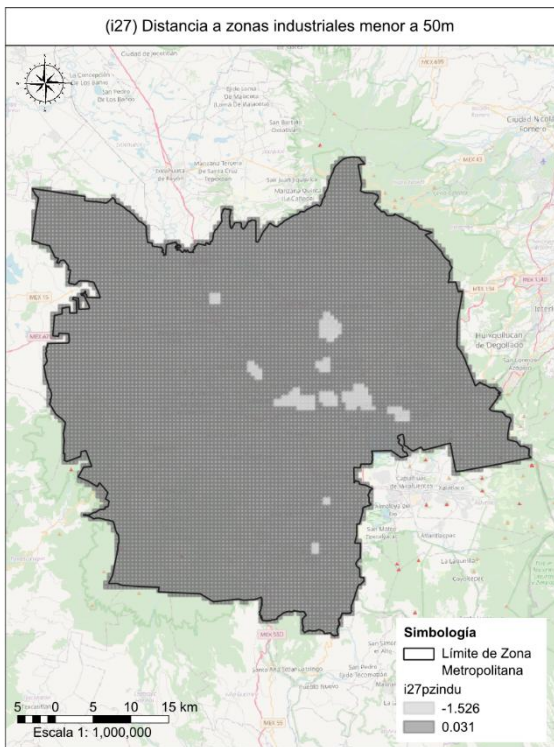
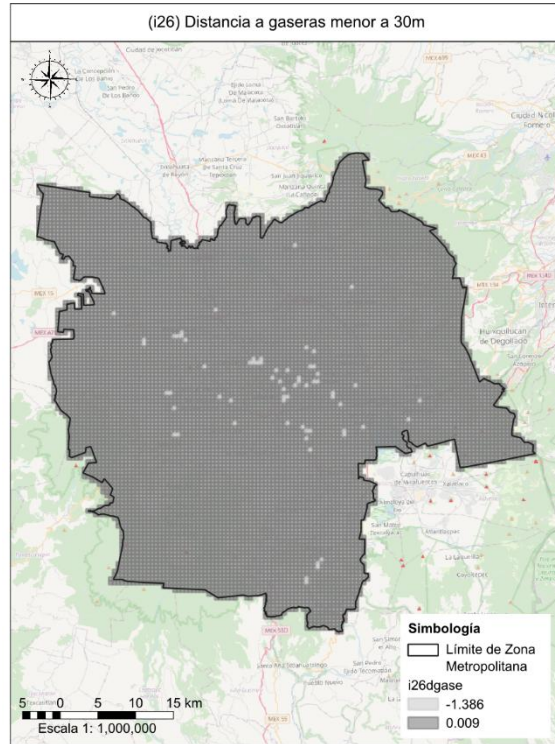
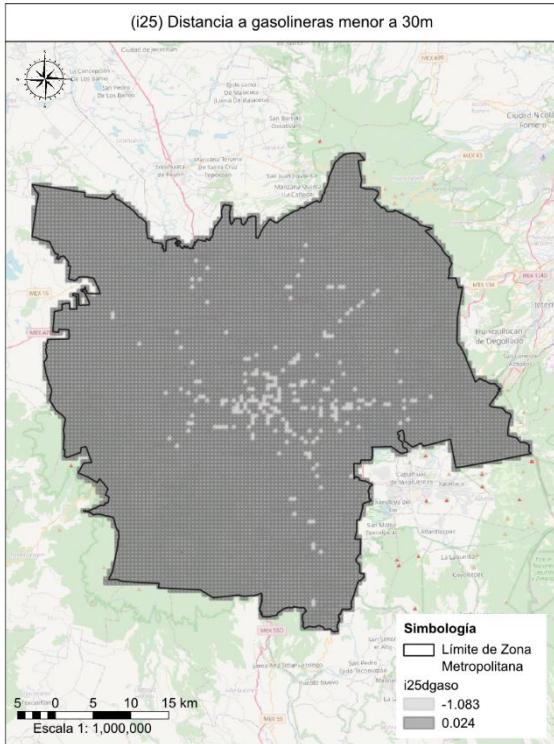






Anexo 5. Indicadores ponderados del modelo de restricciones territoriales





PRODUCCIÓN ACADÉMICA

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio del presente hago constar que Frida Ivonne Martínez Sánchez, junto con Arturo Venancio Flores y Belina García Fajardo son autores del capítulo: Cambio de uso de suelo asociado al desarrollo habitacional en zonas turísticas: el caso de Malinalco, Estado de México, en el libro titulado: *Turismo y Sustentabilidad*. El cual, se encuentra en proceso de corrección de estilo y se estima que en este año ya este publicada por parte de El Colegio de Jalisco.

