



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
FACULTAD DE GEOGRAFÍA

Modelo de evaluación de la capacidad de acogida territorial de los usos  
urbanísticos potenciales en la ciudad interior de Toluca

TRABAJO TERMINAL DE GRADO

Modalidad Tesis

Que para obtener el grado de  
Maestro en Análisis Espacial y Geoinformática

PRESENTA

Lic. en Geog. Ernesto Salomón Lara Romero

Tutor académico:

Dra. en Geog. Marcela Virginia Santana Juárez

Tutores adjuntos:

Dr. en Geog. Noel Bonfilio Pineda Jaimes

MAEG. Giovanna Santana Castañeda

Toluca, Estado de México

Noviembre, 2015



FG | UAEMEX  
Facultad de Geografía

Toluca, Estado de México. miércoles 07 de octubre de 2015.

## ORDEN DE IMPRESIÓN DEL TRABAJO TERMINAL DE GRADO

### MODALIDAD TESIS

Una vez que la **C. ERNESTO SALOMÓN LARA ROMERO**, egresado de la Séptima promoción (2013-2015) de la **MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL Y GEOINFORMÁTICA** con número de cuenta 1330582, ha concluido su trabajo terminal de grado (modalidad tesis) titulado **"MODELO DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA TERRITORIAL DE LOS USOS URBANÍSTICOS POTENCIALES EN LA CIUDAD INTERIOR DE TOLUCA"** y que su Tutora Académica la **DRA. EN G. MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ**, y sus tutores adjuntos, el **DR. NOEL BONFILIO PINEDA JAIMES** y la **MAEG. GIOVANNA SANTANA CASTAÑEDA**, han emitido su Voto Aprobatorio, se autoriza la impresión de los ejemplares requeridos y se le solicita atender las siguientes especificaciones:

- Entregar 10 ejemplares digitales del Trabajo Terminal de Grado. La impresión de la cubierta de los ejemplares debe ser de pasta gruesa, con el diseño de portada indicado por la Coordinación de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática.
- Entregar una versión del Trabajo Terminal de Grado en disco compacto, guardado en archivo formato PDF. Etiquetado con los siguientes datos: nombre del egresado, número de cuenta, nombre del programa de posgrado, nombre del trabajo terminal y fecha de examen de grado.
- Entregar un resumen de la tesis de grado, con una extensión no mayor a cinco cuartillas.
- Entregar la constancia de donación a la biblioteca de la Facultad de Geografía un libro nuevo relacionado con la temática abordada en el Trabajo Terminal de Grado.

Todos estos documentos deberán entregarse en la Coordinación de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática.

ATENTAMENTE  
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO

*"2015, Año del Bicentenario Luctuoso de José María Morelos y Pavón"*

Dra. En C. Xanat Antonio Némiga  
COORDINADORA



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

MAESTRÍA EN  
ANÁLISIS ESPACIAL  
Y GEOINFORMÁTICA



Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática



Toluca, Estado de México. miércoles 07 de octubre de 2015.

**C. ERNESTO SALOMÓN LARA ROMERO**  
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN ANÁLISIS ESPACIAL  
Y GEOINFORMÁTICA  
P R E S E N T E

La Coordinación de la Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática de la Facultad de Geografía comunica a Usted que la Comisión Académica de este Programa, conforme con los artículos número 64 y 65 del Reglamento de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México, ha integrado el sínodo para la sustentación de su evaluación de grado, mismo que está compuesto por:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>DR. NOEL BONFILIO PINEDA JAIMES</b> <i>(Tutor Adjunto)</i>
<b>SECRETARIO</b>	<b>MAEG. GIOVANNA SANTANA CASTAÑEDA</b> <i>(Tutor Adjunto)</i>
<b>PRIMER VOCAL</b>	<b>DRA. MARCELA VIRGINIA SANTANA JUÁREZ</b> <i>(Tutor Académico)</i>
<b>SEGUNDO VOCAL</b>	<b>DR. EDEL GILBERTO CADENA VARGAS</b>
<b>TERCER VOCAL</b>	<b>DR. RODRIGO HUITRÓN RODRÍGUEZ</b>
<b>SUPLENTES</b>	
<b>PRIMER</b>	<b>DR. JUAN CAMPOS ALANÍS</b>
<b>SEGUNDO</b>	<b>DRA. BRISA VIOLETA CARRASCO GALLEGOS</b>

Considerando que la fecha para presentar su evaluación de grado se establecerá de acuerdo con lo señalado en el artículo número 66 del Reglamento de Estudios Avanzados de la Universidad Autónoma del Estado de México.

**ATENTAMENTE**  
**PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO**  
**"2015, Año del Bicentenario Luctuoso de José María Morelos y Pavón"**



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

  
Dra. En C. Xanat Antonio Némiga  
COORDINADORA

MAESTRÍA EN  
ANÁLISIS ESPACIAL  
Y GEOINFORMÁTICA



*Jesús Lara Gómez*  
In memoriam

# Agradecimientos

Quisiera agradecer la aceptación y apoyo invaluable del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología tanto en la asignación de la beca nacional y la mixta para la realización de mi movilidad al extranjero.

Agradezco a mi madre y familiares que me apoyaron para que entrar a la maestría continuando así mi proceso de crecimiento y desarrollo profesional con una perspectiva más amplia y enriquecedora.

Agradezco a la Dra. Vicky por su apoyo en la elaboración de este trabajo terminal y en su buena disposición al brindarme un espacio en su espacio de trabajo.

A la Maestra Giovanna por su conocimiento y buenos momentos antes, durante y después en el proceso de elaboración de este trabajo terminal.

Al Dr. Noel por brindarme su apoyo, honestidad, amistad y tiempo para lograr el objetivo de completar este trabajo terminal.

A mis compañeros y colegas con los que compartí gratas experiencias a lo largo de mi estancia en la UAEM a los cuales les brindo mi apoyo y amistad en todo momento.

# Índice

<b>Introducción</b> .....	11
<b>Capítulo 1: Consideraciones teóricas del territorio, urbanismo, capacidad de acogida y el análisis multicriterio</b>	
Análisis Geográfico y Análisis Espacial .....	13
Nuevo Urbanismo o Urbanismo Sustentable .....	17
Geografía Cuantitativa/Nueva Geografía.....	19
Capacidad de Acogida del Territorio .....	23
Evaluación Multicriterio/Multiobjetivo .....	27
Bibliografía.....	40
<b>Capítulo 2: Caracterización del municipio de Toluca</b>	
Área y Universo de estudio .....	42
Medio físico-ambiental .....	47
Marco Normativo .....	67
Situación Socioeconómica .....	78
Condición Urbana .....	98
Bibliografía.....	100
<b>Capítulo 3: Modelo de evaluación de la capacidad de acogida territorial de los usos urbanísticos potenciales en la ciudad interior de Toluca</b>	
Métodos y técnicas de la Evaluación Multicriterio .....	103
Método multicriterio seleccionado para el procesamiento de los datos .....	106
Técnica borrosa: Lógica borrosa o difusa .....	106
Sumatoria Lineal Ponderada Borrosa.....	107

Funciones Booleanas.....	108
Método de las Jerarquías Analíticas.....	109
Descripción de la metodología junto con el modelo de capacidad de acogida territorial .....	112
Esquema metodológico.....	113
Factores, impactos y restricciones de localización .....	114
Aptitud Física .....	114
Aptitud Socioeconómica .....	119
Impactos Físicos .....	126
Restricciones Normativas.....	127
Procesamiento de los datos .....	130
Uso residencial .....	132
Uso comercial.....	136
Uso industrial .....	139
Uso área verde.....	142
Interpretación de los modelos de aptitud .....	145
Bibliografía .....	149
<b>Conclusiones.....</b>	<b>153</b>

# Índice de figuras, cuadros y tablas

## Capítulo 1

Figura 1. 1 Relación entre Espacio Geográfico y Análisis Espacial .....	17
Figura 1. 2 Extensión jerárquica del proceso de evaluación multiobjetivo.....	35
Figura 1. 3 Solución priorizada del proceso de evaluación multiobjetivo .....	36
Figura 1. 4 Solución compromiso del proceso de evaluación multiobjetivo .....	37
Tabla 1. 1 Criterios y objetivos en la EMC .....	32
Tabla 1. 2 Técnicas de EMC con objetivos y criterios múltiples .....	33

## Capítulo 2

Figura 2. 1 Delimitación de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.....	44
Figura 2. 2 Delimitación de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca .....	45
Figura 2. 3 Delimitación del Municipio y de la Ciudad de Toluca .....	46
Figura 2. 4 Delimitación de la ciudad interior de Toluca y vacantes urbanas seleccionadas .....	47
Figura 2. 5 Principales geoformas del municipio de Toluca .....	50
Figura 2. 6 Geología del Municipio de Toluca.....	53
Figura 2. 7 Edafología del municipio de Toluca .....	57
Figura 2. 8 Climas del municipio de Toluca .....	60
Figura 2. 9 Polígono del acuífero del Valle de Toluca.....	61
Figura 2. 10 Porcentaje de la superficie ocupada por tipo de vegetación en el municipio de Toluca .....	64
Figura 2. 11 Tipos de vegetación en el municipio de Toluca.....	66
Figura 2. 12 Estructura poblacional del municipio de Toluca, 1990.....	82
Figura 2. 13 Estructura poblacional del municipio de Toluca, 2010.....	83
Figura 2. 14 Áreas agrícolas y urbanas en el municipio de Toluca.....	88



Figura 2. 15 Industria manufacturera en el municipio de Toluca.....	90
Figura 2. 16 Distribución del comercio minorista en el municipio de Toluca por subsector .....	93
Figura 2. 17 Distribución del comercio mayorista en el municipio de Toluca por subsector .....	94
Cuadro 2. 1 Principales elevaciones en el municipio de Toluca .....	49
Cuadro 2. 2 Distribución forestal y arbustiva en el municipio de Toluca .....	63
Cuadro 2. 3 Dinámica de crecimiento poblacional en el Municipio de Toluca, 1950-2000	80
Cuadro 2. 4 Población urbana y rural en diferentes escalas 1990-2010.....	83
Cuadro 2. 5 Densidad de Población en diferentes escalas 1970-2010 .....	83
Cuadro 2. 6 Porcentaje del valor agregado censal bruto, según sector por ámbito territorial, 2003 – 2008 .....	85
Cuadro 2. 7 Índice de especialización con base en el valor agregado censal bruto, 2008 ...	85
Cuadro 2. 8 Superficie agrícola sembrada y cosechada del Estado de México y del Municipio de Toluca, 2002-2010 .....	86
Cuadro 2. 9 Valor de la producción y su tasa de crecimiento medio anual en el Estado de México y en el Municipio de Toluca, 2002-2010 .....	86
Cuadro 2. 10 Nombre y ubicación de los parques industriales .....	89
Cuadro 2. 11 índice de especialización con base en el valor agregado censal bruto, 2008..	89
Cuadro 2. 12 Porcentaje de población por condición de pobreza en el Estado de México y en el Municipio de Toluca 1990-2010.....	96
Cuadro 2. 13 Grado de marginación dentro del municipio de Toluca, 2010 .....	97
Cuadro 2. 14 Rezago social en el municipio de Toluca, 2010 (estimación porcentual de la población total).....	98

### **Capítulo 3**

Figura 3. 1 Escala de comparación por pares de Saaty .....	110
Figura 3. 2 Capa de pendientes en porcentajes.....	116
Figura 3. 3 Capa de la Geología del área de estudio .....	120
Figura 3. 4 Edafológica de la ciudad interior de Toluca .....	121

Figura 3. 5 Eficiencia Vial de la ciudad interior de Toluca.....	124
Figura 3. 6 Viviendas con disponibilidad de servicios en la ciudad interior de Toluca por secciones electorales, 2010.....	125
Figura 3. 7 Impactos físicos en la ciudad interior de Toluca.....	128
Figura 3. 8 Restricciones normativas en la ciudad interior de Toluca .....	129
Figura 3. 9 Aptitud de uso residencial de la ciudad interior de Toluca .....	135
Figura 3. 10 Aptitud de uso comercial en la ciudad interior de Toluca .....	138
Figura 3. 11 Aptitud para uso industrial en la ciudad interior de Toluca .....	141
Figura 3. 12 Aptitud para áreas verdes en la ciudad interior de Toluca .....	144
Cuadro 3. 1 Técnicas de EMC.....	105
Cuadro 3. 2 Matriz de ponderación para uso residencial .....	132
Cuadro 3. 3 Matriz de ponderación para uso comercial .....	136
Cuadro 3. 4 Matriz de ponderación para uso industrial.....	139
Cuadro 3. 5 Matriz de ponderación para uso áreas verdes .....	142

**Conclusiones**

Cuadro C. 1 Número de vacantes urbanas por grado de aptitud .....	157
---	-----

# Introducción

En las ciudades mexicanas existen problemas urbanos de diferente naturaleza cómo pueden ser la movilidad urbana o periurbana, la condición de las arterias viales, la desordenada configuración de las ciudades no solo en su trazado sino también en el ordenamiento de los predios que han sufrido muchas transformaciones a lo largo del tiempo y de las administraciones.

Dentro de esta situación presente en la mayoría de las ciudades, la ciudad de Toluca en su carácter de capital del Estado de México no es la excepción lo que se traduce en un problema aún mayor debido a su jerarquía y por la diversidad que este ente urbano presenta actualmente proyectándose a su vez al ser el núcleo principal de una extensa Zona Metropolitana compuesta por 22 municipios.

A pesar de esto las investigaciones relacionadas a temas urbanos se centran en trabajos metropolitanos inmersos en el estudio de la dinámica entre los municipios con la ciudad-región. Sin embargo, el propósito de este trabajo es precisamente lo contrario, el estudio de la ciudad pero desde los espacios que se encuentran dentro de su mancha urbana más compacta y su periferia inmediata.

El objetivo de este trabajo es tratar de dar una solución a la situación urbana relativo a el uso del suelo en la ciudad interna; en primer lugar la presencia de espacios vacantes dentro del centro urbano que pueden ofrecer oportunidades para nuevos usos urbanísticos que maximicen el desarrollo sustentable de la ciudad interna, su reaprovechamiento para minimizar la presión de ocupación del territorio; en segundo lugar la incompatibilidad de los actuales usos de suelo ante la expansión urbana impactando las relaciones entre las características físico-ambientales que han caracterizado la falta de sustentabilidad; en tercer lugar, la falta de un modelo que evalúe la capacidad de acogida presente y futura de los espacios vacantes basada en la aptitud territorial enfocada a la viabilidad de una reconversión de los mismos para el diseño y posible aplicación de, por ejemplo, áreas

verdes, vialidades, estacionamientos, parques industriales de nueva generación, corredores comerciales o financieros, desarrollos residenciales, etc. pero también las posibles restricciones o impactos que éstos puedan producir; y en cuarto lugar, la carencia de un método de evaluación científica que auxilie a los procesos de planificación en relación a la intervención territorial basado no sólo en información básica y generalista sino que también profundice en la caracterización y comparación de las estructuras endógenas que determinan la idoneidad o cabida de nuevos programas o planes de carácter espacial para su aprovechamiento óptimo.

Aquí se llegará a una serie de mapas modelo a través de la Teoría de la Capacidad de Acogida Territorial, de los Sistemas de Información Geográfica y la Evaluación Multicriterio que como herramientas independientes se han utilizado en múltiples trabajos de investigación pero en el caso que en este estudio nos ocupa es el tratar a todas éstas de manera conjunta y hacer uso de su potencial analítico para realizar aproximaciones que arrojen resultados más precisos y cercanos a una realidad que acontece en el contexto urbano.

En conjunto con lo anterior el estudio se aplicará a terrenos desocupados o vacantes urbanas ubicadas dentro del territorio de la ciudad interior para obtener su aptitud para albergar uso residenciales, comerciales, industriales o áreas verdes considerando criterios tanto físicos como socioeconómicos, impactos y restricciones normativas que apoyados con métodos matemáticos y los SIG para la realización multicriterio y sintetizar los resultados de acuerdo a los objetivos (usos) en una representación cartográfica final.

# Capítulo 1

## Consideraciones teóricas del territorio, urbanismo, capacidad de acogida y el análisis multicriterio

El presente capítulo aborda las teorías en que este estudio se fundamenta y que incluye desde la diferencia entre el análisis Geográfico y como se vincula éste con el análisis espacial tomando en cuenta algunas de sus características; también estudia los puntos de interés y en los que se centra el nuevo urbanismo para dar una perspectiva desde el diseño de las ciudades, de la arquitectura pero con vínculos con la problemática de las sustentabilidad; en el caso de la Nueva Geografía sirve como una interrelación entre las ideas cuantitativas y los estudios cualitativos, posteriormente se entra en materia con la teoría de la capacidad de acogida del territorio y el análisis multicriterio.

### Análisis Geográfico y Análisis Espacial

En Geografía se utilizan de forma indistinta los conceptos de análisis geográfico y análisis espacial, se entiende que ambos términos estudian el espacio geográfico lo que propicia la idea de que son sinónimos, sin embargo eso no es del todo cierto porque aunque, en efecto, se abocan al estudio del territorio lo abordan desde dos frentes que en esencia son parecidos pero tienen una diferencia que aunque sutil es muy significativa.

Para dar una idea completa sobre las diferencias entre ambos tipos de análisis se debe empezar por definir qué es análisis; según Gamir, et. al. (1995), citando a la Real Academia de la Lengua, se define como la “*distinción y la separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos*”. En Geografía se puede entender como “*el todo se debe asimilar al espacio geográfico en su conjunto y en sus partes*”, estas últimas

incluyen las “variables territoriales (abióticas, bióticas, socioeconómicas, etc) u objetos geográficos que sobre él confluyen” (Madrid y Ortiz, 2005).

Cuando se hace referencia al Análisis Geográfico se retoman dos conceptos que se interrelacionan: el lugar y la posición, o bien, sitio y situación respectivamente. El análisis lleva al geógrafo a comprender los modos de organización en el espacio constituido por la superficie terrestre y la biosfera que la ciñe. El geógrafo pone en primer plano de su investigación las relaciones entre la localización, la organización y la diferenciación espaciales, clasifica las estructuras organizadoras del espacio y descompone los sistemas que las rigen; estudia la intensidad de los fenómenos y la densidad de las poblaciones, el volumen de las transferencias y de los intercambios. Pone de relieve el significado de los límites y de las discontinuidades que recortan el espacio, y busca el sentido de las evoluciones (Dollfus, 1978).

El lugar es el asiento territorial de un elemento del espacio, la posición depende del sistema de relaciones que mantiene éste con otros elementos, ya estén estos próximos o alejados. Lugar y posición no dependen de una escala de magnitud determinada.

En el análisis de los lugares y de las posiciones el geógrafo efectúa tres operaciones: establece los elementos del lugar, estudia las relaciones que justifican la posición y confecciona el balance de la correspondencia entre el lugar y la posición, las cuales se pueden modificar en el curso de la historia (Dollfus, 1978).

La aplicación de los principios de localización, distribución, generalización, actividad, causalidad y conexión junto con la consideración de espacio geográfico con sus caracteres, relaciones, densidades, flujos, percepciones, formas, tipologías, organizaciones y paisajes que permiten realizar el análisis geográfico donde se consideran los lugares, paisajes, localizaciones, diferenciaciones, estructuras, escalas, temporizaciones y sistemas existentes, utilizando planteamientos diversos como el análisis ecológico, el espacial, el regional, el paisajístico y el sistémico necesarios para estudios multidisciplinarios e interdisciplinarios.

El espacio geográfico se concibe como algo abstracto; como algo concreto y real; como algo subjetivo; que incluye una serie de leyes explicativas, organizaciones, asociaciones, relaciones, cambios y transformaciones enfocadas hacia la consolidación de un producto social.

Cuando se habla de análisis geográfico se estudian temáticas como el papel que realiza el geógrafo sobre el paisaje, el análisis ecológico y el análisis regional.

En el paisaje, entendido como el estudio y la descripción de porciones de la Tierra, al momento que se selecciona el espacio se le da una delimitación en donde los componentes naturales y humanos forman interrelaciones de interdependencia que ha significado el objetivo principal del análisis geográfico.

La función del análisis ecológico es investigar las relaciones entre los grupos humanos con sus características y costumbres con el medio geográfico tanto en el momento en que se lo apropia como en el momento en que lo transforma.

Para el análisis regional su objetivo es diferenciar las áreas geográficas, unidades territoriales o espaciales, aplicando una metodología sistémica que supone el reconocimiento de flujos, redes, nodos, jerarquías, superficies y procesos de difusión espaciales que se materializan en el territorio al configurar un sistema territorial, donde se incluyen los asentamientos, la producción, las conexiones, el medio físico, la población y el marco jurídico-político.

En todos estos análisis el uso de modelos hacen referencia a la estructura locacional, el desarrollo y el planeamiento urbano y regional, el análisis territorial y los de ordenamiento del territorio con sus políticas de gestión de espacios concretos.

En el caso del análisis espacial su objetivo se centra en el estudio, de manera separada, de los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos y la manera en como éstos se comportan bajo ciertas condiciones. Para esto, el análisis espacial se vale de un

conjunto de técnicas que, de acuerdo con lo anterior, sólo puede dar respuesta a una parte de la dinámica del espacio, mas no a su totalidad.

Las técnicas de las que hace uso el análisis espacial cumplen por lo menos con dos objetivos (Madrid y Ortiz, 2005):

1. Identificar los componentes del espacio, y
2. Utilizar un procedimiento o conjunto de procedimientos que permitan comprender la funcionalidad de alguno de estos componentes espaciales.

El análisis espacial es considerado como un proceso investigativo que conjuga herramientas para separar, procesar y clasificar datos que tienen como finalidad hacer este proceso más simple y eficiente en la búsqueda de respuestas mediante el descubrimiento de particularidades y definir su participación en la globalidad y llegar a una visión integral.

Esta herramienta técnica involucra una serie de procedimientos en lo que se trabaja con una o más variables con el propósito de explicar, observar el fenómeno y expresarlo de forma gráfica, cuantitativa, cualitativa y/o mixta. Estas herramientas cumplen con los dos objetivos del análisis espacial en cuanto en que sirven para identificar los componentes del espacio y se centran en el procesamiento o tratamiento de los datos.