ATENTAMENTE

Zapopan, Jalisco., 17 de febrero de 2026



Dra. Erika Patricia Cárdenas Gómez

Coordinadora de la obra

CAMBIO DE USO DE SUELO ASOCIADO AL DESARROLLO HABITACIONAL EN ZONAS TURÍSTICAS: EL CASO DE MALINALCO, ESTADO DE MÉXICO

Frida Ivonne Martínez Sánchez
Universidad Autónoma del Estado de México

Arturo Venancio Flores
Universidad Autónoma del Estado de México

Belina García Fajardo
Universidad Autónoma del Estado de México

Introducción

El cambio de uso de suelo hace referencia a la modificación en la ocupación o manejo del suelo motivado por actividades antropogénicas, la cual “constituye uno de los factores primordiales en el cambio climático global, ya que altera ciclos biogeoquímicos como el del agua o el del carbono” (Lambin *et al.*, 1999, como se citó en Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat], 2002). El cambio de uso de suelo es un fenómeno que tiene consecuencias en el medio ambiente, la economía local y la calidad de vida de los residentes. En la actualidad, el desarrollo urbano es uno de los ejes que estimula el cambio en la configuración del espacio. En el caso particular del Estado de México, el crecimiento de los espacios urbanos se ha caracterizado por el desarrollo habitacional bajo diferentes tipificaciones de vivienda.

De acuerdo con Escobedo Ildelfonso *et al.* (2015), “el desarrollo de la actividad turística en Malinalco ha provocado transformaciones físico-naturales y socioeconómicas en la última década, en la que el TR (turismo residencial) ha tenido una participación significativa” (p.63). En este sentido, podemos identificar al TR como uno de los elementos que componen la dinámica de desarrollo habitacional de la zona, ya que la demanda de vivienda en el municipio encuentra su mayor peso sobre el desarrollo de vivienda como parte de la oferta turística y la instalación de residentes permanentes bajo dinámicas migratorias. Escobedo Ildelfonso *et al.* (2015) mencionan que, en el municipio de Malinalco, en “el TR el segmento que mayor impacto tuvo en el cambio de vocación del suelo y en la mutación del espacio agrario a turístico” (p.63). En esta afirmación podemos encontrar un punto de partida para considerar la evaluación del cambio de uso de suelo a partir de los desarrollos habitacionales, como forma de evaluar el impacto que ha tenido la industria turística en la modificación del espacio, la sociedad y el ambiente.

Bajo la contextualización realizada, el presente trabajo tiene por objetivo analizar el cambio de uso de suelo asociado al desarrollo habitacional en el municipio de Malinalco entre 2010-2020, utilizando técnicas de análisis geoespacial y datos geográficos, para conocer cómo el desarrollo de vivienda en este espacio turístico ha impactado en el medio ambiente y la sociedad.

Antecedentes y enfoque teórico

El primer antecedente de este trabajo corresponde a la investigación de Escobedo, Osorio, Cortés y López de 2015 que lleva por título “El turismo residencial en Malinalco. Un destino rural del interior de México”, en el que se desarrolla la problemática asociada al turismo residencial en el municipio y los efectos que esta ha tenido en diversos aspectos de la vida de la comunidad. El objetivo descrito por Escobedo Ildelfonso *et al.* (2015) corresponde al

estudio de “la evolución de la oferta y la demanda del TR en Malinalco para dilucidar los patrones que adopta de esta modalidad y delinear sus efectos particulares” (p. 51), mediante un “análisis diacrónico de las características registradas en este destino al comparar la condición de la oferta y la demanda entre el 2004 y el 2013, así como la situación de los impactos derivados directamente del TR” (p.51).

Comienza por la definición de turismo residencial bajo la perspectiva de Hiernaux, que menciona que es “aquel por el cual las personas acuden a un destino o una localidad que no es forzosamente turística per se, donde tienen la posesión por compra, renta o préstamo de un inmueble” (Cestur-Sectur, 2004, como se citó en Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015, p.43), realizando distintas actividades, principalmente de ocio y recreación. Escobedo Ildefonso *et al.* (2015) mencionan que Malinalco ha tenido tres detonantes del sector turístico:

El primero fue en la década de los ochenta, cuando se mejora el acceso a la zona arqueológica y se crea una piscicultura para el cultivo de trucha, constituyéndose en los atractivos más destacados del lugar; el segundo fue la construcción en 1993 de la carretera que conectó a Toluca con el Distrito Federal, con motivo del desarrollo del Club de Golf Malinalco, lo que impulsó fundamentalmente la modalidad del TR; el tercero corresponde al nombramiento de la localidad como Pueblo Mágico en 2010, bajo el programa promovido por la Secretaría de Turismo federal para la mejora de la infraestructura, el equipamiento, la imagen urbana y el producto turístico, además de los apoyos promocionales y de marca que conlleva (pp. 49 y 50).

En este primer antecedente se identificaron tres tipos de impactos que genera el turismo residencial en la zona de estudio, que se categorizan en económicos, ecológicos y socioculturales. Respecto a los impactos económicos, estos se subdividen en el “aumento del costo del suelo, la generación de empleos, la diversificación de la economía, la derrama económica y el encarecimiento de productos y servicios para la población” (Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015). En esta investigación se presentan diversos resultados sobre los impactos del turismo residencial. Estos se describen a continuación: los resultados del costo del suelo por metro cuadrado en nueve barrios de la localidad de Malinalco, en los que se identifica que el límite inferior de \$300 en 2004 a un límite inferior de \$500 en 2013, mientras que el límite superior pasó de \$4,000 en 2004 a \$5,000 en 2013 (Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015).

Se menciona también lo siguiente: “Generación de empleos, los que se vinculan directamente con el TR se presentan en dos rubros: la construcción o remodelación de la vivienda, y el mantenimiento, vigilancia y limpieza del domicilio” (Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015, p. 60). Sobre la diversificación económica, se menciona que “18 % de los turistas residenciales ha emprendido un negocio, aunque las autoridades municipales estiman que 5 % del total de ellos cuenta con una empresa o comercio” (Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015, p. 61).

Sobre los impactos ecológicos, dice que el requerimiento promedio de agua del turista residencial “es mayor al de los habitantes permanentes, puesto que la mayoría de sus casas cuentan con cisterna para asegurarse el abastecimiento y la dotación necesaria para el llenado de las albercas y el mantenimiento de los jardines” (Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015, p. 62). Además, dentro de la investigación “se registraron al menos dos casos en los que la propiedad de los turistas residenciales contenía la posesión de un arroyo o manantial de donde antes se abastecían los lugareños para los cultivos” (Escobedo Ildefonso *et al.*, 2015, p. 62). Se menciona también como arte de los impactos ecológicos la implementación de uso de tecnologías sustentables para la vivienda como el

uso de focos ahorradores, calentadores solares, técnicas de recolección de agua de lluvia y prácticas de separación de residuos.

Como parte de las conclusiones del trabajo de investigación, Escobedo Ildelfonso *et al.* (2015) mencionan:

El desarrollo de la actividad turística en Malinalco ha provocado transformaciones físico-naturales y socioeconómicas en la última década, en la que el TR ha tenido una participación significativa. El proceso de terciarización que muestra el municipio está ligado al crecimiento del turismo y a la sensible disminución de la actividad agropecuaria y, aunque esta demarcación rural se ha clasificado en un nivel medio de marginación, las actuales dinámicas económica y social no han modificado las condiciones de pobreza de la mayoría de los habitantes (p. 63).

Agrega, además, que el turismo residencial es el “segmento que mayor impacto tuvo en el cambio de vocación del suelo y en la mutación del espacio agrario a turístico, particularmente a partir del año 2005” (Escobedo Ildelfonso *et al.*, 2015, p. 63). La metodología y resultados expuestos en esta investigación se constituyen como un precedente para el estudio del cambio de uso de suelo en el municipio de Malinalco y como un elemento teórico indicativo del turismo como un precursor de la estructura del territorio.