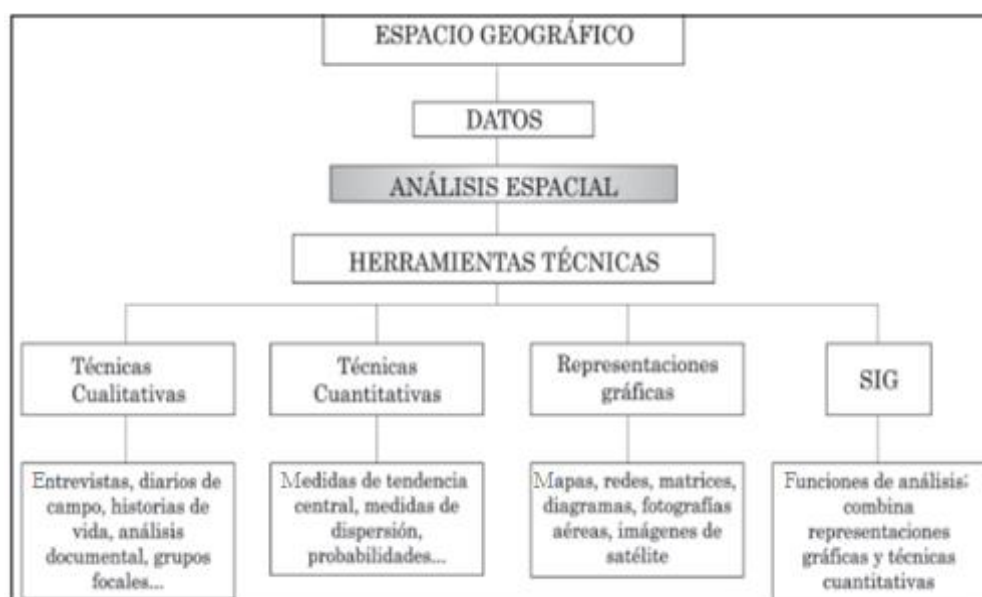
Cuando el enfoque es desde un punto de vista temático, el Análisis Espacial constituye una serie de técnicas estadísticas y matemáticas aplicadas al estudio de los datos distribuidos sobre el espacio geográfico basados en la posibilidad de trabajar con las relaciones espaciales de las capas temáticas desde sus bases de datos geográficas incluyendo los aspectos geométricos de las entidades o rasgos espaciales de forma conjunta.

Sin embargo, como el Análisis Espacial puede realizarse dentro de una gama de resoluciones e integraciones espaciales, estos diferentes niveles de detalle y complejidad brindan el límite que daría existencia al Análisis Geográfico en su interior.



Basado en Buzai el Análisis Espacial cubre todos los niveles del espacio de relaciones resolución-integración, en su interior el Análisis Geográfico se ubica en los mayores niveles de integración. Cuando se habla de resolución alude al nivel de detalle espacial que va desde el mundo al sitio y, en cuanto a la integración corresponde al nivel de combinación de variables en la búsqueda de resultados desde el análisis univariado hasta el multivariado. El límite entre el Análisis Espacial y el Análisis Geográfico fluctúa de acuerdo al objetivo de cada estudio o aplicación (Buzai y Baxendale, 2006).

Figura 1. 1 Relación entre Espacio Geográfico y Análisis Espacial



Fuente: Madrid y Ortiz, 2005

### Nuevo Urbanismo o Urbanismo Sustentable

Actualmente la “sustentabilidad” refleja una preocupación científica real sobre las prácticas en donde el entorno construido juega un importante rol debido al consumo que realiza de energía y recursos. Pero la sustentabilidad en la vida diaria está acotada de estructuras que no fueron pensadas bajo los patrones de ser “amables” con el medio ambiente.

Existe una definición de sustentabilidad expuesta por la Comisión Brundtland en 1987 (anteriormente conocida como la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo), cuya

creación y propósito es abordar la creciente preocupación sobre “*el deterioro acelerado del ambiente humano y los recursos naturales y las consecuencias de la misma para el desarrollo socioeconómico*”.

La comisión establece una definición para Desarrollo Sustentable que aún es ampliamente utilizado:

“*Desarrollo sustentable es desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para satisfacer sus necesidades. Esto contiene dos conceptos clave:*

- *El concepto de necesidades, en particular las necesidades esenciales de los pobres del mundo a los cuales se les debería dar una prioridad primordial; y*
- *La idea de limitaciones impuestas por el estado de tecnología y la organización social sobre la habilidad del ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras”* (CNU, 2001).

El Nuevo Urbanismo está basado en la idea de crear o diseñar ciudades sustentables dirigidas hacia una arquitectura verde y ambientalmente responsables ante una tendencia histórica con repercusiones presentes en el crecimiento desorganizado y caótico lo que propicia una pérdida de cohesión en la estructura urbana además de una disfuncionalidad entre el centro y la periferia.

Este concepto se define como “*una manera actual de ver a la actividad de la planeación urbana de las ciudades, desde el enfoque sustentable y reciente, conforme a las nuevas necesidades y requerimientos de la ciudad...*” (Hernández, 2008).

Existe un documento llamado *Carta del Nuevo Urbanismo* emitido en 1996 por el Congreso para el Nuevo Urbanismo donde se exponen una serie de principios básicos en materia de urbanismo sustentable y ordenamiento del territorio aplicables desde un edificio, barrio, bloque urbano hasta una ciudad, región o país.

La Carta del Nuevo Urbanismo menciona que las regiones metropolitanas descentralizadas es la nueva realidad y que debemos aprender cómo hacerlas trabajar, que es posible reformar desarrollos de interminables áreas comerciales en pueblos o distritos especiales y transformar subdivisiones deformes en vecindarios; pero el trabajo no tiene precedentes y requerirá de la invención de nuevas políticas de planeación y técnicas de diseño (CNU, 2001).

Es posible traer nuevos desarrollos a áreas de la ciudad deterioradas y sobrepasadas, pero lo que se ofrece debe ser tan bueno o mejor que lo que está disponible en otro lugar. Esto es un aspecto moderno del Nuevo Urbanismo: El llamado a crear conceptos frescos de diseño para situaciones actuales, esto incluye formas innovadoras de reparar los errores de desarrollos recientes, regulaciones y políticas para evitar que los viejos errores sean repetidos; propuestas visionarias para hacer que antiguas áreas sean competitivas, planes para limitar la extensión de regiones metropolitanas y condensarlos por modernas formas de transporte.

La esencia de la Carta es restaurar los centros urbanos existentes y pueblos al interior de regiones metropolitanas coherentes, la reconfiguración de la extensión de los suburbios en comunidades de vecindades y diversos distritos, la conservación de los ambientes naturales y la preservación de construcciones históricas.

### Geografía Cuantitativa/Nueva Geografía

Para entender donde tiene sus raíces la teoría de la revolución cuantitativa se debe empezar desde la exploración del positivismo y su impacto en las ciencias sociales, la década de 1930-1940 es considerada como un periodo evolutivo de las ciencias sociales en un contexto de crisis que buscaba desesperadamente una respuesta eficaz, es debido a esto que el keynesianismo, la econometría y la economía positiva nacieron, todo esto junto a la psicología social atendieron la exigencia de una planeación urbana y regional para reconstruir las ciudades devastadas por la guerra.

Los grandes adelantos tecnológicos derivados de las guerras mundiales originaron la creación de instrumentos más poderosos en el tratamiento de la información aunado también a un cúmulo teórico y conceptual como la teoría general de sistemas, la teoría de la información y de la comunicación, la teoría de la decisión y la de juegos.

Es a consecuencia de esto que los métodos cualitativos perdieron interés ante una creciente tendencia por aplicar conocimientos empíricos con los nuevos sistemas lógicos con énfasis en la creación de modelos, todo esto soportado en el amplio marco de la teoría general de sistemas lo que significó la generalización de los métodos cuantitativos en las ciencias sociales y consolidando la nueva corriente neopositivista.

En el ámbito de la Geografía el cambio se dio en los años cincuenta del siglo XX en el norte de Europa con dos importantes sucesos: 1. La publicación en 1953 del artículo de K. Shaefer *Exceptionalism in Geography*, que atacaba directamente al núcleo de la concepción regional-historicista (adecuada comprensión de la naturaleza de cualquier fenómeno considerándolo en términos del lugar que han ocupado y el papel que ha desempeñado dentro de un proceso de desarrollo) (Pickenhayn 1998), y 2. La edición en 1962 de una de las obras teóricas fundamentales de la Nueva Geografía: *Theoretical Geography* de William Bunge.

Capel (1983) señala que la nueva geografía se identificó con el uso de estadísticas refinadas, el énfasis en la formulación de leyes frente a la simple descripción idiográfica (basada en símbolos), la nueva metodología deductiva, teórica, fuertemente formalizada y con un marcado sesgo fisicista. La Nueva Geografía también originó nuevos profesionales como el “científico espacial” frente al “Geógrafo sintetizador” (Zapata y Gómez, 2008).

Pero no fue hasta la última década del siglo XX con la perspectiva de análisis de la Geografía Automatizada, cuyo soporte son las geotecnologías y los notables desarrollos tecnológicos en materia de computación, que esta corriente de pensamiento tomó un nuevo impulso.

La idea central de la Geografía Cuantitativa según Capel y Urteaga (1983) *“es que por debajo de la diversidad y de la compleja madeja que forman los fenómenos espaciales existe un orden que permite explicarlos”... “para encontrar ese orden que rige la organización espacial debe relegarse a un segundo plano el estudio de los fenómenos singulares o accidentales, y detenerse en las regularidades, en los procesos de tipo general que afectan a la superficie terrestre”* (Madrid y Ortiz, 2005).

Las técnicas cuantitativas le dieron un giro a la Geografía posibilitando nuevos esquemas de abstracción de los datos espaciales, demostraron y descubrieron patrones de comportamiento de algunos fenómenos, dándole una importancia mayor al trabajo práctico y al conocimiento construido a partir de una base demostrable dejando de lado las especulaciones teóricas y abriendo paso a los estudios de los componentes del espacio, esquemas de funcionamiento del mismo y proporcionar precisión a la investigación en la localización de fenómenos.

La Geografía del siglo XX se ampara en la idea de la evolución científica en donde Slocum (1990) demuestra que la perspectiva cuantitativa aumentó su caudal de trabajo y se ampliaron sus posibilidades metodológicas gracias a las críticas y aportes realizadas desde los paradigmas de la Geografía Regional, Racionalista, Crítica y la Humanista.

La incorporación de técnicas cuantitativas en Geografía no necesariamente hace que los abordajes geográficos deban ser realizados bajo los cánones de las ciencias experimentales, de hecho, ésta no puede llegar a la experimentación ya que las variables socioespaciales son imposibles de manipular y que son principalmente observacionales ya que no interactúan físicamente ni modifican las condiciones del contexto pero puede realizar mediciones sistémicas de éstos aspectos.

La Geografía Cuantitativa centra su atención en las manifestaciones espaciales resultado de procesos sociales y ambientales en donde se apoya en las investigaciones interdisciplinarias para comprender de forma más precisa y completa la realidad espacial que acontece en el área de estudio o en cualquier otra.

Generalmente se considera que la aplicación de métodos matemáticos brinda un grado de abstracción que separa los estudios geográficos de un nivel empírico lo cual puede dificultar la modelación de las acciones humanas pero que a pesar de que es una ciencia social ésta no puede abordar estas temáticas sin darle una prioridad a lo que acontece en el espacio; siempre debe tomar en cuenta la capacidad que tiene la sociedad de modelar y transformar su entorno en el cual habita a sus necesidades colectivas basadas en su psique social y/o su bagaje cultural, lo cual debe ser considerado, en conjunto con los estudios matemáticos, un estudio holístico y propositivo al considerar variables cualitativas que pueden ser útiles al momento de ponderar ciertas variables.

Todo esto se vincula con los alcances que la Geografía Cuantitativa que aparecen incompletos al igual que otras corrientes paradigmáticas; una cosa queda clara, ninguna corriente de pensamiento es el mejor o el más completo sino que se debe hacer un seguimiento de la problemática para definir las interrogantes a responder y la forma de encausarlas hacia la búsqueda de la verdad y dar soluciones basadas en el conocimiento.

La Geografía Automatizada revalora la geografía cuantitativa en los estudios de análisis espacial y amplía sus posibilidades, tanto por el uso de las computadoras personales como por el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones o TIC's que han permitido trasladar estas aplicaciones al ámbito del Ciberespacio a tal grado que en la actualidad se habla de una Cibergeografía.

La Geografía Cuantitativa como paradigma de las actuales tecnologías digitales genera un impacto de gran alcance en las actividades de aplicación en la que aparecen dos características principales: la visión espacial como enfoque predominante y la búsqueda de resultados concretos para actuar sobre la realidad compleja.

Los estudios geográficos cuantitativos mediante el uso de las tecnologías digitales se centran en la organización espacial para gestionar los actuales patrones de distribución y una planificación más eficaz y equitativa a manera de contrarrestar las desigualdades

socioespaciales y mostrar factibilidad para la realización de acciones que lleven a mejorar la vida de la población.

La Geografía automatizada retoma el enfoque cuantitativo en los estudios de análisis espacial al ampliar las posibilidades por el uso de computadoras, las comunicaciones y la geoestadística que en conjunto han permitido trasladar estas aplicaciones al ámbito del Ciberespacio (Buzai, 2005).

### Capacidad de Acogida del Territorio

Actualmente existe una amplia capacidad de análisis en el ámbito de los estudios territoriales en donde los Sistemas de Información Geográfica juegan un papel muy importante ya que mediante el procesamiento de los datos geográficos a través de los diversos programas especializados en temas estadísticos, bases de datos y representación cartográfica que auxilian al especialista a realizar su trabajo de forma más simple pero que le exigen una mayor atención al momento de realizar el tratamiento y su visualización debido a que existen los riesgos de realizar análisis deficientes lo que origina errores al momento de visualizarlo en un mapa, esto significa que aunque el procesamiento se ha simplificado no se debe dejar de lado el trabajo del especialista al momento de interpretar los datos que impactarán a un espacio determinado en un presente y en el futuro.

Siguiendo esta línea de pensamiento, existe un método que realiza la evaluación de territorio para áreas urbanas que pretende medir la capacidad del territorio para acoger usos nuevos dirigidos hacia la reconversión, dentro de una normativa de planeación, para la gestión urbana de las vacantes al interior de las ciudades. Este método hace un uso combinado de los Sistemas de Información Geográfica y las Técnicas de Evaluación Multicriterio que han llegado a ser herramientas útiles en años recientes.

La determinación de usos más apropiados para cada localización es uno de los fines de la planeación y el ordenamiento territorial en donde las actividades/servicios que puede acoger un territorio debe basarse en la capacidad del medio natural o construido incluyendo

los riesgos e impactos que esta nueva implementación pueda ocasionar, todo sujeto a una adecuada distribución enfocada a la mejora de la calidad de vida de la población.

En teoría todos los procesos de planificación, en este caso urbana, deberían basarse en una toma de decisiones informada y libre de prejuicios o sesgos que podrían comprometer la realidad de la población a la cual se le va a aplicar un nuevo plan con el objetivo de mejorar sus actuales condiciones de vida y de su entorno.

En el caso de los estudios territoriales la base son los mapas temáticos como geológicos, edafológicos, topológicos, etc. auxiliándose de los sistemas de información geográfica con el fin de crear el análisis espacial; sin embargo los primeros muchas veces tienen una naturaleza general debido a que sólo se puede mostrar una parte de la misma y delimitada por su temática lo que lleva a la segunda parte del análisis que es aplicar el método científico en trabajo de campo ya sea físico o virtual.

En los estudios urbanos existen técnicas y procedimientos geográficos que evalúan la capacidad de un territorio para acoger nuevos usos que sean óptimos tanto para el planeador como para la población en el sitio para revitalizar el espacio en su totalidad.

Las aptitudes del territorio tienen un significado en su conjunto para cada espacio determinado y otras posibles actuaciones, lo que define su capacidad de desarrollo derivado de la combinación de ciertas características y elementos significativos que en conjunto con los procedimientos propios del estudio de la capacidad de acogida realizan interrelaciones entre los diferentes elementos del medio físico y usos del suelo con los estudios de adecuación o viabilidad que incluyen la accesibilidad y otros efectos socioeconómicos.

Conceptualmente, la capacidad de acogida es *“el uso óptimo del territorio en orden a su sostenibilidad. Por tanto, está dirigido a valorar el potencial y las restricciones naturales para la implantación de usos y actividades en un espacio determinado”* (Galacho y Ocaña, 2006). Gómez Orea en 1992 define a la capacidad de acogida del territorio como *“el grado de idoneidad o cabida que presenta el territorio para una actividad teniendo en cuenta a la*



*vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio”, es decir, que los usos urbanísticos tendrán su localización óptima cuando no degraden gravemente las características ecológicas o paisajísticas para que su integración sea con el menor impacto y la mayor aptitud posibles dentro de los parámetros del análisis. Barredo en 1996 hace una última definición de la aptitud para recibir una actividad determinada como “el conjunto de requisitos localizacionales que debe poseer un lugar para poder acoger una determinada actividad. Apunta también que la aptitud varía a medida que varían los factores del medio o las clases de los factores, estableciéndose así un rango de aptitudes para una actividad en un territorio dado.”*

El modelo de evaluación de la capacidad de acogida mide comparativamente que tan aptos o vulnerables son los elementos del medio y sus distintos factores con relación a sus usos concretos que en este caso son los urbanísticos. Con ello se llega a los conceptos de aptitud (grado de adaptación del medio a los requerimientos del objeto para el cual es evaluado); impacto (efectos negativos producidos por una actuación sobre el medio o sobre los factores considerados) y las restricciones (delimitación de entre las alternativas reales las que son incompatibles por motivos físicos o normativos).

Según Javier Monclús los proyectos urbanos estratégicos se tratan de operaciones que suelen apuntar a la revitalización de determinados ámbitos de escasa actividad urbana como mecanismo para vertebrar espacios fragmentados y de difícil identificación: áreas pasivas como lo menciona Harold Carter (1983) debido al declive o sustitución de usos, pero también áreas dinámicas en las que se detectan oportunidades de potenciar ejes o polos de centralidad (Aguilar, 2006).

A partir del reconocimiento de la existencia de ciertas continuidades y rupturas con prácticas anteriores, se trata de reflexionar sobre la naturaleza, las oportunidades y los costos asociados a un renovado urbanismo que ha ido madurando en años recientes. El objetivo último de la reflexión que se propone es el de señalar las ventajas y los inconvenientes de estas renovadas formas de intervención urbanística en un contexto de cambio sustancial de las expectativas de las ciudades en la era de la globalización.

Las “nuevas oportunidades” a las que hace referencia Nuno Portas son novedosas en tanto que la mayor parte de las ciudades en transición a economías de base más terciaria que industrial se encuentran con espacios disponibles en áreas de usos obsoletos o que ahora muestran viabilidad económica de su eventual transformación: suelos industriales con débil intensidad de uso o en abandono, etc, algunos proponen una clasificación funcional regeneración de áreas centrales, extensiones y *waterfronts*, transporte y renovación urbana, etc. (Powell, 2000).

Otros efectúan clasificaciones más procesuales y temáticas según tipos de intervención: espacios públicos, paisaje, infraestructuras, patrimonio, reconversión (cambio de uso de suelo), regeneración urbana (renovación), nuevos barrios, nuevas centralidades (Projets Urbains, 2002), otras clasificaciones más sofisticadas combinan objetivos y situaciones urbanas. Existen procesos que se asocian a la imposición de una visión economicista en el planeamiento urbanístico e incluso se presentan simplemente como una parte del marketing urbano asociado a las nuevas operaciones de prestigio donde es posible extender la noción de proyecto urbano a otras actuaciones que pretenden la revitalización de determinadas áreas en las que se manifiestan necesidades de integración urbanística y, a la vez, oportunidades de aportación de elementos de centralidad.

El término revitalización se refiere a proyectos que pretenden un cambio funcional con distintos significados según tienden a poner el acento en una u otra dimensión por el elevado nivel de diseño urbano que caracterizan a sus intervenciones.

Cualquier operación urbana de cierta entidad puede ser valorada por sus beneficios y por sus costos, por las eventuales mejoras en la estructura urbana y por los posibles problemas ocasionados no solo en lo económico sino también todo lo que suponen desde el punto de vista social, cultural o de cambio en la calidad de vida urbana.

En referencia a los límites, posibles riesgos y costos de dichas opciones estratégicas podrían destacarse las más importantes:

- Existe un riesgo claro de “sobredosis de inversiones”, es decir, una excesiva concentración de recursos en un espacio limitado. Posibilidad de un excesivo énfasis en los grandes proyectos en detrimento de otras actuaciones menores.
- En relación a esa lógica económica, también se plantea el riesgo físico evidente en la formación de enclaves con tendencia al aislamiento.
- Desde el punto de vista del control urbanístico, una excesiva autonomía de las actuaciones –debido al peso creciente de las decisiones tomadas por entidades gestoras específicas- tiende a su configuración como elementos que sustituyen o funcionan en detrimento del plan general.

Como contrapartida, en cuanto las oportunidades y ventajas de esa extensión del concepto de urbanismo estratégico, se podría aludir a las siguientes:

- El diagnóstico efectuado a los planes estratégicos sustituye a las “justificaciones” del planeamiento convencional, constituye un buen punto de partida, mientras que una buena concepción y gestión de los proyectos estratégicos permite su funcionamiento como catalizadores de otros proyectos urbanos.
- Los proyectos urbanos estratégicos facilitan el desarrollo de actuaciones específicas en el marco de un planteamiento flexible. De este modo, pueden entenderse como proyectos urbanos de “regulación variable”.
- Una de las ventajas claras de los proyectos urbanos es la posibilidad de control unitario de importantes piezas urbanas que, generalmente, se configuran en función de lógicas sectoriales (Aguilar, 2006).

### Evaluación Multicriterio/Multiobjetivo

La Evaluación Multicriterio se define como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en procesos de toma de decisiones, cuyo fin básico “*es investigar un número de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto*” (Voogd, 1983). Según eso es posible “*generar soluciones compromiso y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción*” de acuerdo a Janssen y Rietveld. La toma de decisiones

multicriterio se entiende como un “*mundo de conceptos, aproximaciones, modelos y métodos, para auxiliar a los centros decisores a describir, evaluar, ordenar, jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación (expresada por puntuaciones, valores o intensidades de preferencia) de acuerdo a varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la telología: objetivos, metas, valores de referencia, niveles de aspiración o utilidad*” según Colson y De Bruin (Gómez y Barredo, 2005).

Según Carver (1991) “*La decisión multidimensional y los modelos de evaluación, de los cuales la EMC forma parte, proveen un conjunto de herramientas para el análisis de las complejas propiedades entre las alternativas de selección. La estructura matemática utilizada para describir la toma de decisiones multidimensional está basada en la teoría de la optimización multiobjetivo, en la cual los objetivos complementarios y conflictivos son descritos como un problema de decisión con múltiples objetivos*” de acuerdo a Stillwel, Geertman y Openshaw.

La Evaluación Multicriterio (Romero, 1993), tiene su fundamento en la teoría de la decisión la cual es vista desde el ámbito positivo (descriptivo) y el normativo (prescriptiva). La primera concierne principalmente al campo de la lógica mediante la elaboración de una serie de construcciones teóricas y articulaciones lógicas (razones) que pretenden explicar y predecir el comportamiento de los agentes decisores reales.

En el caso del enfoque normativo se define la racionalidad de los agentes económicos en base a una serie de supuestos justificables seguido de operaciones lógicas para deducir el comportamiento óptimo de los agentes y que sea compatible con la racionalidad previa dando un énfasis en el desarrollo, la evaluación y la aplicación de las técnicas para facilitar la toma de decisiones según Romero (1993) y Moore (1975) (Gómez y Barredo, 2005).

Es interesante el analizar que tanto estos enfoques tienen en común y en que discrepan, por ejemplo en el ámbito positivo se busca mediante la lógica y un acervo teórico las razones que incentivan al tomador de decisiones a tomar acción en ciertos asuntos dejando de lado

otros que a vista de algún otro agente puede ser igual o, inclusive, más importante que el seleccionado en primer lugar.