El siguiente antecedente se enfoca en el sector del turismo residencial expresado en la construcción, compra y habitación de segundas residencias en el área de estudio. El trabajo lleva por título “La localización de las segundas residencias turísticas. Caso de estudio: Malinalco, México”, y fue desarrollado por Irma Yolanda Cortés Soto, Maribel Osorio García, Rubén Nieto Hernández, Gandhi González Guerrero, María Magdalena Munguía Reyes y Héctor Hugo Regil García. Dichos autores retoman el modelo de Solsona y López de 2012 e integran “la estimación de relaciones e índices que develarán la importancia y función de las SR, en este caso en la localidad de Malinalco” (Cortés Soto *et al.*, 2019, p. 12). Como parte de sus conclusiones establecen lo siguiente:

En la manifestación espacial de las segundas residencias en la localidad de Malinalco prevalecen las ubicaciones periféricas con una ocupación del territorio extensiva, y es aquí donde se despliega el área de crecimiento de tales viviendas; en las áreas cercanas al centro impera cierta concentración y un reducido crecimiento (Cortés Soto *et al.*, 2019, p. 23).

Además, hacen alusión al hecho de que las segundas residencias “están generando cambios en el modelo socioterritorial, creando espacios de riqueza que en este caso no se concentran a lo largo de los atractivos como lo señala Vidal y Gil (2012) sino en zonas disponibles de territorio” (Cortés Soto *et al.*, 2019, p. 23). Se plantea también una de las problemáticas futuras relacionadas con el crecimiento de la presencia de segundas residencias y la falta de instrumentos gubernamentales para la gestión del territorio. Como parte de las proyecciones a futuro hablan de que “la tendencia de crecimiento de segundas residencias se incrementará sensiblemente para la próxima década, influenciada por el nombramiento de Malinalco como pueblo mágico y los espacios aún disponibles para una muy probable expansión habitacional” (Cortés Soto *et al.*, 2019, p. 24). Este estudio nos permite conocer las tendencias de los fenómenos territoriales asociados al turismo en la zona de estudio, como lo son las segundas residencias, que presentan efectos diversificados tanto en la población originaria como en el espacio geográfico, teniendo consecuencias económicas y sociales.

Como tercer antecedente se retoma el trabajo de Beatriz Gómez-Barranco y Elva Vargas Martínez, que lleva por título “Transformaciones ambientales derivadas del

metabolismo turístico residencial en Malinalco, Estado de México”, cuyo objetivo es “analizar el metabolismo de la actividad turística residencial en Malinalco a partir de los patrones de consumo, transformación y excreción de recursos naturales que determinan su transformación ambiental” (Gómez-Barranco y Vargas Martínez, 2023, p. 1). Para el desarrollo de la investigación se utilizó el método “MUSIASSEM, para evaluar datos biofísicos de tres recursos naturales: tierra, agua y energía, y relacionarlos con las transformaciones ambientales que presenta el destino” (Gómez-Barranco y Vargas Martínez, 2023, p. 1). Los resultados obtenidos muestran una estrecha relación con el aspecto territorial y de uso de suelo. En este sentido, Gómez Barranco y Vargas Martínez (2023) mencionan:

Los procesos metabólicos que interrelacionan al turista residencial con la naturaleza inician con la apropiación del suelo usado para la construcción de casas habitación, jardines y servicios asociados como restaurantes, centros sociales, deportivos, de recreo, entre otros; esto ha tenido como consecuencia que grandes porciones de territorio se transformen en espacios urbanos destinados al ocio y habitación; generando cambios en los patrones de uso de suelo agrícola (p. 104).

Mencionan, además, que los factores que han promovido la transformación del suelo a través de las residencias turísticas han sido los bajos precios de los predios (principalmente ejidales). Respecto a las transformaciones ambientales asociadas a al turismo residencial concluyen lo siguiente:

Se vinculan principalmente con la degradación y disminución de la biodiversidad, consecuencia de la apropiación, transformación, consumo y excreción de los recursos, y al mismo tiempo, con las imposiciones mercantiles del turismo residencial extractivista, generalmente vinculado a los usos y altos consumos que se le da a la tierra, agua y energía (Gómez-Barranco y Vargas Martínez, 2023, p. 110).