Cuando se trata de predecir el comportamiento de una persona sobre algún tema determinado muchas veces se puede caer en juicios como, por ejemplo, que la decisión que en su momento aparenta ser la mejor en un momento inicial conforme otras razones o teorías comienzan a tomar importancia y tienen una injerencia en el pensamiento del agente modifican en el transcurso del tiempo dicha decisión. Esto es sólo un ejemplo de lo errático que puede ser el comportamiento a lo largo de un proyecto donde muchas personas y/o variables se ven involucradas en este proceso.

Es notable el contraste entre los enfoques planteados, mientras que el primero intenta dilucidar el cómo son, el normativo plantea el establecimiento del cómo debe ser (comportamiento) los centros decisores.

En el enfoque normativo existen la evaluación objetiva y la subjetiva en cuanto al criterio de decisión; en el análisis objetivo, las tentativas son hechas para obtener una valoración económica de los eventos y los criterios considerados al identificar sus efectos potenciales y sus magnitudes. En el caso del análisis subjetivo comprende varias aproximaciones para ordenar las ideas de los agentes decisores al expresar juicios consistentes dirigidas hacia una elección racional.

Para lograr esto se ayuda en una serie de técnicas donde se incorporan planteamientos explícitos de preferencias de los agentes decisores representados en cantidades, ponderaciones, limitantes, metas y otros parámetros; algunas aproximaciones de este enfoque son: la teoría multi-atributo (Fishburn), la programación por metas (Ignacio), la programación lineal (Zeleny y Fiering) y otras técnicas de optimización (Nijkamp).

El enfoque decisional normativo vio aparecer en la década de los sesenta el paradigma decisional multicriterio, el cual supuso una revolución en el campo de la teoría de la decisión. El enfoque decisional tradicional plantea la elección de la alternativa óptima de

acuerdo a un cierto criterio único estableciendo un conjunto de posibles soluciones del problema de decisión estudiado y basándose en un criterio se asocia cada posible solución un valor que cuantifica el grado de deseabilidad que tiene cada alternativa para el agente utilizando técnicas matemáticas hasta obtener la solución óptima.

Todo lo anterior le otorga una estructura interna sólida y lógica pero aún carece cuando se quiere abordar una decisión real en donde el agente debe evaluar varios criterios y objetivos que posteriormente determinarán los criterios de decisión con los actuales el agente va a realizar la decisión final.

El análisis multicriterio y los modelos de decisión multiobjetivo, según Nijkamp y Van Delft (1977), ofrecen la oportunidad de obtener un análisis equilibrado de todas las facetas de los problemas de planificación sobre todo cuando existen varios efectos intangibles como los socioambientales.

Se debe tener en cuenta que los procedimientos de EMC no fueron pensados para trabajar con datos geográficos y dentro del campo de las decisiones territoriales los paquetes SIG han dejado rezagados los procedimientos de análisis para el adecuado tratamiento de la componente temática, al menos en el campo de la toma de decisiones. Por lo tanto la integración de ambos elementos (SIG y EMC) permitirán llevar a cabo procedimientos simultáneos de análisis en cuanto a los dos componentes del dato geográfico: espacial y temático, proveyendo soluciones a problemas espaciales complejos.

La integración de métodos de EMC y SIG genera una potente herramienta para realizar modelados en los procesos de análisis espacial sobre todo en los temas de asignación/localización de actividades, gestión de recursos naturales, control de riesgos y en planeación/ordenamiento territorial. Sobre esta temática se han abordado múltiples trabajos y estudios que tratan de solventar las carencias que presentan en el tratamiento de los datos los SIG.

Según P. Jankowski, se siguen dos tipos de estrategias para intentar paliar estas deficiencias: a) mediante el uso de los Sistemas de Ayuda a la Decisión Espacial o SDSS por sus siglas en inglés, que según el autor resuelven problemas de estructura espacial algo pobres: o b) recurriendo a la integración de los SIG junto con determinados módulos analíticos especializados con el objetivo de mejorar las capacidades del SIG en cuanto a la descripción, prescripción y predicción, al momento que se integren a otros softwares especializados que procesan y realizan las tareas analíticas de forma más sencilla.

Sin embargo, la integración de estas técnicas sigue planteando ciertos problemas o inconvenientes en el momento de realizar aplicaciones específicas en donde destacan:

- La imposibilidad de aplicación de los métodos de EMC basados en la comparación por pares con largas series de datos, debido a las restricciones que plantean los actuales sistemas informáticos en este sentido.
- Las dificultades que presentan algunos métodos de EMC en su implementación metodológica, lo que genera por consiguiente un difícil análisis de los resultados, así como de un desconocimiento del procedimiento interno de los métodos por parte de usuarios no especialistas en EMC.
- La necesidad de generar en muchos casos programas de procesamiento de los datos anexos a los SIG, basados en algoritmos que describan los métodos de EMC, lo que ocasiona que muchos usuarios de estos sistemas no puedan acceder a dichos métodos. Sin embargo algunos paquetes de SIG como IDRISI, SPANS o SPRING ya cuentan con este tipo de recursos entre sus métodos de aplicación (Gómez y Barredo, 2005).

Aún con estos inconvenientes presentados con esta integración de técnicas y herramientas no se debe dejar de lado la presencia de problemas de otra índole que también representan una oportunidad o ventaja al poder utilizar diversos programas que se complementen mutuamente y puedan incluso llegar a nuevos resultados o métodos que ayuden

ampliamente en la potenciación de los mismos y den como resultado la optimización de los procesos y, lo más importante es que sea fácil y sin tanto procedimientos.

Al momento de realizar la decisión existen dos tomas de decisión una es la multicriterio y la otra es la decisión multiobjetivo, en el primer caso, la EMC se basa en uno o varios objetivos ya sean estos simples o múltiples y dentro de éstos últimos pueden ser complementarios o conflictivos lo que origina las combinaciones objetivos-criterios que pueden suceder en una evaluación. En la tabla 1.1 se muestran las cuatros combinaciones posibles y es donde este tipo de evaluación centran su potencial.

*Tabla 1. 1 Criterios y objetivos en la EMC*

Objetivos/Criterios		Criterio(s)	
		Simple	Múltiples
Objetivo(s)	Simple	A	B
	Múltiples	C	D

Fuente: Gómez y Barredo, 2005.

La combinación A es la más simple de las planteadas en la tabla, excluyendo la idea incluso de los multicriterio ya que aquí solo se hacen combinaciones un criterio y objetivo simple. Por otro lado existe la posibilidad de relacionar un objetivo simple con varios criterios (caso B) que inciden en la actividad evaluada. Los criterios pueden integrarse mediante una serie de capas temáticas en las reglas de decisión obteniendo un modelo con las soluciones pretendidas por el objetivo en donde cada dato espacial recibe un valor indicando su mayor o menor grado de capacidad para cada alternativa frente a la actividad evaluada. La posibilidad de la opción C no se presenta en la realidad al ser una relación ilógica porque es muy difícil que una evaluación con múltiples objetivos pueda ser resuelta con un solo criterio.

Y es cuando se llega a la posibilidad más compleja (caso D) debido a que la existencia de múltiples criterios y/u objetivos puede generar conflictos lo que demanda un tratamiento



especial en los criterios y en las reglas de decisión para la obtención de los resultados deseados y que correspondan mutuamente.

Por otro lado, cuando se trata de una decisión multiobjetivo para la resolución de problemas de evaluación estableciendo una serie de jerarquías o pesos a los objetivos. Los procedimientos son: extensión jerárquica, solución priorizada y solución compromiso, todos éstos funcionan con una estructura definida y que son independientes de las reglas de decisión empleadas. Estos tres enfoques aumentan en el orden citado su potencia operativa así como su complejidad de implementación al ser problemas de decisión específicos por el tipo de objetivo y jerarquía que se presenta en el problema.

La decisión multiobjetivo puede entenderse como la productora de los insumos en forma de modelos (capas) para la evaluación y cuyas posibilidades de combinación y complejidad se encuentran resumidas en la tabla 1.2.

*Tabla 1. 2 Técnicas de EMC con objetivos y criterios múltiples*

Objetivos/Jerarquías		Tipos de jerarquías	
		Conocidas	Desconocidas
Tipo de objetivos	Complementarios	Extensión Jerárquica D1	Extensión Jerárquica D2
	Conflictivos	Solución priorizada D3	Solución compromiso D4

Fuente: Gómez y Barredo, 2005

Cuando se plantea un problema de decisión con objetivos complementarios (no conflictivos), las alternativas pueden satisfacer más de un objetivo o todos a la vez. En el caso de objetivos complementarios, las decisiones a tomar a través de un método de EMC pueden ser resueltas a través de una extensión jerárquica del proceso asignando, o no, pesos

a cada objetivo combinando posteriormente las capas correspondientes a cada objetivo (modelo) en una sola capa que represente un índice de simple composición para seleccionar posibles alternativas obteniendo el valor más alto ofreciendo una mayor disponibilidad considerando todos los objetivos propuestos.

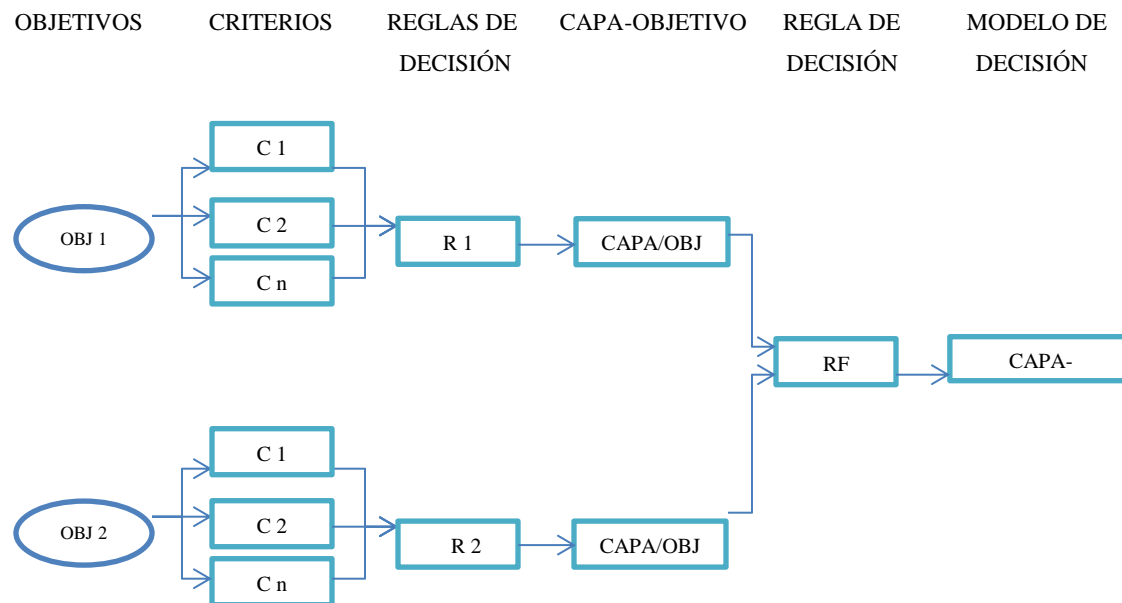
En relación a los objetivos conflictivos la complejidad es mayor al asignar un orden de importancia encaminadas a una solución priorizada (Rosenthal, 1985) asignando a cada objetivo metas siguiendo el orden para que los que tienen una mayor jerarquía puedan ser resueltos antes que los de menor. Para la asignación de jerarquías el método de Jerarquías Analíticas propuesto por Saaty (1980) provee una aproximación en este sentido. Sin embargo, la asignación de este orden no es tarea fácil ya sea por falta de referencias en cuanto a su preponderancia en la zona de estudio o por los factores, desconocimiento de las características de la actividad a evaluar sobre la zona de estudio lo que precisa de una solución compromiso.

A continuación se mencionarán algunas características de las técnicas multiobjetivo a manera de dar una idea sobre la forma en la cual éstas realizan el tratamiento de los datos y obtienen la información a través del proceso de evaluación.

#### Extensión jerárquica

Esta técnica de evaluación utiliza alternativas para satisfacer múltiples objetivos al mismo tiempo al producir una capa (modelo de decisión) en la cual las alternativas con los mayores valores ofrecen la mayor capacidad para los objetivos propuestos y satisfacerlos de manera simultánea. Cuando se trabaja con objetivos donde se conoce su prioridad sobre los demás (D1) se puede establecer una regla de decisión que permita ponderar cada uno de los objetivos y para esto se puede hacer uso de las Jerarquías Analíticas.

Figura 1. 2 Extensión jerárquica del proceso de evaluación multiobjetivo



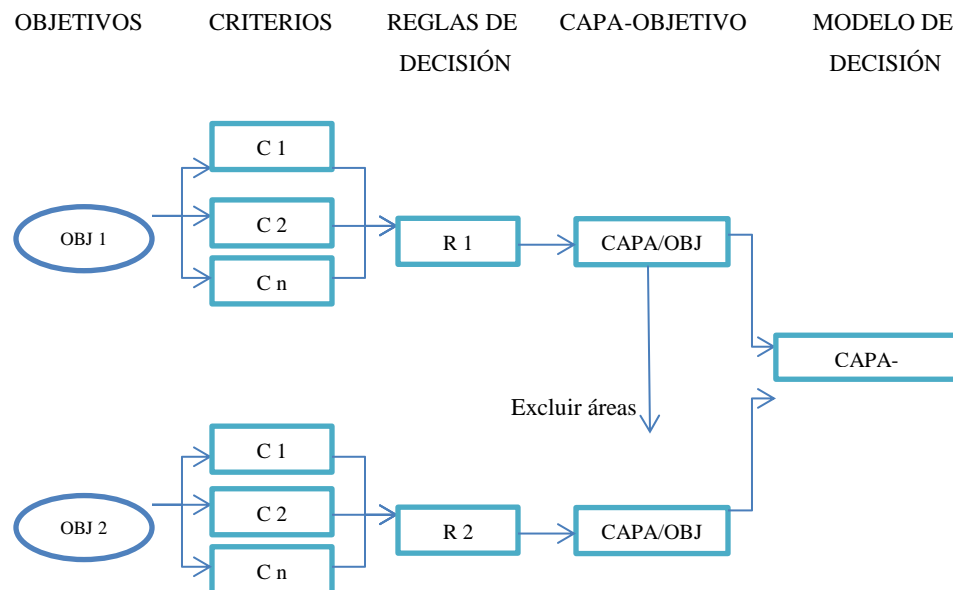
Fuente: Elaboración propia basado en Gómez y Barredo, 2005.

La segunda posibilidad (D2) puede resolverse asignando igual peso a cada uno de los objetivos desconocidos realizando de igual manera el proceso de la figura X, sin embargo, no es común que se presenten problemas de evaluación en los cuales dentro de un conjunto de objetivos complementarios se desconozcan cuáles son los criterios prioritarios.

#### Solución priorizada

La tercera opción (D3) es la de objetivos conflictivos con jerarquías conocidas y donde es factible implementar esta técnica y donde Eastman 1993 plantea generar una capa de capacidad para cada objetivo así como el establecer a partir de la jerarquía y de cada objetivo un peso que indique el orden en que van a ser satisfechos sus requerimientos (ver tabla 1.2).

Figura 1. 3 Solución priorizada del proceso de evaluación multiobjetivo



Fuente: Elaboración propia basado en Gómez y Barredo, 2005.

Este proceso inicialmente asigna al objetivo con mayor peso, las áreas en orden de mejor a peor que la capa de capacidad (Capa-Obj. A y B) haya definido, hasta alcanzar la meta de superficie establecida, después dichas áreas son consideradas excluyentes para los demás objetivos, en los cuales se realizará el mismo proceso de selección de áreas sobre las no elegidas por los objetivos precedentes. Este proceso se realiza para cada objetivo para obtener una capa (modelo de decisión) donde se asignan las áreas a cada uno de los mismos.

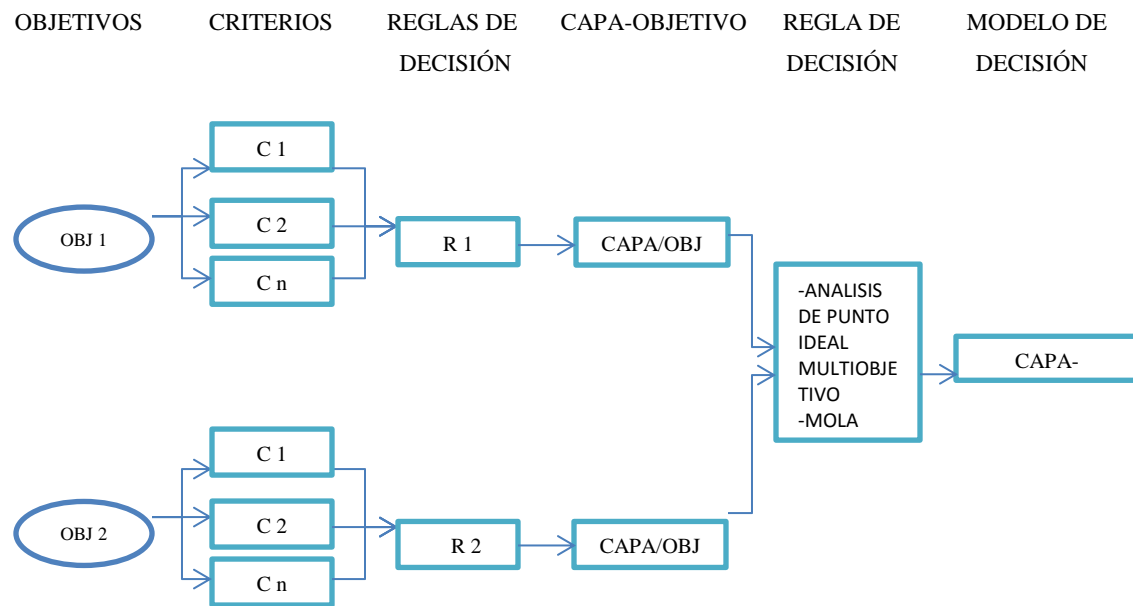
### Solución compromiso

Esta técnica (D4) abarca las evaluaciones con objetivos conflictivos de jerarquías desconocidas y que son frecuentemente encontrados en los procesos de ordenamiento territorial donde una serie de objetivos se plantean para después ser aplicados en una zona de estudio. Algunos métodos utilizados dentro de un ambiente SIG que presenta acercamientos a lo planteado por esta técnica son: 1. Programación matemáticas (Fiering) o Programación por metas (Ignizio y Eastman); 2. Análisis de Punto Ideal basado en la Programación Compromiso (Romero) y 3. Asignación de actividades multi-objetivo

MOLA (Eastman), de los cuales son los últimos dos los procedimientos los que presentan mejores posibilidades de implementar en un SIG.

El Análisis de Punto Ideal basa su estructura aritmética en el cálculo de la distancia entre cada alternativa y el punto ideal definido para cada objetivo el cual puede ser utilizado una serie de problemas de decisión con objetivos simples y múltiples.

Figura 1. 4 Solución compromiso del proceso de evaluación multiobjetivo



Fuente: Elaboración propia basado en Gómez y Barredo, 2005.

El procedimiento de esta técnica se plantea de manera similar a la solución priorizada hasta alcanzar los modelos (capas) de los objetivos planteados, resalta una asignación más apropiada en relación a la técnica anterior debido a que en este caso se evalúa la capacidad de todos los objetivos propuestos para cada una de las alternativas de selección permitiendo que varios objetivos conflictivos sean integrados a una sola regla de decisión.

Finalmente, al momento de realizar la evaluación y seleccionar las alternativas una vez ya establecidos los pesos y las puntuaciones para averiguar el nivel de adecuación de cada elemento espacial se utilizarán alguno de los múltiples métodos de EMC existentes y como

menciona Romero (1993) “*la elección del mejor método multicriterio es un problema multicriterio en sí mismo*” (Gómez y Barredo, 2005.).

El último paso de la EMC consiste en ordenar todas las alternativas en función de su adecuación o las que más satisfagan el objetivo planteado y/o actividad propuesta por el agente decisor. Teóricamente, la selección de la alternativa óptima es fácil de llevar a cabo, pero es al momento de la aplicación cuando realmente la optimización se pone a prueba y es aquí donde los SIG vuelven a tomar relevancia ya que se deben considerar criterios adicionales como dimensión, compacidad, contigüidad, disponibilidad de espacio, etc.; que se deben tomar en cuenta al momento de desarrollar sobre un territorio.

El conjunto de procedimientos de EMC aplicables en un entorno SIG, basan su funcionamiento aritmético en lo que se ha definido en la regla de decisión y este aspecto es diferente en cada uno de los procedimientos mientras que los demás componentes de la EMC suelen estructurarse de manera similar.

Es entonces cuando la constitución de la EMC que está basado en técnicas y cuentan con una serie de aspectos de importancia en su conexión con los SIG en sus métodos, sus ventajas y desventajas analíticas y en donde todos éstos elementos nos ofrecen una mayor aproximación al funcionamiento general de la EMC soportado en alternativas basadas a su vez en una serie de criterios.

Para tener una mejor organización de los criterios y alternativas junto con sus relaciones, la mejor forma de hacer esto es en forma matricial, estas matrices reciben diferentes nombres como matriz de puntuaciones, matriz de efectividad, matriz de proyecto-efecto, etc. Los valores internos de la matriz son llamados puntuaciones de criterios que representan el valor o nivel de adecuación que ha obtenido cada alternativa en función de cada criterio y que resulta fundamental para lograr la evaluación de las alternativas.

Resalta la importancia de la fase de asignación de valores a las alternativas por parte del agente decisor que es donde recae la responsabilidad de la asignación de valores

cuantitativos a las categorías correspondientes a cada criterio según una referencia previa. Los distintos métodos o técnicas del EMC se diferencian básicamente en los procedimientos aritmético-estadísticos que realizan sobre las matrices de evaluación y de prioridades.

Las fases de aplicación de un proceso de EMC en un entorno SIG necesitan de un consenso entre los objetivos, las alternativas para poder proceder a la definición de los criterios (factores y limitantes) los cuales estarán asociados a entidades geográficas por lo cual pueden ser representadas en mapas temáticos.

El conjunto de criterios debe cubrir las siguientes condicionales (Malczewski, 1999):

- Completo: debe cubrir todos los aspectos del problema.
- Operacional: los criterios deben ser significativos para el análisis.
- Los criterios deben ser capaces de ser desagregado con el propósito de simplificar su análisis
- No redundantes: Posibilidad de aplicar coeficientes de correlación entre un par de atributos.
- Mínimo: Utilizar el mínimo necesario de variables, para reducir la recolección de datos y cuantificar las preferencias del agente decisor.

La aplicación de estas condicionantes sería en un plano ideal lo más conveniente, sin embargo en un plan realista todas estas condiciones se ven limitadas y dependerán del problema propuesto, de factores externos fuera del control del decisor y, en cierta medida, de la escala de partida del proyecto. Es importante resaltar que la selección de criterios que se realice está supeditada al resultado final, toda selección y su correcta valoración son la base del proceso multicriterio.

Una vez realizado lo anterior se debe proseguir a la ponderación de los factores que finalmente serán considerados cuyo objetivo final será el expresar cuantitativamente la importancia de los criterios, para lograr esto existen diversos métodos en los que se

encuentran: 1. El método de entropía; 2. Métodos de asignación directa (por ordenación o tasación directa); 3. Métodos de eigenpesos o 4. Método de comparación de alternativas.

El primer método se basa en la idea de que la diversidad de un factor en relación a las alternativas está directamente relacionada con la cantidad de información aportada por el mismo y eso le asigna su importancia, mientras que en los restante se debe tener en cuenta que el decisor es humano y puede puntuar bajo connotaciones semánticas (mucho, poco,...) al momento de la asignación (Gómez y Barredo, 2005).

### Bibliografía

Aguilar, G. A. *Coord.* (2006) *Las Grandes Aglomeraciones y su periferia regional, experiencias en Latinoamérica y España*, IG-UNAM CONACyT, Ed. Miguel Ángel Porrúa, 379 p.

Buzai, G.D., (2005) *Geografía Automatizada*, Ciencias de la Información Geográfica y Ciencias Sociales Integradas Espacialmente. Avances cuantitativos para los estudios territoriales del siglo XXI. *Fronteras*. (Buenos Aires). Año 4, N° 4, pp. 31- 36.

Buzai, G y Claudia Baxendale (2006) *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica*, Ed. Lugar, Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente, Universidad de Buenos Aires, Argentina, 397 p.

CNU (2001) *Carta del Nuevo Urbanismo*, versión en español de la versión original en inglés emitido por The Congress for the New Urbanism, consultado el 4 de agosto del 2015 en: [http://cnu.org/sites/default/files/cnucharter\\_spanish.pdf](http://cnu.org/sites/default/files/cnucharter_spanish.pdf)

Dollfus, O. (1978) *Análisis Geográfico*, Ed. Oikos-Tau, Barcelona, España; 135 p.

Gómez, M. y Barredo, J. I. (2005) *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación territorial*, 2ª Edición, Ed. Alfaomega/Ra-Ma, 279 p.



- Galacho, F. B. y Ocaña, C. (2006) *Tratamiento con SIG y Técnicas de Evaluación Multicriterio de la capacidad de acogida del territorio para usos urbanísticos: Residenciales y Comerciales*, Grupo de Tecnologías de la Información Geográfica, Departamento de Geografía, Universidad de Málaga, 18 p.
- Hernández, S. (2008) Introducción al Urbanismo Sustentable o Nuevo Urbanismo, Espacios Públicos, Vol. 11, Núm. 23 Diciembre; Universidad Autónoma del Estado de México, México, pp. 298 – 307.
- Madrid, A. y Ortiz, L. (2005) *Análisis y síntesis en cartografía: Algunos procedimientos*, Capítulo 2 Análisis Espacial, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Consultado el 6 de julio de 2015 en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/>
- Pickenhayn, J.A. (1998) *Tiempo y Geografía*, Ed. EFFHA, Secretaría de Extensión de la Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 81 p.
- Stillwel, J; Geertman, S; Openshaw, S. (2013) *Geographical Information and Planning: European Perspectives*; Springer, Advances in Spatial Science, 465 p.
- Zapata, J. y A. Gómez (2008) *Ethos y Praxis de la Revolución Cuantitativa en Geografía*, Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal, Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia y Seguridad, Vol. 3, No. 1, Enero-Junio, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia, pp.189-202.

# Capítulo 2

## Caracterización del municipio de Toluca

En este capítulo se aborda una caracterización del municipio de Toluca como entidad o, en ocasiones, dentro del contexto metropolitano en el que está inmerso; las temáticas que se estudian en este apartado comienza con una relación del área y el universo de estudio en un ámbito regional, metropolitano en sus diferentes delimitaciones y como municipio; posteriormente se realiza una descripción del medio físico-ambiental del municipio de Toluca desde el relieve, climas, agua y sistemas bióticos; el siguiente apartado se centra en el esquema normativo federal, estatal y municipal seguido de la situación socioeconómica como la estructura demográfica, la economía y la sociedad y finalmente se expone una breve semblanza de la condición urbana de la cabecera municipal.

### Área y Universo de estudio

El Valle de Toluca se localiza inmersa en la Región Centro del país contando con una ubicación estratégica al tener una relación con la megalópolis que deriva de la Zona Metropolitana del Valle de México lo que resulta en un mayor nivel de competitividad con otras zonas metropolitanas de la región centro.

De acuerdo con la Ley General de Asentamiento Humanos de 2014 una Zona metropolitana es el espacio territorial de influencia dominante de un centro de población mientras que una conurbación se entiende como la continuidad física y demográfica que formen o tiendan a formar dos o más centros de población; un centro de población son las áreas constituidas por las zonas urbanizadas, las que se reserven a su expansión y las que se consideren no urbanizables por causas de preservación ecológica, prevención de riesgos y mantenimiento de actividades productivas dentro de los límites de dichos centros y finalmente los usos son los fines particulares a que podrán dedicarse determinadas zonas o predios de un centro de población (Cámara de Diputados, 2014).

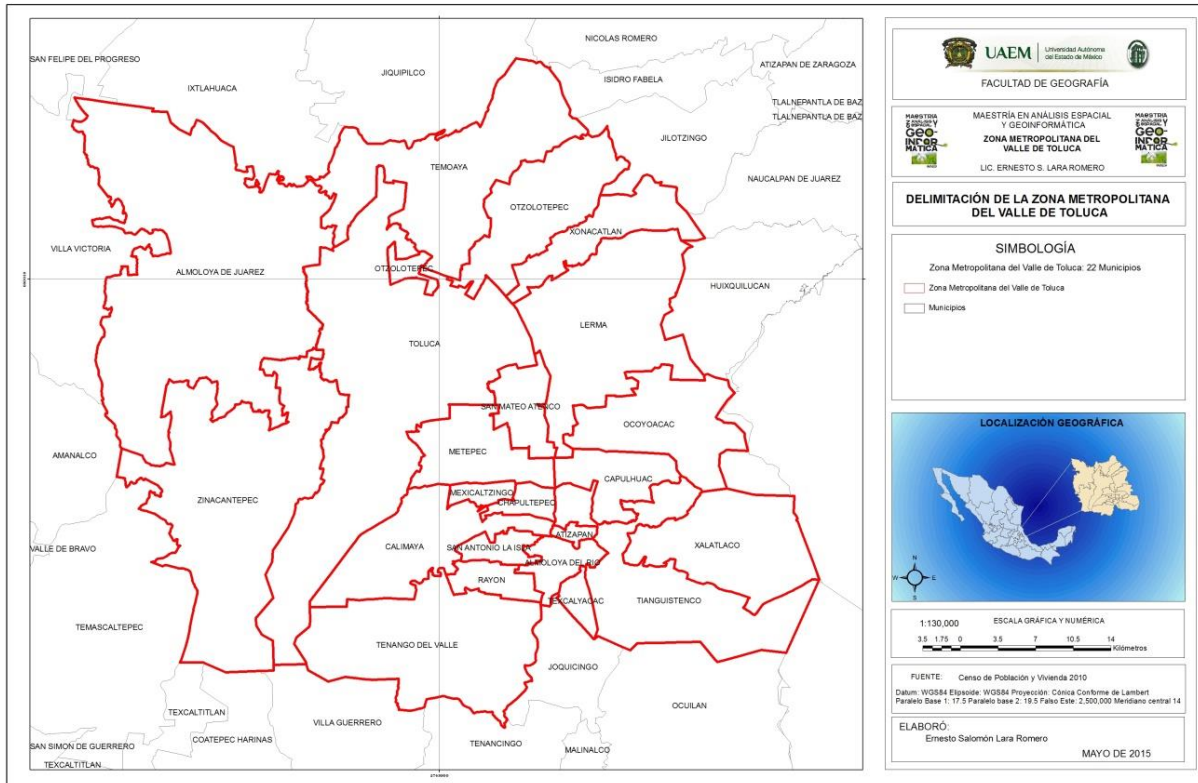
La Región del Valle de Toluca, de acuerdo al Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca, está integrada por 22 municipios de carácter metropolitano que son: Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, Xonacatlán, Zinacantepec, Almoloya de Juárez, Temoaya, Tenango del Valle, Santiago Tianguistenco, Jalatlaco, Almoloya del Río, Santa Cruz Atizapán, Capulhuac, Calimaya, Chapultepec, Mexicaltzingo, Otzolotepec, Santa María Rayón, San Antonio la Isla y Texcalyacac.

Los 22 municipios tienen una superficie de 2 669 km<sup>2</sup> en su totalidad, correspondiendo 1 820 km<sup>2</sup> a los municipios conurbados en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca y 849 km<sup>2</sup> a la periferia Metropolitana, en la Región del Valle de Toluca se ha presentado el fenómeno de conurbación al formarse una continuidad física y demográfica de 9 municipios, continuidad que se conoce como Zona Metropolitana Conurbada del Valle de Toluca conformada por los municipios de: Toluca, Metepec, Lerma, San Mateo Atenco, Ocoyoacac, Otzolotepec, Xonacatlán, Zinacantepec y Almoloya de Juárez.

La Zona Metropolitana ha sufrido cambios significativos a lo largo de su historia, en primer lugar el volumen poblacional ha aumentado 6.3 veces en promedio entre 1950 y 2009, asemejándose a un crecimiento lineal constante, al menos por población absoluta. Los municipios que más veces han crecido en población en el periodo referido son: Metepec (12.5), San Mateo Atenco (7.9), Toluca (7.1), Xonacatlán (5.7) y Zinacantepec (5.7) que lo han hecho ligeramente por arriba del promedio de la Zona en 5.1 veces (COESPO, 2008).

Para 2009, cuando la Zona Metropolitana incluía 14 municipios, la población que contenía era de 1 millón 775 mil 337 habitantes lo que representaba el 11.97% de la población estatal, esto se ve aunado a que sólo los municipios de Toluca, Metepec, Zinacantepec, Almoloya de Juárez y Lerma concentraban el 80.72% (1'432,966 habs) del total de la ZMT (COESPO, 2008).

Figura 2. 1 Delimitación de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca



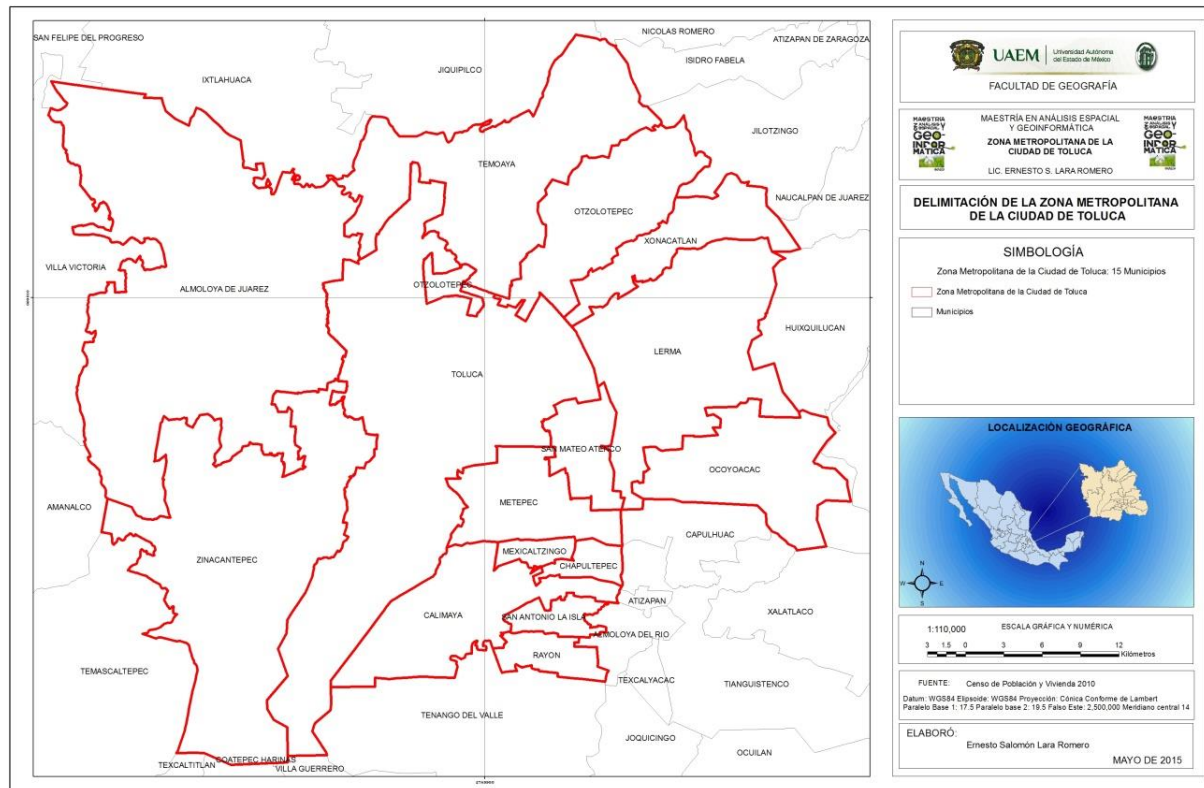
Fuente: Elaboración propia basado en Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca (2005).

Posteriormente, en el año de 2010 el Consejo Nacional de Población (CONAPO) publicó una nueva delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, en esta nueva configuración espacial se incluyen los 14 municipios anteriores incorporando el municipio de Temoaya ya considerado anteriormente en el Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle de Toluca dentro de un total de ocho unidades administrativas. Temoaya presenta un crecimiento en 2009 de 2.57 que aunque su aportación poblacional no es muy significativo, su dinámica demográfica se ha mostrado superior a la tasa de crecimiento promedio de la ZM entre 2005-2009 que fue del 2.10 (COESPO, 2008).

El municipio de Toluca posee una extensión territorial de 420.14 km<sup>2</sup> (1.86% del territorio estatal) y una superficie de 42 952.14 hectáreas, ubicado como el décimo tercer municipio en extensión dentro del Estado de México con una localización en el centro-occidente de la entidad con unas coordenadas extremas de 18° 59' 02" y 19° 27' 09" ambos en latitud

Norte y 99° 31' 43" y 99° 46' 59" de longitud Oeste (W), colindando al norte con los municipios de Almoloya de Juárez, Temoaya y Otzolotepec; al oriente con Lerma, San Mateo Atenco; al sur con Metepec, Calimaya, Tenango del Valle, Villa Guerrero y Coatepec Harinas y al poniente con Zinacantepec y Almoloya de Juárez.

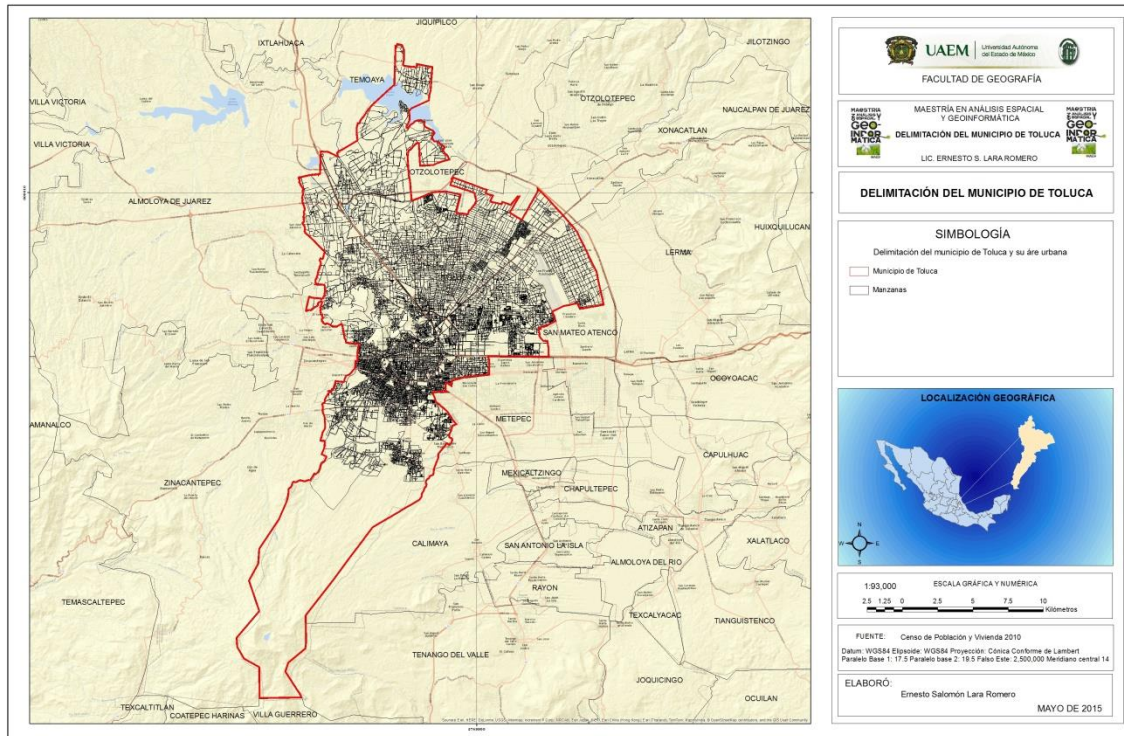
Figura 2. 2 Delimitación de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca



Fuente: Elaboración propia basado en CONAPO, 2010.

De acuerdo al Reglamento de la Ley de Planeación del Estado de México y Municipios, el municipio pertenece a la región XIII: Toluca. Capital del estado Toluca está integrado por una cabecera municipal correspondiente a la ciudad de Toluca de Lerdo organizada territorialmente en 47 delegaciones, 38 subdelegaciones y 288 Unidades Básicas Territoriales y según el Censo de Población de 2010 el municipio contaba con 100 localidades.

Figura 2. 3 Delimitación del Municipio y de la Ciudad de Toluca



Fuente: Elaboración propia, 2015

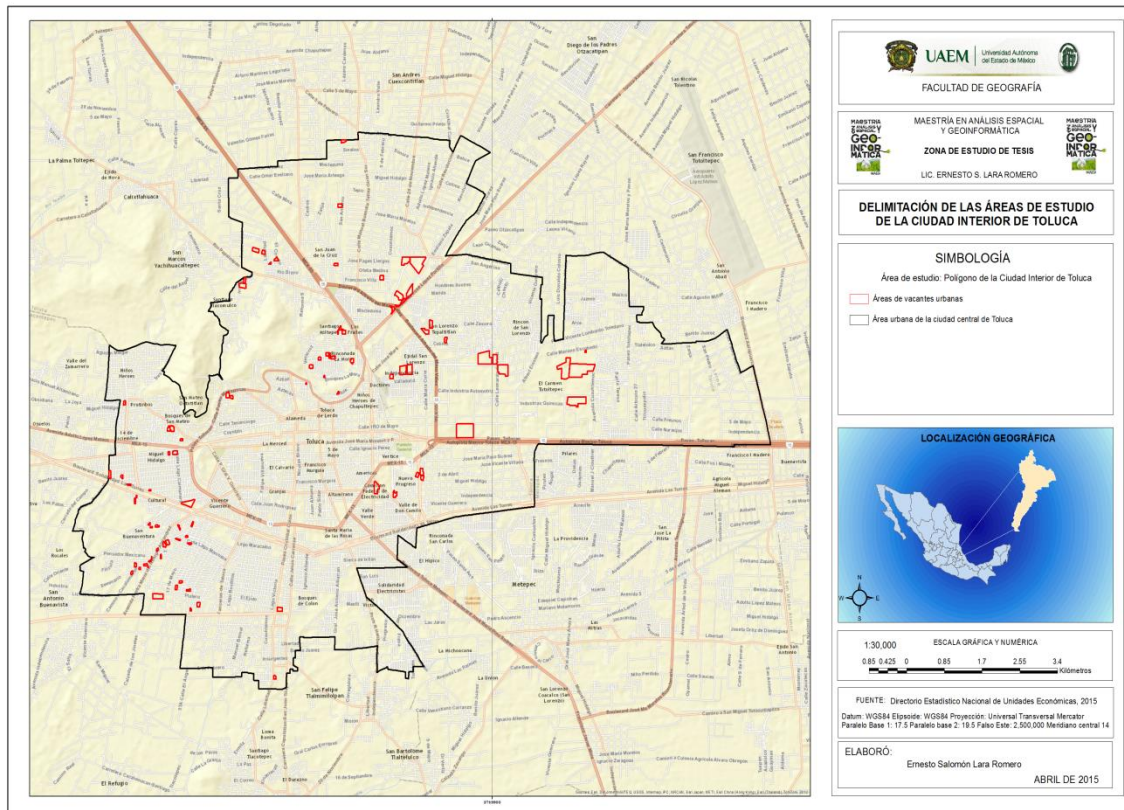
El área de estudio dentro del polígono urbano obtenido del DENUE corresponde a la ciudad interior de Toluca con unas coordenadas extremas de 19° 20' 44" N y 99° 38' 37" W en su extremo septentrional; 19° 17' 10" N y 99° 33' 21" W al oriente; 19° 14' 33" N y 99° 40' 00" W al sur y 19° 16' 21" N y 99° 42' 23" W al poniente.

La ciudad de Toluca, en su ciudad interior, se ubica dentro de la demarcación del municipio de Toluca el cual contiene 219 Colonias que comprenden un total de 4900 Manzanas en donde se considerarán las vacantes urbanas dentro de la delimitación expuesta por el DENUE. La población en 2010 considerada en este estudio es de 489,333 habitantes que comprende el total de la localidad urbana.

Para el reaprovechamiento de la ciudad interior es importante identificar tanto las vacantes urbanas como las zonas que están en proceso de desvalorización y posible abandono en

donde es posible que los valores de las construcciones han bajado significativamente y que eventualmente puede superar los valores del suelo y posibilitar el redesarrollo (SEDESOL, 2010).

Figura 2. 4 Delimitación de la ciudad interior de Toluca y vacantes urbanas seleccionadas



Fuente: Elaboración propia basado en DENUE, 2011.

## Medio físico-ambiental

### Relieve

Como parte del Sistema Volcánico Transmexicano, que se extiende desde el volcán de Colima hasta el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba en donde algunos de estos edificios son de tipo de roca ácido y con una constitución de andesitas y traquitas principalmente. En

el caso del Nevado de Toluca se ubica a 22 km al suroeste de la cabecera municipal tiene una formación de traquita roja y andesita.

El edificio volcánico está formado de por la superposición de lavas y materiales detríticos causadas por erupciones traquitoporfídicas, acompañadas de emanaciones de gases y vapores con grandes cantidades de cenizas y piedra pómez, sin embargo existen procesos de erosión causadas por la nieve y los fuertes cambios de temperatura han degradado el cono el cual reposa sobre rocas calcáreas del cretácico presentes en el sur y suroeste del volcán (Yarza, 2003).

El territorio que ocupa el municipio incluyen áreas de los valles de Toluca y de Ixtlahuaca dentro de la mesorregión del Altiplano Central. En promedio la altitud del municipio es de 2 600 msnm mientras que la ciudad de Toluca se eleva hasta unos 2 660 msnm considerada la ciudad con la mayor altura del país.