En los tres trabajos referidos podemos observar que se muestra una preocupación respecto a las dinámicas del uso de suelo y la ocupación del territorio modificados por la actividad turística, especialmente lo que se refiere al turismo residencial y las segundas residencias. Se hace hincapié en que los efectos pueden ser diversos, pero se enfocan principalmente en las consecuencias económicas como el aumento del costo de vida, del costo del suelo y el costo de los servicios. Respecto a los efectos ambientales, aunque no han sido considerables hasta el momento, levanta una cierta preocupación lo que respecta a la distribución y disponibilidad de agua, así como la conservación de la biodiversidad.

Como parte de los postulados de los tres trabajos y los diversos autores, se llega a la conclusión de que el turismo residencial en Malinalco es incipiente hasta el momento, pues las estadísticas no muestran cambios dramáticos. Sin embargo, se prevé que este crecimiento continúe, motivado por la disponibilidad del suelo, las condiciones ambientales y la ubicación estratégica del municipio.

Metodología

El proceso metodológico de este trabajo encuentra su base técnica en los Sistemas de Información Geográfica, técnicas de análisis geoespacial e información geográfica, todos estos elementos bajo la tendencia de datos abiertos y software libre, con el propósito de generar indicadores e información que pueda ser actualizada y replicada en otros municipios. Las etapas principales del desarrollo de este análisis son cuatro: mapeo de usos de suelo, mapeo de distribución de viviendas, cálculo de densidad de población e

identificación de patrones de cambio en la ocupación del suelo. Los procesamientos se llevaron a cabo utilizando el software QGIS versión 3.34.6 y el software Microsoft Excel para el análisis estadístico-tabular. A continuación, se describen las primeras tres etapas que corresponden a la producción de información geográfica para el análisis.

Mapeo de usos de suelo

Se obtuvieron las capas de uso de suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (en adelante, Inegi) de la serie IV (2009) y la serie VII (2018), que corresponden a los años más cercanos al periodo de estudio (2010 y 2020). Posteriormente, se extrajo la superficie del municipio de Malinalco utilizando el proceso “cortar” dentro del software QGIS. Como última parte del proceso de preparación de la información, se estandarizaron los tipos de uso de suelo manteniendo seis categorías: agricultura, asentamiento humano, bosque, pastizal, selva y vegetación secundaria. Los resultados de la primera etapa se muestran en la figura 1.

Adicionalmente, se calcularon los datos de la superficie en hectáreas de los usos de suelo para cada periodo de la información. El proceso se realizó utilizando la calculadora de campos a partir de la siguiente función $\$area/10000$. Una vez calculada la superficie, se exportaron las tablas para generar la comparativa en el software Excel.

Mapeo de la distribución de viviendas

En esta etapa se utilizó como insumo la información del Censo de Población y Vivienda en versión 2010 y 2020 de Inegi a nivel AGEB y los límites de AGEB del marco geoestadístico de Inegi. Se extrajo de ambos grupos de datos los objetos y estadísticas correspondientes al municipio de Malinalco, y posteriormente se generó la capa de AGEB con datos de viviendas totales a partir de la unión de la tabla con la capa geográfica mediante la clave geográfica de AGEB (13 dígitos). El proceso se realizó para ambos periodos de tiempo.

Mapeo de densidad de población por AGEB

Se realizó el cálculo de densidad de población utilizando información del Censo de Población y Vivienda de Inegi y los límites de AGEB del marco geoestadístico nacional de Inegi. Se integro una capa geográfica con los datos de población total a partir de la unión de la tabla del censo con la capa de AGEB mediante la clave geográfica. Sobre la capa resultante se agregó el campo *denpob* de tipo doble con extensión 10 y precisión 2. En este campo se ejecutó el cálculo de la densidad de población mediante la fórmula:

$$\text{densidad de población} = \frac{\text{población total}}{\text{superficie en hectáreas}}$$