Próximo a la porción central de la cabecera municipal se alza un sistema de pequeñas elevaciones formada en primer lugar por los cerros de Huitzila, Cóporo, Zopilocalco, Toloache y San Miguel Apinahuizco; al suroeste y oeste se encuentra la Teresona y muy cercana a este se alza el Calvario que es la elevación que está prácticamente en el centro del área urbana de Toluca.

En el municipio existe una variabilidad de pendientes pronunciadas mayores al 15%, las cuales se consideran no aptas para su urbanización y que representan riesgos morfodinámicos para la totalidad de la región pero que, sin embargo, actualmente se encuentran en proceso de asimilación urbana.

La planicie del Valle de Toluca se encuentra inclinada topográficamente hacia el oriente desplazando el cauce del río Lerma hacia esa dirección lo que implica la conformación de amplias zonas irregulares en el terreno susceptibles de inundación lo que representa riesgos para la urbanización.



Resulta relevante considerar que al norte de la cabecera municipal existe un sistema de elevaciones que conforman el Parque Estatal Sierra Morelos, en ellos existen pendientes pronunciadas, entre 22 y 45%, por lo cual éstas se catalogan como no aptas para el desarrollo urbano, aunado al hecho de que forman parte de un área natural protegida. No obstante lo anterior mencionado, y a pesar de que esta zona presenta altos niveles de riesgo por las pronunciadas pendientes y consecuente peligro de acontecimiento de procesos de remoción en masa en las laderas, en la actualidad esta zona se encuentra en proceso de urbanización, con una creciente cantidad de asentamientos humanos, que no cuentan con servicios ni infraestructura básica lo que resulta evidente la necesidad de contener el crecimiento urbano hacia estas zonas y abordar con estrategias adecuadas esta problemática.

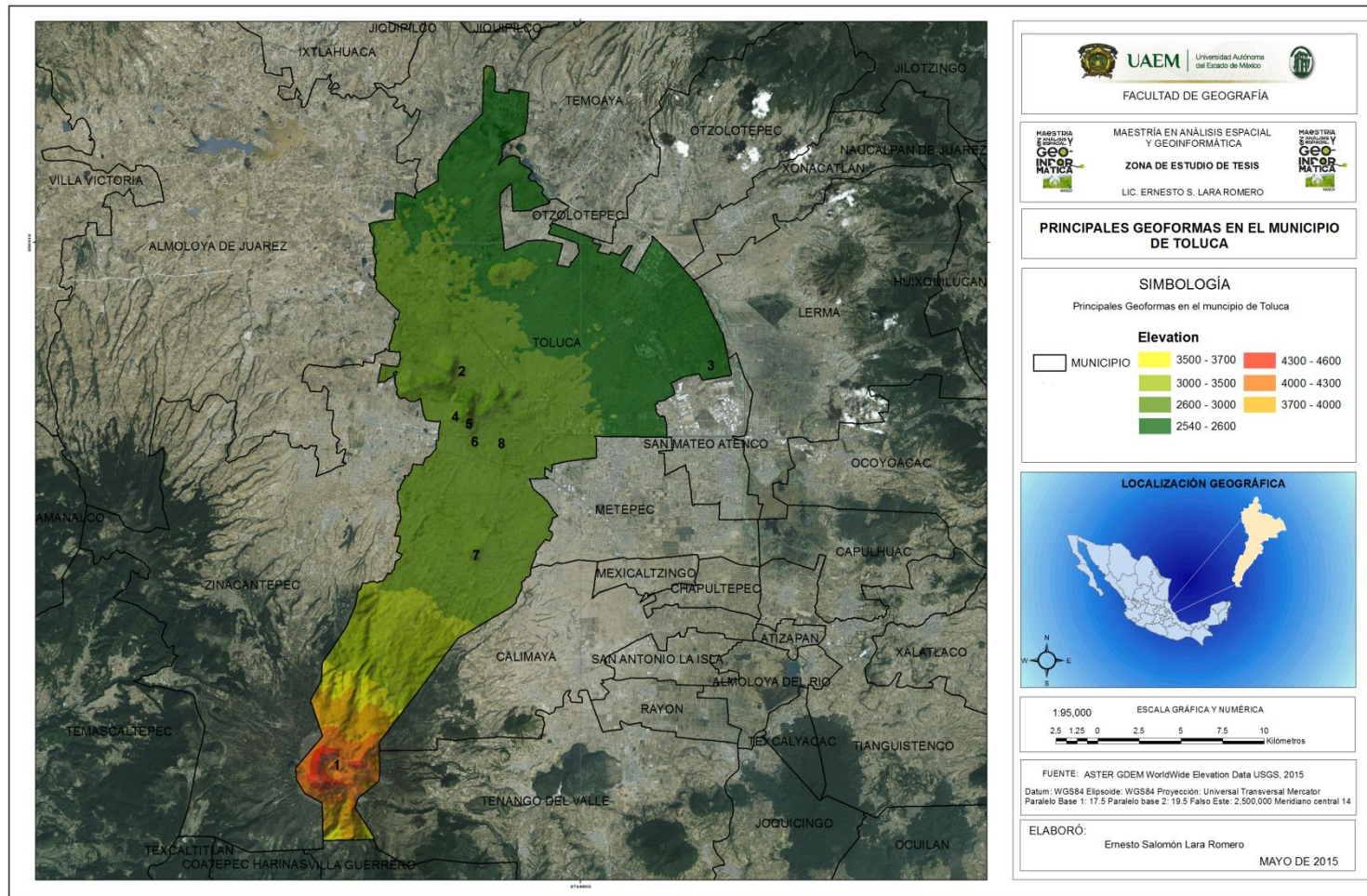
Al norte de la cabecera municipal se han identificado áreas con pendientes mayores a 9 grados, destacando la Teresona y el barrio de San Miguel Apinahuizco, las cuales constituyen zonas que son definitivamente no aptas para el desarrollo urbano ya que en su mayoría las pendientes predominantes se catalogan en los 14 grados y se encuentran hacia el sur del municipio.

*Cuadro 2. 1 Principales elevaciones en el municipio de Toluca*

Principales elevaciones		msnm
1	Nevado de Toluca	4 660
2	Cerro de San Marcos en San Marcos Yachihuacaltepec	2 920
3	El Cerrillo en San Pedro Totoltepec	2 650
4	Cerro Las Canoas	2 700
5	Cerro La Teresona en San Mateo Oxtotitlán	3 030
6	Cerro Coatepec (Toluca)	2 750
7	Cerro Tlacotepec	2 890
8	Cerro "El Calvario" (Parque Urbano Matlazincas)(Toluca)	2 715

Fuente: H. Ayuntamiento de Toluca 2013-2015. Atlas de Riesgos, 2013.

Figura 2. 5 Principales geoformas del municipio de Toluca



Fuente: Elaboración propia basado en Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca, 2013-2015.

## Litología

Considerar la estructura litológica es fundamental para determinar zonas potenciales de riesgo sísmico o geológico, en primer lugar sirven para limitar el desenfrenado crecimiento urbano presente en el municipio, y en segundo lugar condicionan el uso agrícola y forestal determinando las características de las rocas que originaron la edafología del municipio.

Dentro de la cuenca alta del Río Lerma en el sector oeste del lineamiento topográfico semicircular, está formado por los cerros San Antonio y La Calera como contrafuerte noroccidental del Nevado de Toluca. Este estrato-volcán poligenético de origen terciario tardío conformado por lavas dacíticas-andesíticas con cubiertas de lahares y depósitos pumíticos.

La erupción más reciente, de tipo pliniano, cubrió una vasta región de aproximadamente 80 km de radio y un área de 1 700 km<sup>2</sup> definida como la formación Toluca superior constituida principalmente de pumitas lapillis y cenizas volcánicas (Gobierno del Estado de México, 1993).

Existen dos tipos de rocas en la cuenca alta del Río Lerma: 1. Rocas ígneas extrusivas intermedias ubicadas en el este noreste y suroeste (Nevado de Toluca) que originan nutrientes favorables al suelo, se distinguen la andesita al noreste, sureste y la región montañosa al norte de la ciudad de Toluca; basalto al sureste; toba volcánica al este y las partes circundantes al Nevado y brecha volcánica en las partes medias de éste; 2. Volcanosedimentarias de tipo arenisca aprovechado como arena o material de relleno y se encuentran al sur del municipio cercanas a las localidades de Cacalomacán, San Juan Tilapa, Santiago Tlacotepec entre otros (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, 2013).

Las características de las rocas ígneas extrusivas andesíticas, esta unidad representa a las diferentes andesitas del Terciario Superior que afloran en la cuenca alta del Lerma predominando las de piroxeno y basálticas en los estratovolcanes, brechas andesíticas, que en algunos sitios presentan matriz vítrea de composición ácida con textura cristalino-porfírica con fenocristales de plagioclasa y ferromagnesianos. Las andesitas están

dispuestas como coladas de bloques, algunos son vesiculares sobre todo las más básicas, poseen fracturas en lajas.

Respecto a la Dacita esta unidad se refiere a las que tienen texturas holocristalinas o merocristalinas y vitrificados dacíticos con matriz perlítica; las merocristalinas son generalmente porfiríticas con fenocristales de plagioclasa y de ferromagnesianos. Esta unidad localiza los afloramientos al norte de la cuenca en donde subyace a las andesíticas del Terciario Superior y Cuaternario.

Para el caso de las rocas volcanosedimentarias incluye el aluvial, lacustre y el volcanoclástico.

En el caso del aluvial esta unidad representa los depósitos aluviales y pluviales del área y se encuentra constituida por clásticos de diversos tamaños, por lo general líticos de origen ígneo y tienen una redondez que varía de subangulosa a bien redondeadas. Su amplia distribución se encuentra en forma de planicies y de relleno de los valles pluviales y son de textura arenosa.

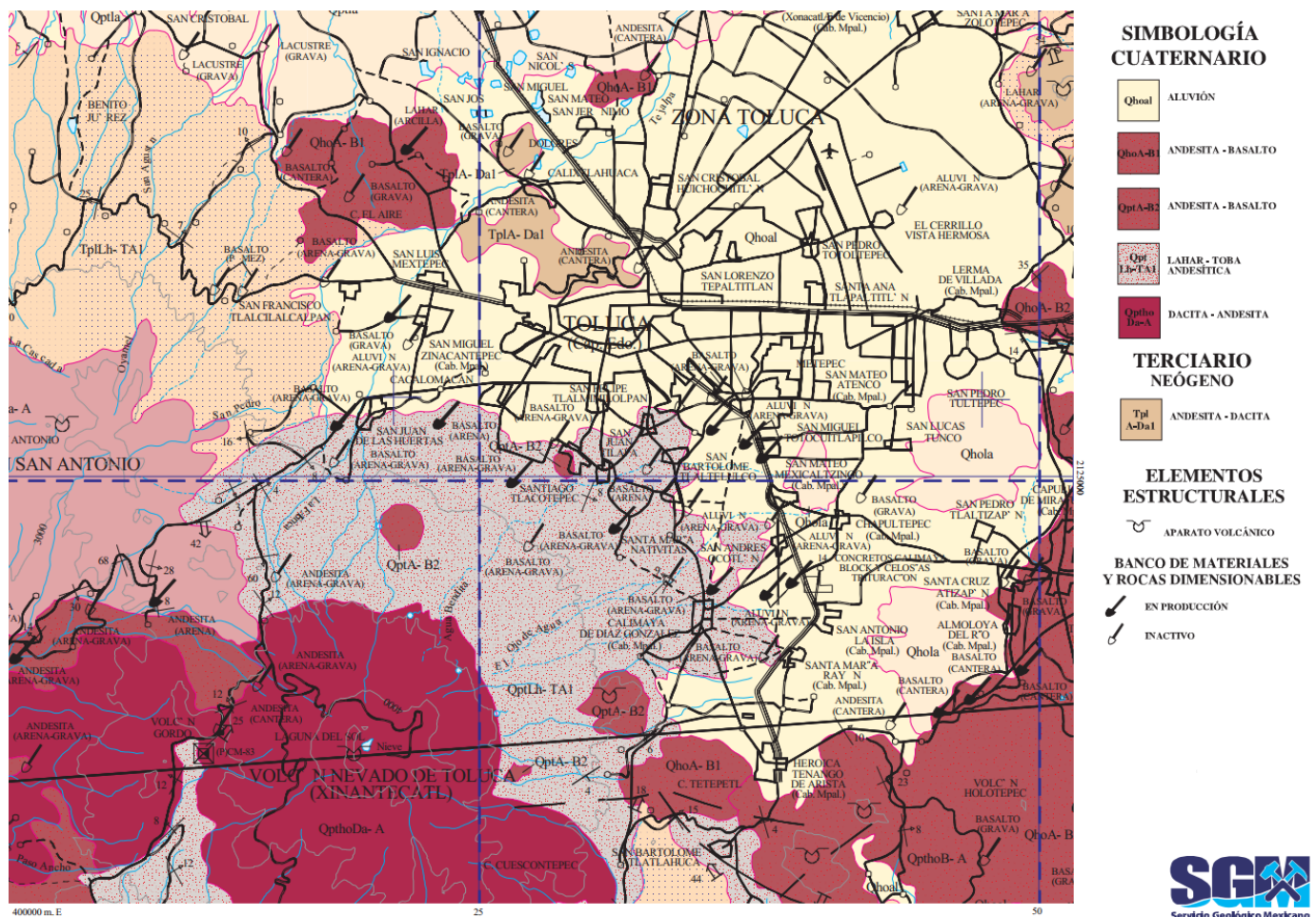
Los suelos lacustres están constituidos principalmente por arcillas (montmorillonita-caolinita) y limo con algunas intercalaciones de arenas, gravas, escasos horizontes de tobas híbridas y los líticos de la unidad son ígneas extrusivas, todos estos dispuestos en delgados estratos algunos de naturaleza cruzada.

Finalmente, en el caso de los volcanoclasticos esta unidad responde a depósitos continentales muy heterogéneos que comprende principalmente rocas híbridas, tobas intermedias, algunas brechas sedimentarias, paleosuelos y algunos horizontes de bentonita incluyendo algunas intercalaciones delgadas de basalto con algún grado de intemperismo moderado. La unidad cubre a las andesitas del Terciario Superior y esta, a su vez, es cubierta por basaltos del mismo periodo con expresión morfológica de lomeríos disectados por profundas cañadas (Gobierno del Estado de México, 1993).

Dentro de la ciudad interior de Toluca se encuentra una variedad de rocas con una igual diversidad de locaciones, en la cabecera municipal existen áreas al centro-sur de la misma donde existen basaltos arena-grava en las localidades de San Felipe Tlalmimilolpan o hacia las áreas de Zacacatepec o Metepec sin embargo el aluvi3n cuaternario es dominante en las regiones centro, este y noreste de la ciudad.

En el caso de la Sierra Morelos la roca es de tipo Andesita - Dacita (cantera) del terciario ne3geno al igual que en las cercanías de Dolores y Calixtlahuaca; hacia el oeste de la misma existe un gran afloramiento de rocas Andesita – Basalto al norte de San Luis Mextepec y al suroeste de San Jos3.

Figura 2. 6 Geología del Municipio de Toluca



## Edafología

La Edafología (del griego edafos, "suelo", logía, "estudio", "tratado") es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno. Dentro de la edafología aparecen varias ramas teóricas y aplicadas que se relacionan en especial con la física, la química y la bioquímica.

El suelo se origina a partir de la roca madre producida por los procesos químicos y mecánicos de transformación de las rocas de la superficie terrestre. A esta materia madre se agregan el agua, los gases, sobre todo el dióxido de carbono, el tiempo transcurrido, los animales y las plantas que descomponen y transforman el humus, dando por resultado una compleja mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos (UBA, 2015).

El tipo de suelo predominante en el municipio de Toluca es el feozem háplico asociado con el vertisol pélico, cuyas características lo hacen apto para la agricultura con niveles de alta productividad, sin embargo muchas de éstas áreas actualmente se encuentran ocupadas por asentamientos humanos y equipamientos urbanos.

En relación a los periodos de formación del suelo, la mancha urbana está ubicada en su mayoría sobre suelos Neógeno (44.5%), caracterizados por sedimentos de rocas ígneas extrusivas de composición riolita, riodacita, andesita y basalto con un tiempo geológico que va de 23 a 1.6 millones de años, y Cuaternario (17%), basados en andesita, basaltos, riolita y toba.

Andosoles: Acomodan a los suelos que se desarrollan en eyecciones o vidrios volcánicos bajo casi cualquier clima excepto en regiones hiperáridas. Pueden desarrollarse en otros materiales ricos en silicatos bajo meteorización ácida en climas húmedos y perhúmedos.

Su connotación son suelos negros de paisajes volcánicos con material parental conformado por vidrios y eyecciones volcánicas (principalmente ceniza, pero también tufa, pómez y otros) u otro material rico en silicato con grados de ordenamiento como alofano, imogolita y ferrihidrita (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Las unidades de este suelo cubren el 16% dentro del municipio y se distribuyen en casi toda el área del Nevado en el cual se presenta una erosión lineal acentuada que alcanza el 3% dentro del bosque y fuera de este del 5% debido a los materiales que existen al proporcionar una gran profundidad a las cárcavas al ser fácilmente deleznable.

Feozem: Este tipo de suelo, de origen aluvial-residual, cubre la mayor parte de la superficie municipal con un porcentaje del 60% que corresponde a la porción más baja y plana del Valle. Este suelo tiene diferencias entre háplico y lúvico; el primero se caracterizan por tener una capa superficial oscura, suave y rica en nutrientes y materia orgánica que es de moderado a altamente fértil mientras que el segundo es moderadamente fértil (INEGI, 1981). En cuanto a erosión los feozem no se encuentran muy degradados dentro del municipio, su uso dominante es agrícola aprovechando su profundidad para establecer una gran variedad de cultivos. Los feozem son de profundidad variable, jóvenes, poco desarrollados, que se distinguen por presentar un subsuelo rocoso (Castañeda, 2005) con proporción baja en bases, carece de horizonte cálcico (acumulación de de carbonato de calcio) y gípsico (acumulación de yeso) y no es calcáreo (Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa, 2000).

Vertisol: Este suelo corresponde a la porción septentrional del municipio el cual cubre 17% a partir de la zona del Cerrillo Piedras Blancas hasta la presa Antonio Alzate. Estos suelos se caracterizan por ser muy arcillosos, que se mezclan, con alta proporción de arcillas expandibles lo que propicia la formación de grietas anchas y profundas. Los vertisoles en épocas lluviosas son de textura pegajosa y difíciles de trabajar agrícolamente, pueden tener problemas de salinidad lo que limita significativamente sus propiedades productivas (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Existen otros suelos que tienen un cubrimiento territorial muy inferior a los tres anteriores pero que también deben ser considerados debido a que aunque no es muy significativa su distribución significan diferencias muy notables al momento de realizar alguna actividad productiva en alguno de estos suelos.

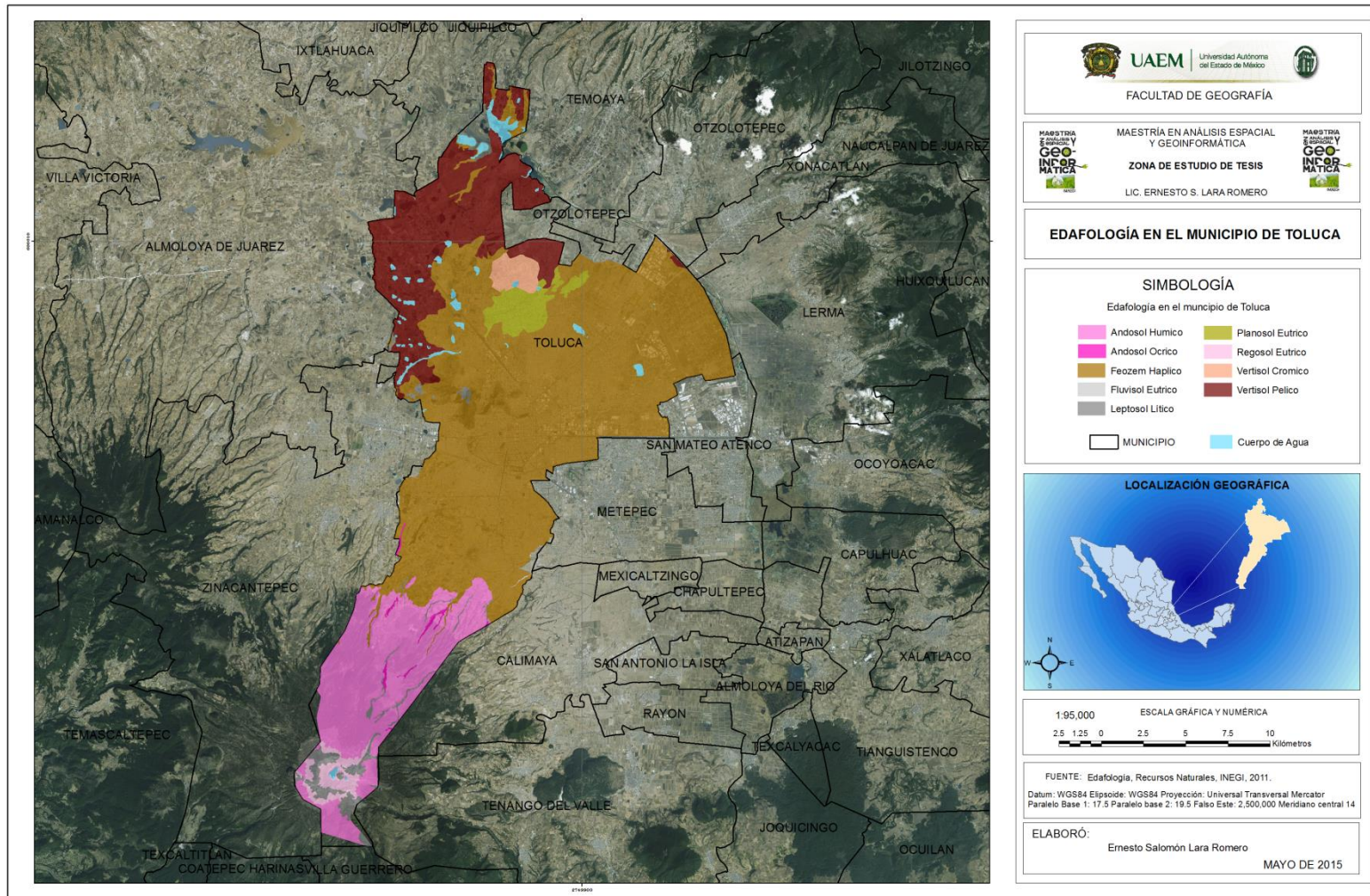
Leptosol lítico: Se localizan en la superficie del edificio volcánico del Nevado lo que hace que representen una localización muy puntual en relación con el resto del municipio (3%), los leptosoles son suelos muy someros sobre roca continua o de materiales no consolidados con menos del 20 por ciento de tierra fina en volumen y extremadamente gravillosos y/o pedregosos muy comunes en regiones montañosas (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Planosol: Con un 3% de la superficie del total municipal se encuentra en una mínima parte del norte del municipio en la parte central de la localidad de San Pablo Autopan, estos suelos tienen condiciones para uso agrícola pero con una susceptibilidad a la erosión debido a su impermeabilidad y son aptos para el desarrollo urbano.