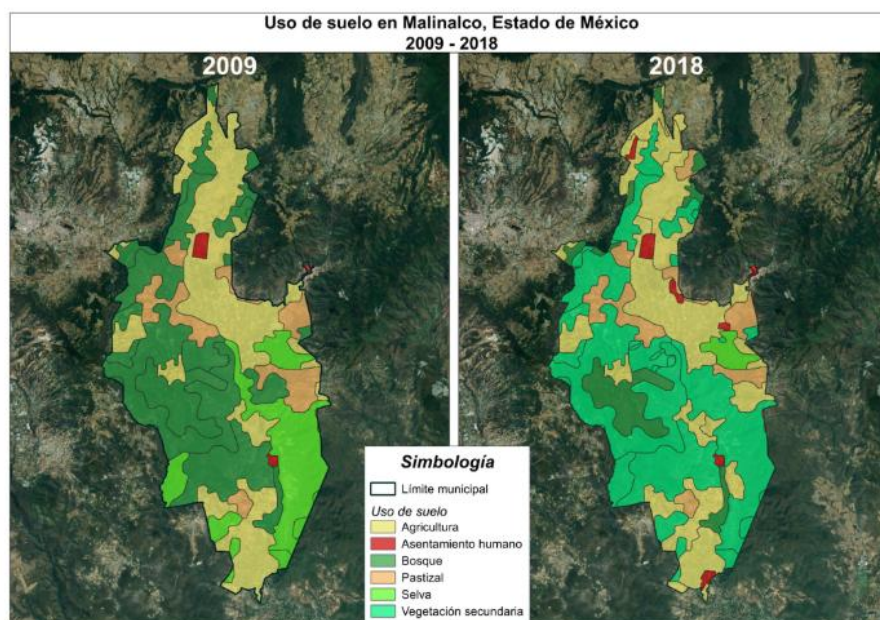
Nota: El proceso se realizó para ambos periodos de tiempo. Una vez obtenidos los indicadores se generó el mapa comparativo que se muestra a comparación. El mapeo de la información a nivel de AGEB se realizó para favorecer la visibilidad de los datos en el mapa.

Resultados

El cambio de uso de suelo en el municipio de Malinalco tuvo sus principales efectos en la modificación de la cobertura de bosque y selva hacia la vegetación secundaria. Respecto

al crecimiento de la cobertura de asentamientos humanos se identifica un crecimiento considerable considerando que el impulso económico del municipio se basa en la agricultura y el turismo. En la figura 1 podemos observar los usos de suelo para 2009 y 2018.

Figura 1. Uso de suelo del municipio de Malinalco 2009-2018



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Inegi.

En la tabla 1 se muestran los resultados del análisis de superficies de cambio de uso de suelo en el periodo 2009-2018. Podemos observar que uso de suelo agrícola incrementó su cobertura en 2.14 %, la cobertura de bosques decreció en 79.41 %, el pastizal en 11.2 % y la selva en 88.63 %. Respecto a la vegetación secundaria, este uso incrementó su cobertura en 100 %. Respecto al uso de suelo de asentamientos humanos podemos identificar un crecimiento de 101.73 %, que corresponde al aumento de 176.21 hectáreas.

Tabla 1. Superficie de cambio de uso de suelo en el municipio de Malinalco

Uso de suelo	Superficie en Ha 2009	Superficie en Ha 2018	Superficie de cambio en Ha	Porcentaje de cambio
Agricultura	6801.31	6946.58	145.27	2.14 %
Asentamiento humano	173.22	349.43	176.21	101.73 %
Bosque	8583.48	1767.48	-6816.01	-79.41 %
Pastizal	1946.14	1727.84	-218.30	-11.22 %
Selva	3490.89	397.08	-3093.81	-88.63 %
Vegetación secundaria	0.00	9806.64	9806.64	100.00 %

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la distribución de viviendas y densidad de población, podemos observar en la tabla 2 los cambios entre el periodo 2010 y 2020 para las AGEBS que presentaron datos en el censo. De forma global se observa un incremento en la cantidad de viviendas del municipio establecidas principalmente en AGEBS urbanas, este incremento pasó de

2,633 viviendas en 2010 a 3,307 viviendas en 2020, lo que representa un incremento de 25.60 % (674 viviendas). Respecto a la densidad de población este indicador de manera global de 16.22 habitantes por hectárea en 2010 a 18.34 habitantes por hectárea e 2020, lo que representa el 13.10 % (2.12 habitantes por Ha).