Regosoles: Cuentan con un cubrimiento del 1% del municipio y se compone de una capa de material suelto que cubre las rocas, son generalmente claros o pobres en materia orgánica por lo que hacen muy variable su grado de fertilidad y su productividad condicionada a la profundidad y pedregosidad. En el municipio estos suelos se encuentran cercanos al nevado de Toluca por lo que no es viable para asentamientos humanos (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a).



Figura 2. 7 Edafología del municipio de Toluca



## Clima

En el municipio se presentan tres tipos de climas, con predominancia del C(w2)(w) definido como templado subhúmedo dentro de la cabecera municipal y el resto de las localidades excepto Santiago Tlacotepec y San Juan Tilapa que son determinados a sus factores altitudinales, con una temperatura promedio de 13.7 °C (con oscilaciones entre 12 °C y el promedio) con máximas de 30 °C y mínima de 1.7 °C. Conforme se va acercando a las zonas montañosas las condiciones climáticas se modifican hacia un semifrío de altura con clave C(E)(w2)(w) (Gobierno del Estado de México, 1993 y Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a).

El área con mayor altura es la correspondiente al Nevado de Toluca que presenta un clima E(T)H denominado frío de altura con temperatura media anual entre -2 y 5°C. Las heladas se presentan generalmente entre los meses de septiembre a mayo, pero pueden incrementarse si se le aplica un gradiente de altitud hasta llegar a una frecuencia de entre 100 a 140 días al año en las estribaciones del Nevado y hasta 200 en la cima.

Las temperaturas medias mensuales más bajas se han registrado en los meses de diciembre-enero con un rango desde los 9 °C, registrado en enero de 1981, hasta los 11.3 °C en el mismo mes de 1993, mientras que las temperaturas máximas se presentan en los meses de abril-mayo con una temperatura promedio de 25 °C.

La precipitación promedio anual es de 800 a 1 000 mm, los meses que presentan una mayor precipitación son el segundo semestre del año destacando julio con 156.4 mm y agosto con 152.3 mm disminuyendo hasta los 14.5 mm en diciembre. En el municipio se presentan granizadas de hasta 6 días al año en promedio principalmente en la zona sur lo que presenta problemas de inundación tanto en áreas urbanas como en las agrícolas.

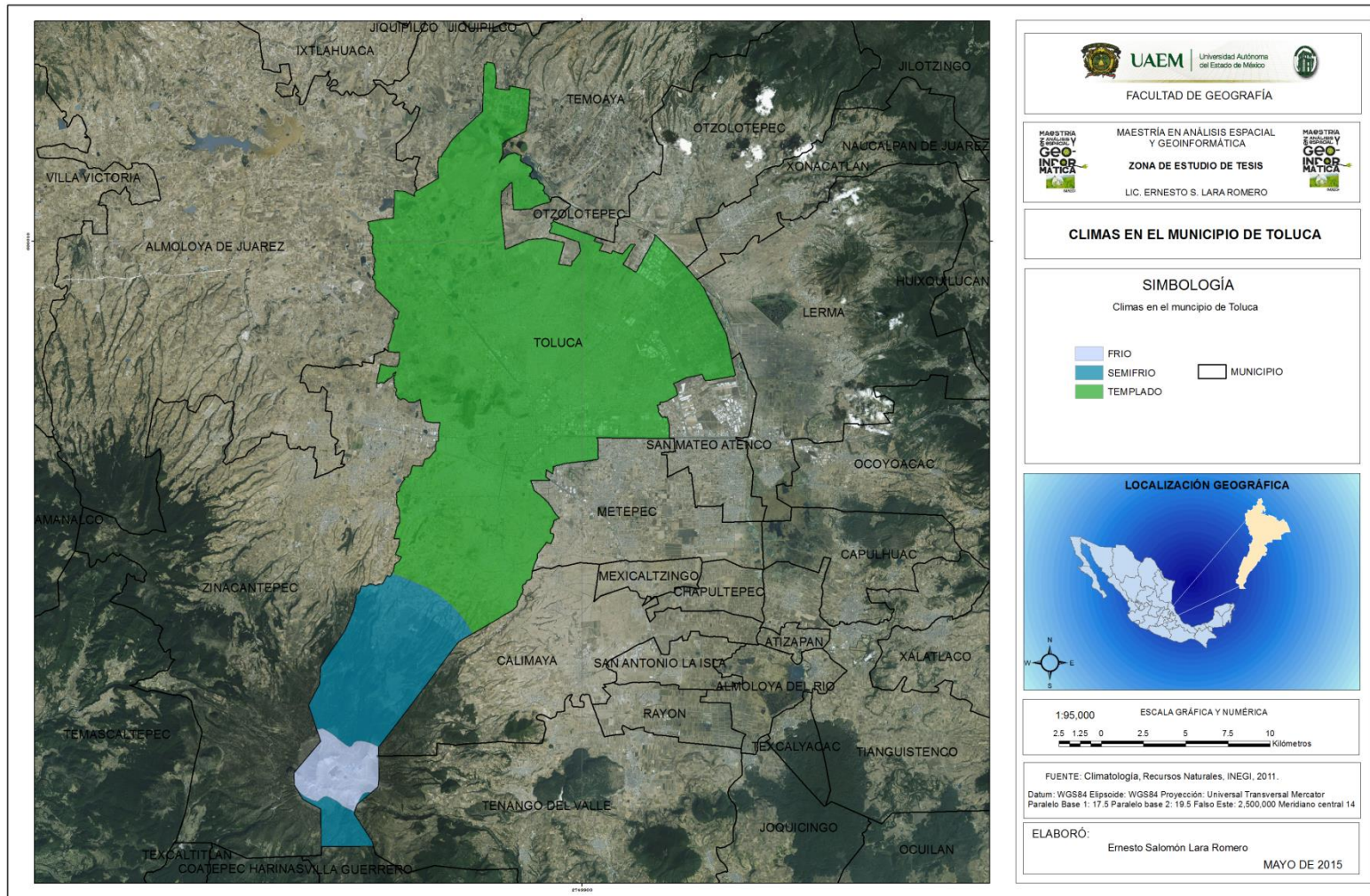
Las zonas susceptibles a inundaciones son las delegaciones de Santa Ana Tlapaltitlán, San Mateo Oxtotitlán, San Pedro Totoltepec, Santa María Totoltepec, San Martín Totoltepec, San Pablo Autopan, Calixtlahuaca, Santiago Tlaxomulco, San Andrés Cuexcontitlán y

Santa Cruz Atzacapotzaltongo; cuya superficie total afectada es de 1 883 043 m y en la propia cabecera municipal destacando las colonias: Izcalli Toluca, Reforma, Ex hacienda del Carmen, corredor Industrial Toluca-Lerma, Barrio de Huitzila, Barrio Tlacopa, Col. Nueva Santa María y la Col. Isidro Fabela; donde el promedio de la superficie afectada es de 273 300 m<sup>2</sup>.

En cuanto a los vientos dominantes del municipio, estos presentan una dinámica relacionada al relieve de valle al no impedir la circulación de los vientos pero esto no los hace variables. Toluca se encuentra dentro de la zona dominada por los vientos alisios con intensidades que van desde los débiles a los estables dentro de la época fría (noviembre-febrero), con una predominación de los vientos con dirección sur-norte con una pequeña desviación hacia el este debido a la presencia del Nevado de Toluca.

La velocidad promedio varía entre los 6 y 11 km/h siendo los meses de julio a noviembre que presentan más intensidad, en febrero y marzo el viento sopla del suroeste al noreste lo que dispersa los contaminantes provenientes del corredor Industrial Toluca-Lerma afectando a las poblaciones de San Lorenzo Tepaltitlán, San Mateo Oztzacatipan, la Trinidad, San Nicolás Tolentino, Santa María y San Pedro Totoltepec y San Andrés Cuexcontitlán, con una velocidad promedio de 12 a 19 km/h en época invernal mientras que las localidades de San Pedro Totoltepec, San Mateo Oztzacatipan, San Cristóbal Huichotitlán, San Andrés Cuexcontitlán, San Pablo Autopan y Tlachaloya ubicadas al norte son las más perjudicadas el resto del año por esta causa (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a).

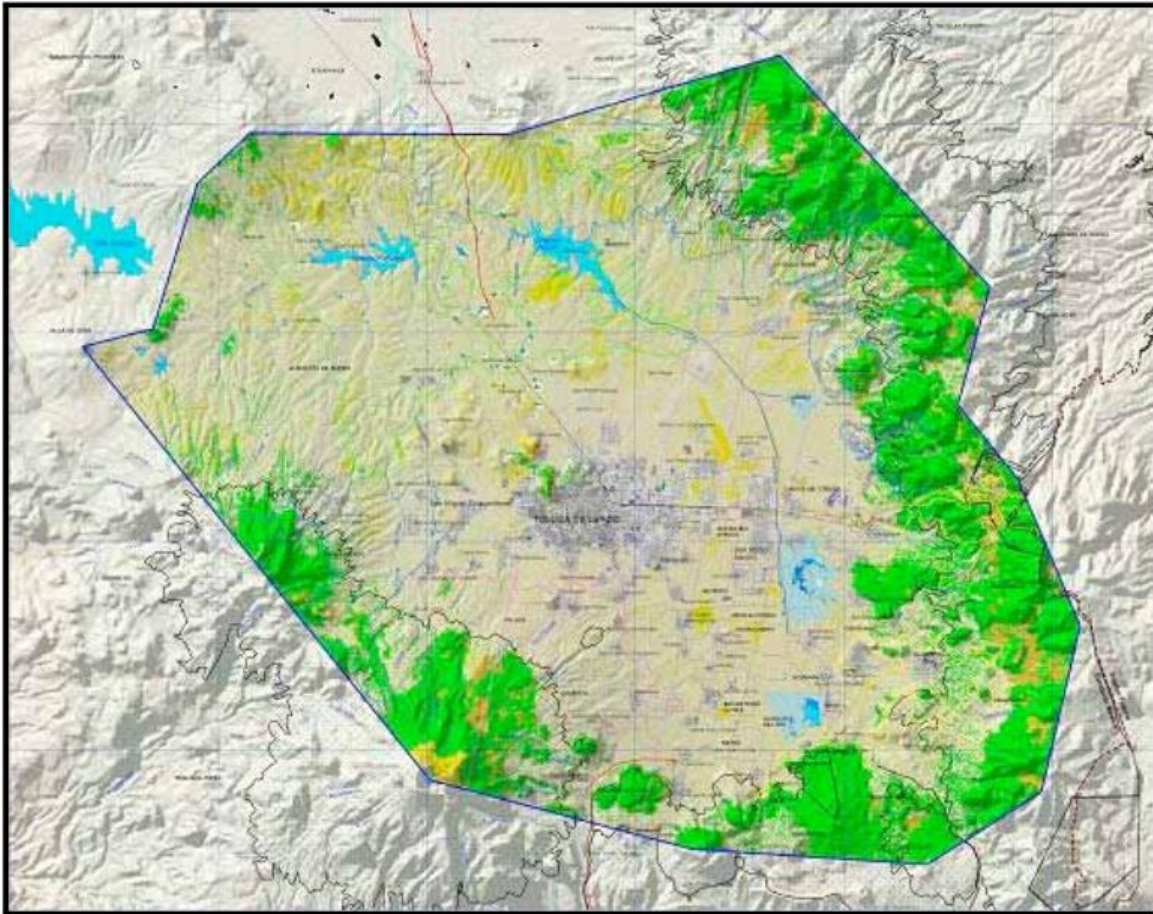
Figura 2. 8 Climas del municipio de Toluca



## Hidrología

El sistema hidrológico del municipio está integrado a la subregión cuenca alta del Río Lerma, la cuenca del acuífero del Valle de Toluca cubre un área aproximada de 2,738 km<sup>2</sup> y pertenece a la región hidrológica 12: Lerma-Chapala-Santiago.

*Figura 2. 9 Polígono del acuífero del Valle de Toluca*



Fuente: Proyecto GTZ/CNA, Delimitación publicada en Diario Oficial de la Federación el 31 de enero del 2003.

El Valle de Toluca es el lugar de nacimiento de la cuenca Lerma-Santiago que corre por el Río Lerma hacia el norte terminando en el llamado estrechamiento de Perales, 9 kilómetros sobre el curso llega a la presa José Antonio Alzate y es en este lugar donde se localizan las

fallas transversales que definen los límites de las subcuencas de Toluca e Ixtlahuaca-Atlacomulco (CONAGUA/GTZ, 2008 y Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a).

La Sierra de las Cruces al oriente presenta una serie de desagües asociados a fracturas, es el segundo aportador de agua a la subcuenca de Toluca además de ser el límite entre las cuencas de Toluca y México. Al sur la sierra Nahuatlaca sirve de límite para la cuenca alta del Lerma y de la subcuenca de Toluca, posee un escaso desagüe lo que permite una gran permeabilidad de sus suelos con excepción de la porción suroeste ya que en las partes bajas del Nevado existen excelentes acuíferos constituyendo el principal abastecedor de acuíferos al valle de Toluca, mientras que al sureste se localiza la región lacustre de Chignahuapan que es donde nace el Lerma pero que actualmente sufre una intensa desecación de sus cuerpos de agua. Mientras que al poniente un complejo montañoso y lomeríos marca el límite entre la cuenca del Lerma y la del Balsas.

La principal zona de recarga en la porción occidental así como los ríos que aportan caudales superficiales importantes al cauce provienen del Nevado de Toluca que descienden por el edificio volcánico en forma radial coincidiendo en los ríos Ojo de Agua y el Río Verdiguél que atraviesa la ciudad de Toluca de poniente a oriente y que desemboca en el Río Lerma y también es utilizado como desagüe de aguas residuales.

También existen algunos pequeños afluentes estacionales como el San Marcos y otros arroyos que alimentan al Río Tecaxic ubicado al noroeste de la cabecera municipal, el Río Tejalpa que carece de corrientes acuíferas y de manantiales.

Los recursos hidrológicos del municipio se integran por 5 manantiales: Terrilleros, El Cano, Agua Bendita, Zacango y Las Conejeras; 101 pozos que su principal función es el abastecimiento de agua para su uso en las viviendas; 24 arroyos con corrientes intermitentes; 43 bordos en donde destacan por tamaño y sus condiciones de conservación San Andrés, San Blas, San Jerónimo, San Nicolás y Santa Rosa todos éstos en el norte del municipio, 2 lagunas en el cráter del Nevado de Toluca conocidas con los nombres de del

Sol y la Luna las cuales cubren una superficie de 18.94 y 2.06 hectáreas respectivamente y 2 acueductos (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, 2013).

## Flora

La vegetación general presente en el municipio es del tipo arbórea arbustiva, gramíneas (porte herbáceo, perennes con tallos cilíndricos y huecos por ejemplo la avena o el trigo), y pastizales en pequeñas extensiones en conjunto con otras extensiones mayores de vegetación más densa.

*Cuadro 2. 2 Distribución forestal y arbustiva en el municipio de Toluca*

Vegetación	Nomenclatura	Hectáreas	%
Bosque de Oyamel	BA	76.9	0.9
Bosque Cultivado	BC	205.6	2.3
Bosque de Pino	BP	4535.6	51.3
Bosque de Pino. Vegetación Secundaria Arbustiva	BP/VS	461.7	5.2
Pastizal	P	2190.8	24.8
Pradera de Alta Montaña	WW	1365.3	15.5

Fuente: GEM, Secretaría de Desarrollo Agropecuario, PROBOSQUE, Inventario Forestal, 2010.

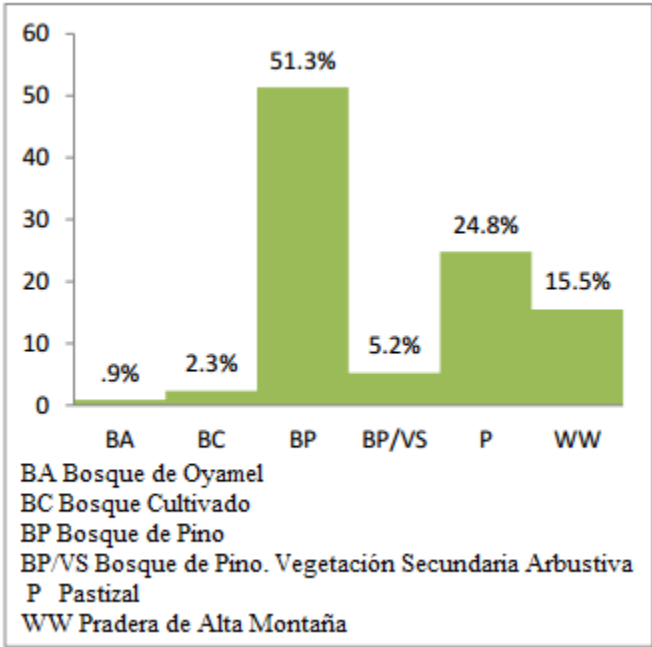
La vegetación que sustenta a los suelos andesíticos son el pino, oyamel, aile y el encino como componentes arbóreos mientras que áreas abiertas por la actividad humana la vegetación presente es de talla baja compuestas por herbáceas, zacatonales de altura y pastos.

La vegetación natural de los suelos vertisol varían desde pastos hasta los matorrales y tiene arbolado de galería en las riberas del Río Lerma. En contraste, la vegetación presente en las áreas cercanas al edificio volcánico del Nevado de Toluca se limita a musgos y líquenes ya que éstos se adhieren a las rocas y ayudan a su degradación.

El Bosque de Pino (*BP*) es la masa forestal que tiene mayor extensión territorial forestal con aproximadamente el 50% del municipio; éstos han sufrido un impacto ocasionado por la tala clandestina y los incendios forestales.

Los pastizales (*P*) son los segundos en extensión al cubrir 2,190 hectáreas lo que constituyen el 24.8% de la superficie vegetal total. La pradera de Alta Montaña (*WW*) ocupa más del 15% (1,365.3 Has) del total de la superficie vegetal con cubiertas de pastos, gramíneas y cactáceas que a lo largo del año sufren una serie de cambios extremos de temperatura y que a pesar de esto han subsistido en las regiones de la cima del Nevado de Toluca.

*Figura 2. 10 Porcentaje de la superficie ocupada por tipo de vegetación en el municipio de Toluca*



Fuente: Elaboración propia basado en GEM. Secretaria de Desarrollo Agropecuario, PROBOSQUE, Inventario Forestal, 2010

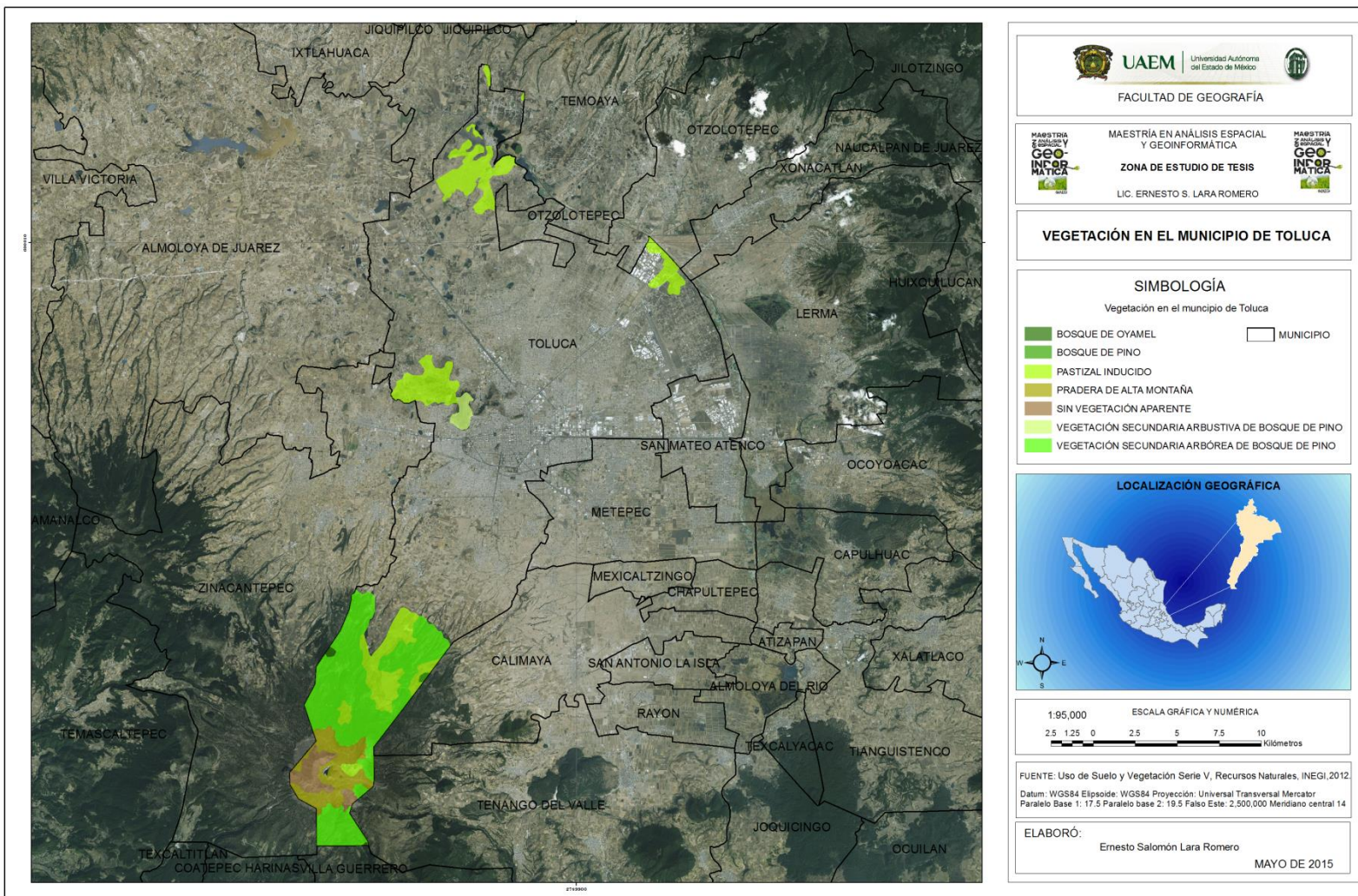
En el caso de los bosques de oyamel tienen una muy baja presencia en la superficie del municipio con apenas 0.9%, esto se debe a que esta conífera necesita de suelos ricos en minerales y una abundancia de agua; su característica principal es que posee una gran altura al llegar a medir más de 40 metros.



Dentro del área urbana existen algunas especies como los álamos canadienses, capulines, tejocote, tepozanes, yucas y saúcos, todos estos conviven con especies más pequeñas como jarillas y manillas; a su vez también existe una variedad de plantas comestibles como nabos, epazote, quelites, y huazontles; plantas medicinales como el chicolote y árnica y plantas de ornato como el girasol y acahual blanco.