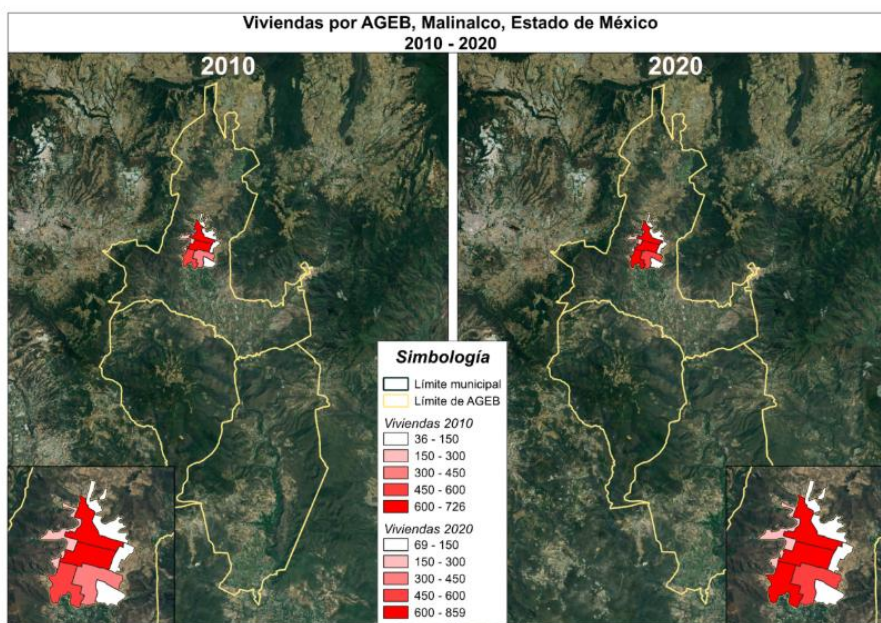
Tabla 2. Cambios en la vivienda y la densidad de población por AGEB en el municipio de Malinalco

AGEB	Viv. totales 2010	Densidad de Viv. población 2010	Viv. totales 2020	Densidad de Incremento de población 2020	Incremento vivienda	Incremento de densidad de población	% de cambio de viviendas	% de cambio de densidad de población
1505200010056	615	22.95	684	23.90	69	0.95	11.22 %	4.13 %
1505200010060	726	35.49	859	39.34	133	3.85	18.32 %	10.84 %
1505200010075	536	32.41	682	34.11	146	1.70	27.24 %	5.25 %
150520001008A	417	16.84	549	18.64	132	1.81	31.65 %	10.73 %
1505200010164	207	14.88	265	16.56	58	1.68	28.02 %	11.30 %
1505200010179	49	1.38	116	3.36	67	1.98	136.73 %	143.77 %
1505200010183	47	2.24	83	4.60	36	2.36	76.60 %	105.36 %
1505200010198	36	3.56	69	6.23	33	2.66	91.67 %	74.69 %
Total de AGEBs	2633	16.22	3307	18.34	674	2.12	25.60 %	13.10 %

Fuente: Elaboración propia.

Se identifica que los incrementos de viviendas y densidad de población corresponden a la localidad de Malinalco, principalmente en la zona sur. En la figura 2 podemos observar la distribución espacial de las viviendas, así como el incremento en el límite inferior entre 2010 y 2020, que pasó de 36 viviendas a 69 viviendas. Respecto al límite superior observamos un incremento 133 viviendas.

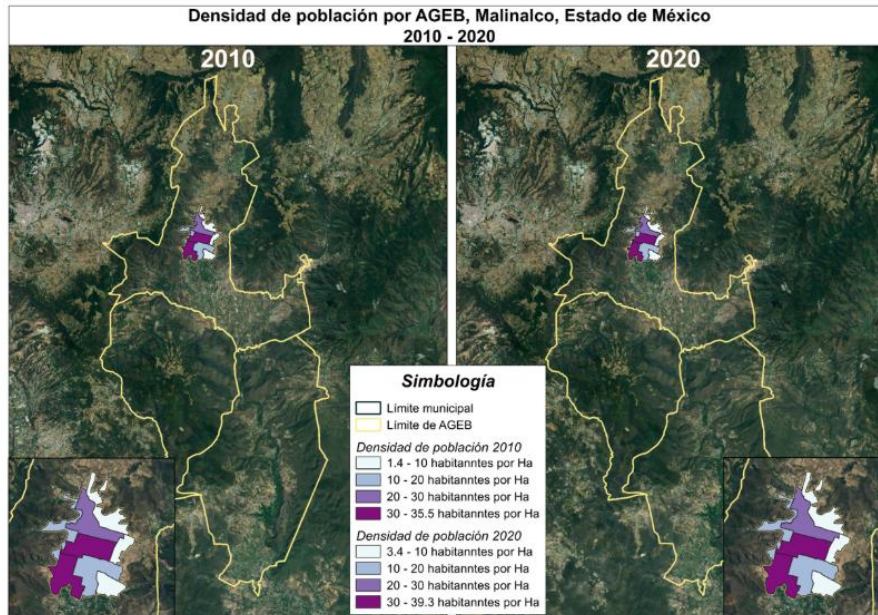
Figura 2. Viviendas por AGEB en el municipio de Malinalco 2010-2020