Entre las plantas arbustivas se encuentran el gordolobo, amaranto, borraja, tepozán, epazote, quelite, huazontle, mirtos o salvias, commelinas, mazorquillas, malva de quesitos y vinagretas que se dividen en medicinales, venenosas, comestibles u ornato. Las plantas que producen flor están las dalias, siemprevivas, flor de día, oreja de burro, ortiga, chayotillo, etc; y finalmente los frutales que fueron importados desde Europa con alta propagación en el caso del peral, manzano, ciruelo y nogal. (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a y 2013).

Figura 2. 11 Tipos de vegetación en el municipio de Toluca



## Fauna

Las especies originarias de la región en estado silvestre son en el caso de los mamíferos el hurón, cacomiztle, conejo y el tlacuache, 23 especies de roedores, cuatro de musarañas y 26 de murciélagos. En el caso de las aves sedentarias el gorrión de cabeza colorada, el cuicatzin y chira vieja; de entre las migratorias se encuentran gavilanes, ceceta, zopilote, aura, aguililla; nocturnas está el tecolote, mochuelo, chotacabras; acuáticas, gangas, patos; además de otras especies como la golondrina, colibrí, en el área urbana la especie más representativa es el llamado perro de agua.

Para el caso de los reptiles las más comunes son la víbora de cascabel, culebra de agua, y seis especies de lagartijas; en el caso de los anfibios existen ranas, sapos, ajolotes, ranitas arborícolas y salamandras; como lepidópteros abundan las mariposas diurnas xochiquetzal, la blanca, y dos nocturnas “cuatro espejos y satúrnidas”. (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, 2013).

## Marco Normativo

Para brindarle una base jurídica a este estudio se ha decidido incorporar un marco legal debido a que todo trabajo que involucra un proceso de planeación o que involucra el modificar o aplicar alguna implementación sobre el territorio precisa del seguimiento de una serie de normativas que regulan el comportamiento, los deberes y derechos que toda sociedad organizada establece para sus miembros y sus acciones. Es por esto que se iniciará desde la carta magna descendiendo hasta los códigos y planes municipales y que respondan al propósito de este trabajo de investigación.

## Normativa Federal

### Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

La planeación del desarrollo municipal en el Estado de México está directamente referenciado desde la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que en su artículo 25 confiere la rectoría del desarrollo nacional al Estado garantizando sustentabilidad y que sea integral, soberano, democrático, que fomente la economía, el empleo y la distribución justa del ingreso.

#### Artículo 26 apartado A

El Estado organizará un sistema de planeación democrático del desarrollo nacional mediante la participación de los diversos sectores sociales al brindar sus aspiraciones y demandas para ser incorporadas a los planes y programas de desarrollo. El apartado B establece la necesidad de contar con un Sistema de Información Estadística y Geográfica cuyos datos serán considerados como oficiales y de uso obligatorio para todos los ámbitos de gobierno.

#### El Artículo 115 fracción II

El Municipio Libre es la base de la división territorial y de la organización político-administrativa del Estado investidos de una personalidad jurídica con capacidad de manejar su patrimonio en términos de ley y todas las atribuciones legales que de ésta emanen.

### Ley de Planeación (6 mayo del 2015)

#### Artículo 34

La planeación deberá llevarse a cabo como un medio para el eficaz desempeño de la responsabilidad del Estado sobre el desarrollo integral y sustentable del país; esto previendo la intervención de los municipios libres (Artículo 2 fracción V) en los convenios de Ejecutivo Federal realice con los gobiernos de las entidades federativas para coordinar los procesos de planeación locales con el nacional.

## Ley General de Asentamiento Humanos (24 enero del 2014)

### Artículo 1 fracciones 1 y 6

Establece la concurrencia de la Federación, de las entidades federativas y de los municipios para la ordenación y regulación de los asentamientos humanos en el territorio nacional asignando a los municipios la competencia de formular, aprobar y administrar los planes o programas municipales de desarrollo urbano, centros de población, y otros que deriven de éstos con el fin de evaluar y vigilar su cumplimiento.

### Artículo 12

La planeación y la regulación del ordenamiento territorial tanto de los asentamientos humanos como del desarrollo urbano de los centros de población forman parte del Sistema Nacional de Planeación Democrática a cargo de la Federación, estados y municipios concurrentemente (Artículo 11) misma que se llevará a cabo a través de, entre otros, los planes o programas municipales de desarrollo urbano.

## Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (4 junio del 2012)

### Artículo 23

La contribución para lograr los objetivos de la política ambiental, la planeación del desarrollo urbano y la vivienda que debe tomar en cuenta los lineamientos y estrategias contenidas en los programas de ordenamiento ecológico del territorio, buscando en la determinación de los usos de suelo para lograr una diversificación y eficiencia de los mismos al igual que en la determinación de las áreas para el crecimiento de los centros de población mezclando los usos habitacionales con los productivos que no representen riesgos o daños a la salud de la población y evitar que se afecten áreas con alto valor ambiental.

## Normativa Estatal

### Constitución Política del Estado Libre y Soberano de México

Establece que la base de la división territorial, organización política y administrativa del Estado es el Municipio Libre en donde el Ayuntamiento es el órgano que tendrá autoridad y competencia propia en los asuntos que se sometan a su decisión (Artículos 112 y 116), con uso de facultades normativas para el régimen de gobierno y administrativas del municipio junto con funciones de inspección concernientes al cumplimiento de las disposiciones de observancia general aplicables (Artículo 123) como es el caso del Plan Municipal de Desarrollo Municipal.

#### Artículos 122 y 139

Determina que las facultades que la Constitución General de la República y el presente ordenamiento otorgan al gobierno municipal, serán ejercidas de manera coordinada con el Gobierno del Estado, de acuerdo con los planes y programas federales, estatales, regionales y metropolitanos.

#### Artículo 77 fracción VI

El Ejecutivo Estatal tiene facultades para ejercer la planeación y conducción del desarrollo integral del Estado; así como para formular, aprobar, desarrollar, ejecutar, controlar y evaluar el Plan Estatal de Desarrollo, los Planes Sectoriales y Regionales y los Programas que de éstos se deriven.

### Ley de Planeación del Estado de México y Municipios

#### Artículo 1 fracción III

Establece las normas para la formulación, instrumentación, colaboración, concertación, control y seguimiento de la ejecución y la evaluación de la estrategia de desarrollo contenida tanto en el Plan Estatal de Desarrollo del Estado, como en los planes de desarrollo municipales.

#### Artículo 7

Señala que la formulación de planes y sus programas, deberán contener un diagnóstico, prospectiva, objetivos, metas, estrategias, prioridades y líneas de acción; asignación de recursos, de responsabilidades, de tiempos de ejecución, de control, seguimiento de acciones y evaluación de resultados, así como la determinación, seguimiento y evaluación de indicadores para el desarrollo social y humano.

#### Artículos 14 y 19

Determina que el Sistema de Planeación Democrática para el Desarrollo del Estado de México y Municipios se encuentra conformado, entre otros, por los planes de desarrollo municipales siendo competencia de los ayuntamientos elaborar, aprobar, ejecutar, dar seguimiento, evaluar y el control del Plan de Desarrollo Municipal y sus programas.

#### Artículos 13 y 14

Este sistema comprende como instrumentos el proceso de planeación estratégica, los planes, programas y las políticas de planeación que autoricen el Gobierno del Estado y los Ayuntamientos, siendo en el caso de estos últimos, los Planes de Desarrollo Municipal, los cuales contienen los lineamientos básicos a seguir durante la gestión local, incluyendo los aspectos relacionados con el Desarrollo Urbano y la Planeación Territorial.

#### Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de México

#### Artículo 31

Asigna a la Secretaría de Desarrollo Urbano el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población de la entidad, correspondiéndole formular y conducir las políticas estatales de asentamientos humanos, urbanismo y vivienda, promover la implantación de planes municipales de desarrollo urbano, vigilando su congruencia con el Plan Estatal de Desarrollo Urbano y los planes regionales, así como promover y vigilar el desarrollo urbano de las comunidades y de los centros de población del Estado.

## Ley Orgánica Municipal del Estado de México

### Artículo 12

Los municipios controlarán y vigilarán, coordinada y concurrentemente con el Gobierno del Estado, la utilización del suelo en sus jurisdicciones territoriales, en los términos de la ley de la materia y los planes de desarrollo urbano correspondientes.

### Artículo 31

Señala como atribución de los ayuntamientos: formular, aprobar y ejecutar los planes de desarrollo municipal y los programas correspondientes; participar en la creación y administración de sus reservas territoriales y ecológicas; convenir con otras autoridades el control y la vigilancia sobre la utilización del suelo en sus jurisdicciones territoriales; intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana; otorgar licencias y permisos para construcciones privadas; planificar y regular de manera conjunta y coordinada el desarrollo de las localidades conurbadas; así como coadyuvar en la ejecución de los planes y programas federales y estatales.

## Código Administrativo del Estado de México

Libro Quinto "Del Ordenamiento Territorial de los Asentamientos Humanos y del Desarrollo Urbano de los Centros de Población".

### Artículo 5.1

El Libro Quinto constituye el instrumento normativo rector de la materia urbana en la entidad, y tiene por objeto fijar las bases para planear, ordenar, regular, controlar, vigilar y fomentar el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población en la entidad, procurando garantizar los derechos de la población en materia de desarrollo urbano sustentable.

Artículos 5.7, 5.10, 5.17 y 5.19



Establece que los municipios son autoridades para la aplicación de este Libro a quienes corresponde formular, aprobar, ejecutar, evaluar y modificar los planes municipales de desarrollo urbano y los parciales que de ellos deriven planes que tendrán por objeto establecer las políticas, estrategias y objetivos para el desarrollo urbano de los centros de población en el territorio municipal, mediante la determinación de la zonificación, los destinos y las normas de uso y aprovechamiento del suelo, así como las acciones de conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población. Los planes de desarrollo urbano tendrán un carácter integral y contendrán, por lo menos, lo siguiente:

- I. El diagnóstico de la situación urbana de su ámbito de aplicación, su problemática y sus tendencias;
- II. La determinación de sus objetivos, políticas y estrategias en materia de población, suelo, protección al ambiente, vialidad y transporte, comunicaciones, agua potable, alcantarillado, drenaje, tratamiento y disposición de aguas residuales y residuos sólidos, protección civil, vivienda, desarrollo agropecuario, salud, educación, seguridad pública, desarrollo económico, industria y conservación del patrimonio inmobiliario histórico, artístico y cultural, así como las demás materias que resulten necesarias, con el fin de imprimirles un carácter integral para propiciar el desarrollo urbano sustentable del Estado;
- III. La programación de acciones y obras;
- IV. La definición de los instrumentos normativos, administrativos, financieros y programáticos en que se sustentará;
- V. La zonificación, los destinos y usos del suelo y la normatividad para el aprovechamiento de los predios, tratándose de los planes de competencia municipal;
- VI. La evaluación del plan que abroga o modifica, en su caso; y
- VII. Los demás aspectos que prevean la reglamentación de este libro y otras disposiciones aplicables.

Adicionalmente, en términos del Título Quinto del Libro Sexto, (Artículo 6.24) establece la emisión de dictamen de protección civil en los usos de suelo que produzcan un impacto

regional sobre la infraestructura y equipamiento urbano y los servicios públicos en los términos de lo previsto en el Artículo 5.35 y conforme a las disposiciones reglamentarias de carácter técnico en materia de protección civil que sean aplicables al tipo de construcción y uso que se le dé a la edificación, en términos del Reglamento del Libro Quinto de este Código.

### Normativa Municipal

#### Bando Municipal de Toluca 2013

##### Artículo 8

Dispone que las acciones de las autoridades municipales deberán sujetarse a los ejes rectores del Plan de Desarrollo Municipal de Toluca 2013-2015, al Plan Municipal de Desarrollo Urbano y demás instrumentos que integren el Sistema Municipal de Planeación (Artículo 6), siendo la planeación sostenible y sustentable uno de los ejes transversales de la autoridad municipal.

##### Artículo 55

Establece como atribuciones de las autoridades municipales en materia de desarrollo urbano, desarrollo rural, ordenamiento territorial sustentable y obra pública, participar en coordinación con los gobiernos federal y estatal en la elaboración y formulación de los planes de desarrollo regional y municipal, así como participar en el ordenamiento de los asentamientos humanos, a través de los programas de desarrollo urbano, ordenamiento territorial y demás instrumentos regulados en los ordenamientos federales, estatales y municipales en esta materia.

Prevé asimismo, que corresponde a dichas autoridades municipales, proponer al Ayuntamiento las normas reglamentarias para regular el desarrollo urbano, el ordenamiento territorial, uso del suelo, imagen urbana y la preservación del medio ambiente, conforme las disposiciones legales en la materia, así como fomentar y promover la participación de la

comunidad en la elaboración, ejecución, evaluación y actualización del Plan Municipal de Desarrollo Urbano y demás instrumentos de planeación municipal.

#### Código Reglamentario Municipal de Toluca

##### Artículo 3.10

Establece a cargo del Instituto Municipal de Planeación las atribuciones de elaborar el Plan de Desarrollo Urbano Municipal; planear, promover y vigilar el desarrollo urbano sustentable del territorio; proponer estrategias de integración intermunicipal, coordinación metropolitana y regional en materia de desarrollo urbano sustentable; validar las acciones y proyectos de infraestructura, equipamiento urbano y movilidad, que considere realizar cualquier orden del gobierno dentro del territorio municipal, a partir del impacto ambiental que generen; fomentar la participación ciudadana en la planeación, elaboración, ejecución, evaluación y modificación del plan de desarrollo urbano; proponer al Ayuntamiento las medidas necesarias para el ordenamiento territorial a fin de establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras y aguas; así como acciones para elaborar y aplicar los planes de manejo de áreas verdes y naturales del Municipio.

#### Plan de Desarrollo Municipal de Toluca

##### Página 17

Dispone, dentro del eje rector de la planeación sustentable y sostenible, en su inciso e) se menciona el planear de manera ordenada y sustentable el desarrollo urbano, de servicios y de infraestructura municipal, con una visión de corto, mediano y largo plazo, privilegiando la sustentabilidad y la sostenibilidad.

##### Página 129

En el marco del diagnóstico del uso del suelo municipal (punto 4.2.1.1.), determina como imprescindible la realización de una serie de acciones, tal y como la actualización y difusión del Plan Municipal de Desarrollo Urbano.

Páginas 131, 280 y 302

Considera la aplicación estricta de la normatividad en materia de desarrollo urbano como una de las estrategias a seguir y prevé dentro de las líneas de acción, revisar la normatividad en materia de desarrollo urbano, actualizar el Plan Municipal de Desarrollo Urbano y eficientar su aplicación. (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a y 2013).

Después de todo lo expuesto se ha seleccionado cómo ámbito de esta investigación lo contenido en el Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México que en su título tercero que habla sobre la zonificación del territorio y de las disposiciones para su ocupación y ordenamiento lo que es el punto de este trabajo investigativo.

#### Artículo 33

Para los efectos de ordenar y regular los asentamientos humanos en el territorio estatal y en los centros de población, los planes de desarrollo urbano clasificarán el suelo en:

- I. Áreas de ordenamiento y regulación del territorio estatal, en que se aplicarán políticas de impulso, consolidación y control.
- II. Áreas urbanas, áreas urbanizables programadas y no programadas y áreas no urbanizables. Son áreas urbanizables no programadas, aquellas que con tal carácter se encuentran determinadas por los planes de desarrollo urbano respectivos y que para su adecuada incorporación a la estructura urbana de los mismos, requieren de un estudio que precise las condicionantes que en materia de servicios e infraestructura, vialidad y equipamiento deban generarse, a efecto de garantizar su integración al proceso de desarrollo urbano ordenado de los centros de población.

#### Artículo 34

La fundación de centros de población en la entidad requerirá del previo decreto que expida la Legislatura del Estado. La fundación de centros de población deberá realizarse en tierras susceptibles para el aprovechamiento urbano, evaluando su impacto ambiental y respetando las áreas no urbanizables y, en su caso, el patrón de asentamiento humano rural y las comunidades indígenas.

#### Artículo 38

Los convenios urbanísticos se sujetarán a lo siguiente:

- I. Tendrán por objeto precisar las bases para la incorporación de predios ubicados en áreas urbanizables no programadas al crecimiento de un centro de población o la modificación del uso y aprovechamiento del suelo de áreas ubicadas fuera de los límites de los centros de población.
- II. Se celebrarán entre la Secretaría y el Municipio respectivo, con propietarios de predios.
- III. En ellos se pactarán los beneficios de las partes y los compromisos que asumen para llevar a cabo el fin que los motive.
- IV. Plantearán en su caso, la modificación del plan de desarrollo urbano de que se trate, o la elaboración del plan parcial respectivo.

#### Artículo 40

En los conjuntos urbanos se observará lo siguiente:

- I. Previo a su autorización, se deberá integrar en el seno de la Comisión, el expediente de autorización relativo.
- II. Su dimensión y densidad estarán en función de la disponibilidad de agua potable.
- III. Podrán ubicarse indistintamente en áreas urbanas y urbanizables de un centro de población, a excepción del de tipo habitacional campestre que podrá localizarse fuera de los centros de población.
- IV. Los lotes, para que puedan ser ocupados, deberán estar dotados de obras terminadas de urbanización y equipamiento, excepto tratándose del conjunto urbano habitacional social progresivo.

Todos estos apartados se encuentran relacionados con el apartado V del Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de México que establece las cuestiones que involucran a la situación de los usos de suelo en cuanto a su localización el cómo diferenciar un área urbanizable de otra que no y finalmente los equipamientos y la infraestructura que debe estar disponible en estos lotes (Gobierno del Estado de México, 2001).

## Situación Socioeconómica

### Población

La población es un agente fundamental para el desarrollo y presenta una dinámica la cual cubre lo que es el tamaño, crecimiento, distribución y movilidad territorial en un determinado tiempo y espacio. Estas dinámicas reflejan el efecto de procesos económicos, sociales, culturales, ambientales y políticos que se han manifestado a través del tiempo.

Esta variable permite identificar la estructura y el comportamiento de la población en rangos de edad que visualiza la demanda actual y futura en la dotación de infraestructura y equipamiento.

En años recientes el crecimiento poblacional ha detonado una expansión urbana dentro del municipio por lo que se torna necesario el modificar la estructura administrativa municipal mediante la aplicación de criterios poblacionales, de identidad local, continuidad geográfica incluyendo las condicionantes del terreno y las capacidad urbanísticas del mismo.

La ciudad de Toluca ha sufrido cambios demográficos significativos desde 1960 de pasar de 156 033 a 270 985 habitantes en 1970 como resultado del proceso de metropolización de los municipios de Toluca y Metepec de los cuales 239 261 habitaban en Toluca y el resto corresponde a Metepec.

En 1980 empieza la consolidación de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca que en un principio integraba los municipios de Zinacantepec, Metepec y Toluca los cuales contaban con 60 232, 83 030 y 357 071 habitantes respectivamente según el censo de INEGI. Para 1990 el área conurbada de la ZM se incrementó al sumarse los municipios de Lema (66 912 habs), San Mateo Atenco (41 761 habs), Ocoyoacac (37 392 habs) y Xonacatlán (28 837 habs); en el caso de los municipios principales sus poblaciones son: Metepec 139 734 habs, Toluca 487 465 habs y Zinacantepec 83 197 habitantes (Figura 2.13).

Hacia el año 2000 la Zona Metropolitana volvió a crecer al anexarse los municipios de Almoloya de Juárez y Oztolotepec con poblaciones de 105 695 y 55 675 habitantes mientras que en el municipio de Toluca ascendía hasta 666 596 habitantes y ya en el 2010

la población presente en este último fue de 819 561 habitantes de los cuales 424 725 eran mujeres y 394 836 eran hombres donde el 92.5% (758 730 habs) residían en áreas urbanas mientras que el resto corresponde a los habitantes en áreas rurales (Figura 2.14).

En el nivel localidad, Toluca contaba en 2000 con una población de 666 596 habitantes, en el 2005 con 747 512 y en 2010 con 819 561 donde 394,836 (48.18%) eran hombres y 424 725 (51.82%) mujeres, con una población urbana de 633 363 (77.28%) habitantes donde las localidades de entre 15 000 a 29 999 habitantes eran 77 590 (9.47%), de entre 30 000 a 49,999 eran 66 440 (8.10%) y de entre 100 000 a 499 999 eran 489 333 habitantes (59.71%) con una densidad poblacional de 1 908 hab/km<sup>2</sup> (IGECEM, 2011 y COESPO, 2008).

### **Crecimiento natural, social y migración**

La Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) es el índice que expresa la dinámica de la población durante un periodo determinado; al utilizar este método cuantitativo el municipio de Toluca en el periodo 1950-1960 tuvo un incremento del 3.09 y en la década siguiente se presentó un boom demográfico con una tasa del 4.53% y a partir de 1970 en adelante las tasas han decrecido de forma paulatina hasta la década anterior con un crecimiento del 2.08%.

La dinámica poblacional se compone de dos factores:

1. Tasa de Crecimiento Natural (TCN), es el factor derivado del crecimiento natural, resultado de la natalidad, menos la mortalidad de la población.
2. Tasa de Crecimiento Social (TCS), muestra los movimientos poblacionales, resultado de la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) y la resta de la Tasa de Crecimiento Natural (TCN), indicando la cantidad de población que es originaria de otra entidad, o en su caso, la que emigró de la entidad y se expresa en el saldo neto migratorio (Gobierno del Ayuntamiento de Toluca, s/a).

El municipio de Toluca en su dinámica muestra el mayor incremento en su Tasa de Crecimiento Natural (TCN) en la década de 1960-1970 con un 2.87%, sin embargo en el caso de la Tasa de Crecimiento Social esta tendencia es inversa hasta alcanzar cifras

negativas en el periodo 1990-1995 de -0.18% lo que significa que Toluca no presentó atracción de población proveniente de otras localidades o municipios ofreciendo una idea de que existió una “recesión” en la dinámica del crecimiento natural.

Esto sufrió un cambio significativo a partir de este periodo hasta el año 2000 cuando la TCS se incrementó hasta un 1.94% pero con una disminución en el ritmo del crecimiento natural lo que significa que este incremento pudo deberse a una ola inmigrante; lo que también propició un crecimiento en la construcción de desarrollos habitacionales ubicados en el oriente del municipio (San Mateo Otzacatipan y San Pedro Totoltepec).

Sin embargo esta tendencia no se mantuvo por largo tiempo ya que a partir del 2000 la población volvió a presentar otra disminución al pasar del 1.94 antes referido al 0.81 hacia 2005 y al 0.4 en el año 2010 lo que puede deberse a la disminución de las familias en su número de miembros (hijos) todos estos valores son referentes a la Tasa de Crecimiento Social.

*Cuadro 2. 3 Dinámica de crecimiento poblacional en el Municipio de Toluca, 1950-2000*

Periodo	TCMA	TCN	TCS
<b>1950-1960</b>	3.09	2.86	0.23
<b>1960-1970</b>	4.53	2.87	1.66
<b>1970-1980</b>	3.94	2.38	1.56
<b>1980-1990</b>	3.24	2.14	1.10
<b>1990-1995</b>	2.62	2.8	-0.18
<b>1995-2000</b>	3.96	2.02	1.94
<b>2000-2005</b>	2.73	1.92	0.81
<b>2005-2010</b>	2.09	1.69	0.40

Fuente: Elaboración con base en los Censos de Población Vivienda 1950-2010 y el Censo de Población 1995 y 2005. INEGI.