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Inegi.

En la figura 3 se presenta la distribución del índice de densidad de población entre 2010 y 2020. En cuanto a la representación espacial de los datos, no se visualizan cambios de clasificación; sin embargo, al observar el valor del límite inferior se identifica un cambio de 1.4 habitantes por Ha en 2010 a 3.4 habitantes por Ha en 2020, es decir, un incremento de dos habitantes por hectárea, considerando el valor máximo de densidad de población de 2020. Este incremento representa casi 11 %. Sobre el cambio de valor del límite superior en el periodo de estudio, se identifica que este pasó de 35.5 habitantes por Ha en 2010 a 39.3 habitantes por hectárea, lo que significa un incremento de 3.8 habitantes por hectárea.

Figura 3. Densidad de población por AGEB en el municipio de Malinalco 2010-2020



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Inegi.

Conclusiones

Los cambios en el uso del suelo del municipio de Malinalco son significativos en lo que respecta a la cobertura vegetal que transitó al uso agrícola y la vegetación secundaria. Respecto al incremento en el uso de suelo para asentamientos humanos no se presentan modificaciones dramáticas; sin embargo, sí pueden considerarse significativas basándonos en las actividades que se desarrollan en el territorio. Respecto al incremento en la cantidad de viviendas de acuerdo con los datos oficiales, podemos observar un crecimiento importante especialmente en la localidad de Malinalco y con un enfoque hacia el sur de la localidad. Sin embargo, los datos presentados en el índice de densidad de población no expresan una tendencia de crecimiento en la misma localidad.

La inexistencia de información en la mayor parte de las AGEB del municipio de Malinalco sobre vivienda y población, en comparación con las áreas cuyo uso de suelo corresponde a asentamientos humanos, puede ser un indicativo de que son zonas donde predominan las segundas residencias o la tendencia de turismo residencial, especialmente con una expresión territorial dispersa. El trabajo desarrollado presenta apenas algunos indicios de las tendencias de cambio de uso de suelo en la zona de estudio; sin embargo, se requiere de información de mayor precisión para mejorar la calidad de los resultados. Como líneas de investigación futuras se plantea la posibilidad de comparar los resultados con información de las plataformas de renta de inmuebles,

servicios de hospedaje y servicios turísticos, a fin de generar un acercamiento hacia la identificación de zonas en donde predomina el turismo residencial. Por otro lado, no se cierra la posibilidad de incluir algunos métodos de investigación cualitativa para dar certidumbre a la investigación.

Referencias

- Cortés Soto, I. Y. *et al.* (2019). "La localización de las segundas residencias turísticas. Caso de estudio: Malinalco, México". *Aportes y Transferencias*, 17(2), pp. 9-27. Recuperado el 2 de marzo de 2026 en <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/4285913>.
- Escobedo Ildelfonso, V. A. *et al.* (2015). "El turismo residencial en Malinalco. Un destino rural del interior de México". *Teoría y Praxis*, (17), pp. 37-70. Recuperado el 2 de marzo de 2026 en <https://www.redalyc.org/pdf/4561/456144902003.pdf>.
- Gómez-Barranco, L. B. y Vargas Martínez, E. (2023). "Transformaciones ambientales derivadas del metabolismo turístico residencial en Malinalco, Estado de México". *Turismo Visão & Ação*, 25(1), pp. 94-113. <http://dx.doi.org/10.14210/rtva.v25n1.p94-113>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). "Vegetación y uso de suelo". *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México* (pp. 31-83). Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Recuperado el 2 de marzo de 2026 en https://paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/indice.htm