### **Estructura poblacional**

La población del municipio de Toluca ha presentado una tendencia desde 1950 hasta el año 2010 en cuanto a su estructura poblacional, esto se debe a que en el periodo de posrevolucionario las familias tendían a ser muy numerosas en cuanto a la cantidad de hijos



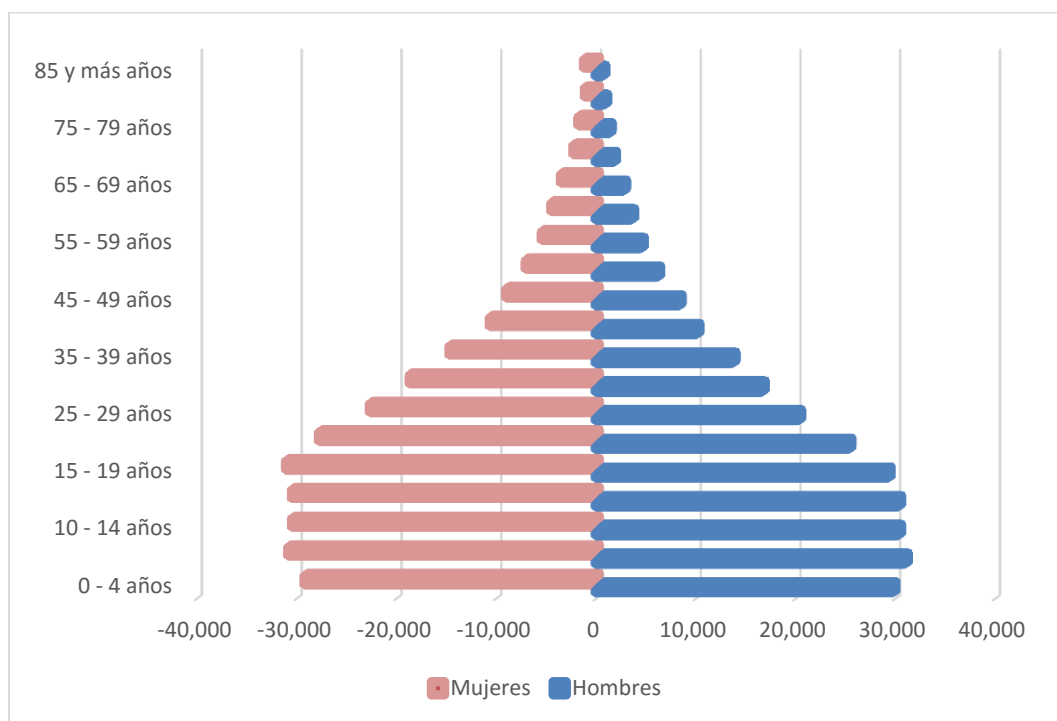
porque por lo regular se tenían alrededor de 7 a 10 hijos aunque en ocasiones existían familias de hasta 20 hijos, todo esto no es restrictivo de algunas regiones de México sino que fue una tendencia nacional. Esto propició que la estructura de la pirámide poblacional tuviera una base muy amplia y una cúspide muy pequeña asemejando un triángulo, este tipo de pirámide es llamada expansiva.

Sin embargo, aún la población total podría considerarse muy pequeña y no fue hasta los años 1960-1970 con el proceso de industrialización y metropolización que la pirámide de población sufrió un boom demográfico al pasar de unos cuantos cientos de miles de habitantes hasta que en la década de 1980 esta población se triplicó al consolidarse la Zona Metropolitana. En México en la década de los ochenta se implementó la política de planificación familiar la cual incidió principalmente en ámbitos urbanos, con el propósito de reducir el número de integrantes de las familias. Esto trajo consigo una diversidad poblacional muy amplia modificando la estructura poblacional del municipio y en 1990 la base de la pirámide empezaba a mostrar características de una pirámide del tipo “en transición” o de campana donde la cantidad de infantes disminuye mientras que la adulta-joven es el grueso de la población como lo muestra la siguiente pirámide:

En la década del 2000-2010 la estructura de la población en pleno estado de transición se encuentra con el grueso de población entre los 0 años hasta los 40 años lo que significa que el municipio está cambiando de ser adulto-joven a ser un municipio adulto y con una posibilidad creciente de que en años futuros el municipio cambie a ser un municipio viejo en donde la población entre los 30 a los 60 años concentre el grueso de la pirámide lo que significará que entrará en un proceso regresivo o de envejecimiento como lo muestra la figura 2.15.

Esta recomposición de la pirámide desencadena una serie de modificaciones en el modo en el que el municipio se desenvuelve al tornarse necesario fortalecer la base económica y social ante una demanda creciente presente y futura de infraestructura y servicios que permitan un desarrollo sociodemográfico eficaz y que la capacidad económica pueda encarar esta carga con la menor cantidad de problemas posible.

Figura 2. 12 Estructura poblacional del municipio de Toluca, 1990



Fuente: Elaboración propia con base al Censo General de Población y Vivienda, 1990, INEGI.

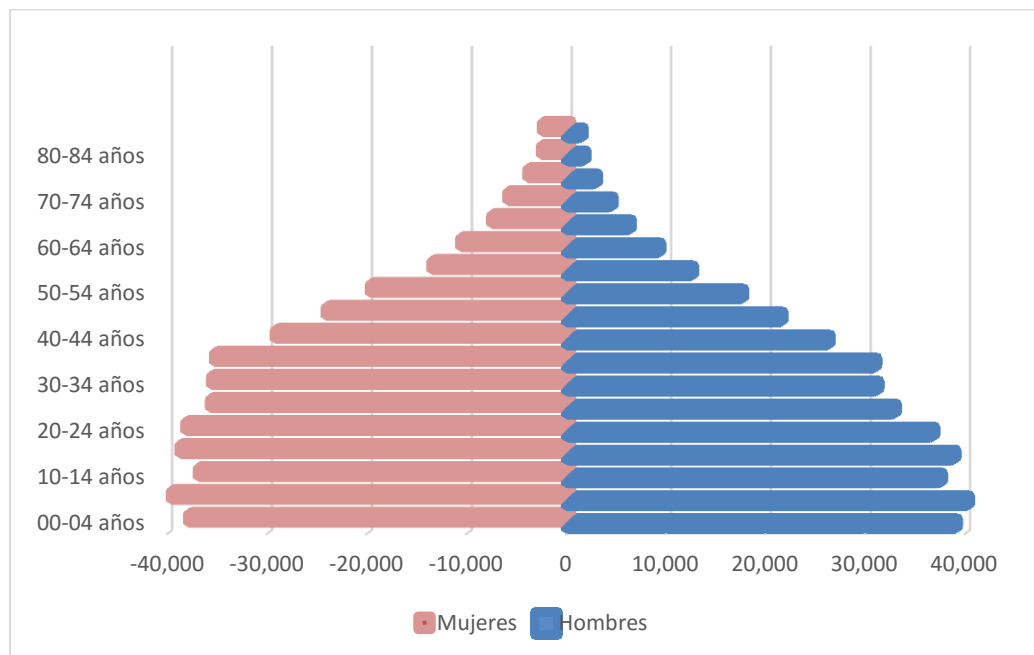
### Población urbana

La mayoría de la población en la actualidad se encuentra concentrada en grandes aglomeraciones urbanas como consecuencia de un proceso de industrialización y la precariedad de los espacios agrícolas lo que significa que la población es dedica a actividades secundarias o terciarias en donde existe mayor empleo, numerosos servicios sociales, mayor oferta cultural y recreativa.

Una implicación directa de la estructura de la población se dimensiona directamente con la transformación que sufre la ciudad en sí en su tamaño, número y distribución espacial que ya en 1990 la mayoría de población era urbana a nivel estatal con 8,285,207 habitantes de un total de 9,815,795 lo que representa el 84.4% y solo el 15.6% restante era población rural. Esto traducido a nivel del municipio el 87% de la población estaba ya concentrada en centros urbanos. Sin embargo, estas tendencias que se dispararon en el 2000 sufrieron un

revés diez años después cuando el índice de urbanización descendió del 93.7% alcanzado en el 2000 al 77.3% del 2010 pero es mayor inclusive que el 71.2% de todo el estado.

Figura 2. 13 Estructura poblacional del municipio de Toluca, 2010



Fuente: Elaboración propia con base al Censo de Población y Vivienda, 2010, INEGI.

Cuadro 2. 4 Población urbana y rural en diferentes escalas 1990-2010

Ámbito	Población 1990				Población 2000				Población 2010			
	Total	Urbana	Rural	IU	Total	Urbana	Rural	IU	Total	Urbana	Rural	IU
Estado de México	9,815,795	8,285,207	1,530,588	84.41	13,096,686	11,304,410	1,792,276	86.32	15,175,862	10,799,143	4,376,719	71.16
Región XIII, Toluca	1,293,286	974,301	318,985	75.34	1,789,598	1,421,255	368,343	79.42	1,546,418	906,201	640,217	58.60
ZMVT	886,147	742,203	143,944	83.76	1,401,645	1,169,558	232,087	83.44	2,172,035	1,785,861	386,174	82.22
Toluca	487,612	424,998	62,614	87.16	666,596	624,859	41,737	93.74	819,561	633,357	186,204	77.28

FUENTE: Censos de población y Vivienda 1990, 2000 y 2010.

Cuadro 2. 5 Densidad de Población en diferentes escalas 1970-2010

Ámbito	Superficie	Densidad de población (hab/km <sup>2</sup> )				
		1970	1980	1990	2000	2010
Estado de México	22,183.70	172.79	340.99	442.48	590.37	675
Región XIII, Toluca	2,946.23	219.59	328.75	438.96	607.42	907
ZMVT	1,820.27	148.87	274.87	486.82	770.02	1193
Toluca	420.14	569.48	849.89	1,160.59	1,586.60	1,910

Fuente: IX, X, XI y XII Censos Generales de Población y Vivienda, 1970, 1980, 1990, 2000 y 2010 INEGI; IGCEM, Nomenclátor de Localidades del Estado de México, 1999. GEM.

## Economía

La base económica de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca se ha ampliado en su nivel de competitividad y en su tamaño haciéndola así una de las cinco metrópolis más importantes y también ser un motor para la economía de la región centro del país.

El municipio de Toluca dentro del contexto Metropolitano ha presentado una serie de transformaciones dentro de las actividades económicas desde un carácter eminentemente agrícola con una economía rural a una más compleja como lo es la actual economía industrial y la enfocada en el comercio y los servicios.

Para este trabajo se utilizará un estudio sectorial revisando la estructura económica del municipio de Toluca así como la participación de cada sector y subsector de la actividad municipal respecto del porcentaje de esta actividad con respecto al total del Estado.

Como se puede apreciar en la tabla 2.2 los sectores donde el municipio de Toluca tiene presencia son Energía eléctrica y agua, la industria manufacturera y de forma limitada el comercio al menudeo; sin embargo en sectores donde antes tenía una importancia que aunque pequeña era mayor en 2003 que en 2008 sobre todo en el comercio donde bajó 5% de valor agregado que en 2003 era comparable al nacional pero que en 2008 sólo representaba el 13% del total nacional. Finalmente los sectores principales siguen teniendo una buena expansión económica en el contexto municipal.

El Índice de especialización con base en el valor agregado censal bruto se utiliza ampliamente para la caracterización de la estructura territorial de una magnitud de la participación que tiene un sector en un área determinada con respecto al total nacional o estatal.

Cuadro 2. 6 Porcentaje del valor agregado censal bruto, según sector por ámbito territorial, 2003 – 2008

Ámbito	Sector económico 2003																	
	21	22	23	31-33	43	46	48-49	51	52	53	54	55	56	61	62	71	72	81
Nacional	16	6	2	33	9	11	4	6	10	1	2	2	3	2	1	0	2	2
Estado de México	0	4	1	52	12	14	3	1	1	1	2	0	3	3	1	0	2	2
Toluca	0	16	1	55	5	11	4	1	0	1	2	0	1	2	0	0	1	1
Ámbito	Sector económico 2008																	
	21	22	23	31-33	43	46	48-49	51	52	53	54	55	56	61	62	71	72	81
Nacional	26	7	3	37	7	9	5	4	11	1	2	2	4	2	1	1	3	2
Estado de México	0	7	2	55	8	10	3	4	1	1	1	1	2	2	1	0	2	1
Toluca	0	22	1	60	3	6	3	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1

Fuente: INEGI Elaboración con base en el Censo Económico 2004 y 2009.

Sectores económicos: 11. Agricultura, ganadería y pesca. 21. Minería; 22. Energía eléctrica y agua; 23. Construcción; 31-33. Manufacturas; 43. Comercio al mayoreo; 46. Comercio al menudeo; 48-49 Transporte; 51. Información en medios masivos; 52. Servicios financieros; 53. Servicios inmobiliarios y alquiler; 54. Servicios profesionales, 55. Corporativos; 56. Servicios de apoyo a negocios; 61. Servicios educativos; 62. Servicios de salud; 71. Servicios de esparcimiento; 72. Servicios de hospedaje y alimentos; 81. Otros servicios.

Cuadro 2. 7 Índice de especialización con base en el valor agregado censal bruto, 2008

Ámbito	Sector económico																	
	11	21	22	23	31-33	43	46	51	52	53	54	56	61	62	71	72	81	
<b>Toluca</b>	<b>0</b>	<b>0.3</b>	<b>3.4</b>	<b>0.6</b>	<b>1.8</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>0.1</b>	<b>0.5</b>	<b>0.2</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.4</b>	

Fuente: INEGI Elaboración con base en el Censo Económico 2009. Calculado respecto al Valor Agregado Censal Bruto total estatal.

### Sector primario

En cuestiones agrícolas regionales, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca ocupa las laderas y la planicie para estas actividades con un predominio de la agricultura de temporal y en menor medida la de riego; para esto se tiene considerado con un papel fundamental el suelo de tipo Feozem más abundante en la región que, como se menciona en el apartado físico, es susceptible a la erosión moderada.

En el caso del municipio de Toluca estas actividades se encuentran constantes en el tiempo con tendencias a la baja debido a su grado de especialización y sin ningún valor agregado lo que se considera como materia prima o algún grado de tecnificación que le otorgue alguna rentabilidad extra ya que actualmente la actividad persiste en el municipio en gran medida

por el autoconsumo y una constante presión sobre el suelo para su conversión urbana (Figura 2.18).

*Cuadro 2. 8 Superficie agrícola sembrada y cosechada del Estado de México y del Municipio de Toluca, 2002-2010*

Ámbito	2002		2006		2010	
	Superficie (Has)		Superficie (Has)		Superficie (Has)	
	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada	Sembrada	Cosechada
Toluca	23,688	23,688	23,678	23,524	24,752	24,652
Estado de México	910,446	878,376	898,549	890,746	890,170	842,637

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del Estado de México, con información de SAGARPA. 2010.

*Cuadro 2. 9 Valor de la producción y su tasa de crecimiento medio anual en el Estado de México y en el Municipio de Toluca, 2002-2010*

Ámbito	Valor de la producción 2002-2010 (Millones de pesos)			Tasa de crecimiento (%)	
	2002	2006	2010	2002 / 2006	2006 / 2010
Toluca	133.8	211.0	276.4	12.1	7.0
Estado de México	8,834.0	12,255.8	14,527.3	14.4	4.3

Fuente: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del Estado de México con información de SAGARPA. 2010

Respecto a la ganadería la invasión y tala de las áreas forestales junto con los incendios forestales para la quema de pasto y generación de renuevo con la finalidad de crear áreas de pastoreo para los rebaños y otras especies, esto trae como consecuencia erosión en estas áreas debido a la misma actividad ganadera y porque con la ausencia de cubierta vegetal este suelo está expuesto a la degradación lo que involucra riesgos sobre todo en las laderas.

#### Sector secundario

La importancia de la industria radica en que estudia la estructura y el funcionamiento de los mercados o lo referente a las empresas que actúan en ellos o se dedican a la misma actividad. La organización industrial explica las diversas estructuras de mercado y como permiten un mayor o menor ejercicio del poder de las empresas y su nivel de competencia (Coloma, 2002).

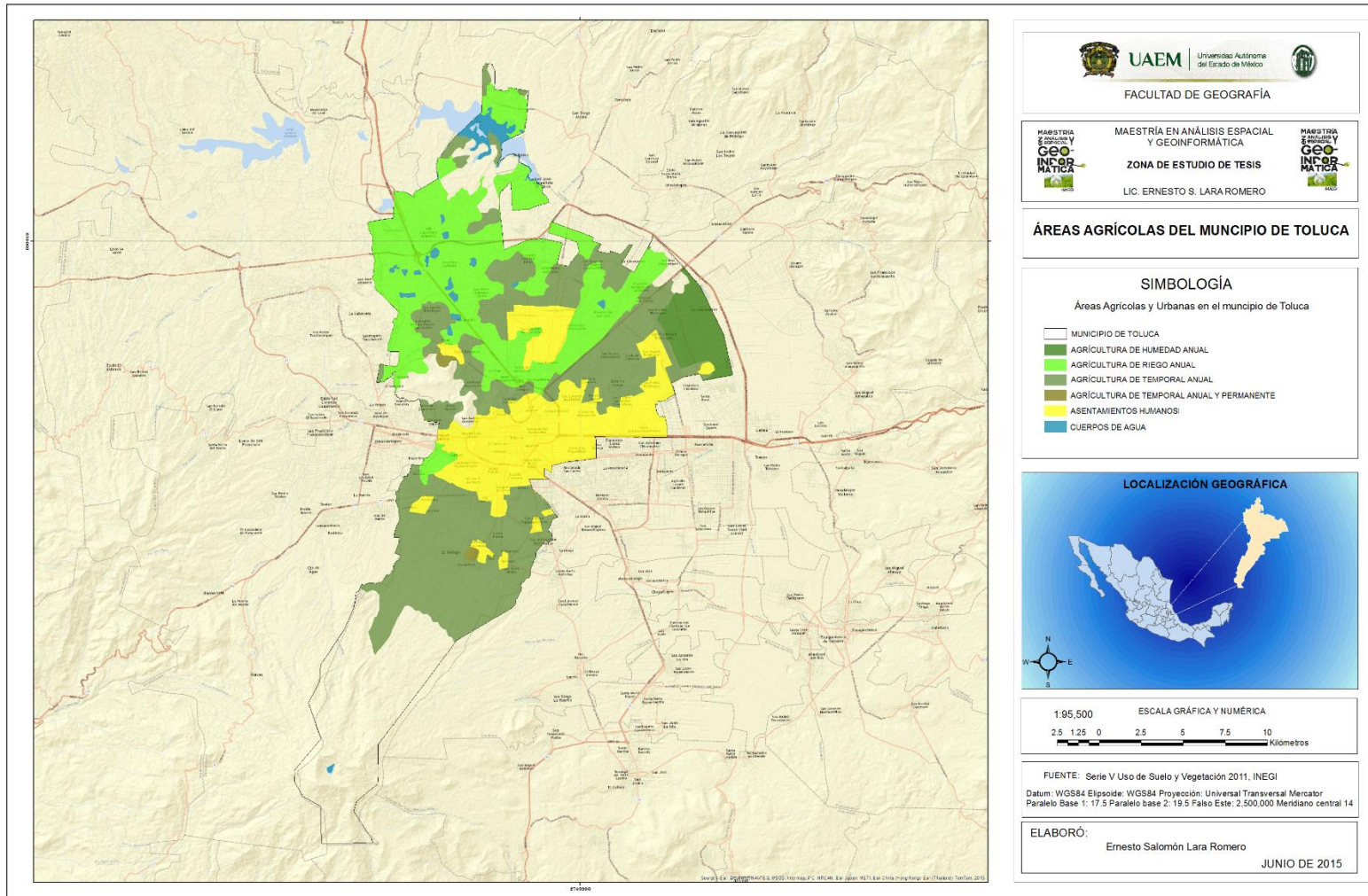
La industria manufacturera existente en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca está compuesta en general por más del 90% de microindustrias, alrededor del 3% son industrias pequeñas, entre 2-3% son industrias medianas y los valores más bajos entre el 0.5-1% corresponden a las grandes empresas y en relación al personal estatal ocupado más del 70% se encuentra disperso entre las unidades económicas micro, pequeñas y medianas.

En 2010 en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca existían 11,364 unidades económicas dedicadas a la industria manufacturera, y básicamente está concentrada en el municipio de Toluca donde existían alrededor de 3,464 unidades lo que representaba el 30.49% de la planta industrial de la capital.

Toluca concentra una población ocupada significativa en este sector aunque empieza a presentar un declive producto de una creciente tercerización de la economía municipal, sin embargo aún se destaca por su importante peso industrial al poseer 10 parques industriales que representan el 10.41% de los 96 que se encuentran en el Estado de México.

Los rubros industriales en lo que Toluca ha mejorado es en la distribución de energía eléctrica y agua, seguido de la transformadora y la automotriz con las armadoras asentadas en el municipio de grandes consorcios internacionales.

Figura 2. 14 Áreas agrícolas y urbanas en el municipio de Toluca





Cuadro 2. 10 Nombre y ubicación de los parques industriales

Municipio	Parque	Ubicación
Toluca	Parque Industrial El Coecillo	Carretera México - Toluca Km. 57 Corredor Industrial Toluca – Lerma
	Parque Industrial Exportec I	Boulevard Miguel Alemán Valdés Km. 7
	Parque Industrial Exportec II	Boulevard Miguel Alemán Valdés Km. 7
	Parque Industrial San Antonio Buenavista	Paseo Vicente Lombardo Toledano entre las Calles Manuel Martínez Orta Gómez y Calle Manuel Medina Garduño Zona Industrial Toluca
	Parque Industrial Toluca 2000	Carretera Toluca - Naucalpan Km. 10 Entre Av. de las Partidas y el Libramiento Norte Toluca
	Parque Industrial Vesta Park Toluca	Av. de las Partidas S/N Col. Rancho de Agua, Ex - Hacienda Santín
	Parque Industrial San Cayetano	Carretera de cuota Toluca-Atlacomulco, Km. 16, a un costado de la primera caseta de cobro "El Dorado", Toluca, México
	Zona Industrial Toluca	Carretera México Toluca Km 62, entre las calles Independencia, Industria Automotriz, Lombardo Toledano
	Parque Industrial Toluca	Carretera Toluca Atlacomulco, Km 2.5
	Parque Industrial Inn	Carretera Toluca/Naucalpan km 52.5

Fuente: IGECEM. Con información de Cámaras de Industriales, Asociaciones de Industriales, Ayuntamientos, la propia Industria y FIDEPAR.

Cuadro 2. 11 índice de especialización con base en el valor agregado censal bruto, 2008

Ámbito	Subsector industrial																				
	311	312	313	314	315	316	321	322	323	324	325	326	327	331	332	333	334	335	336	337	339
Toluca	1.0	1.6	0.8	0.0	0.2	0.8	0.3	0.3	0.7	0.4	0.7	0.6	0.8	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	1.9	0.1	0.1

Fuente: Elaboración propia con base en el Censo Económico 2009, INEGI.

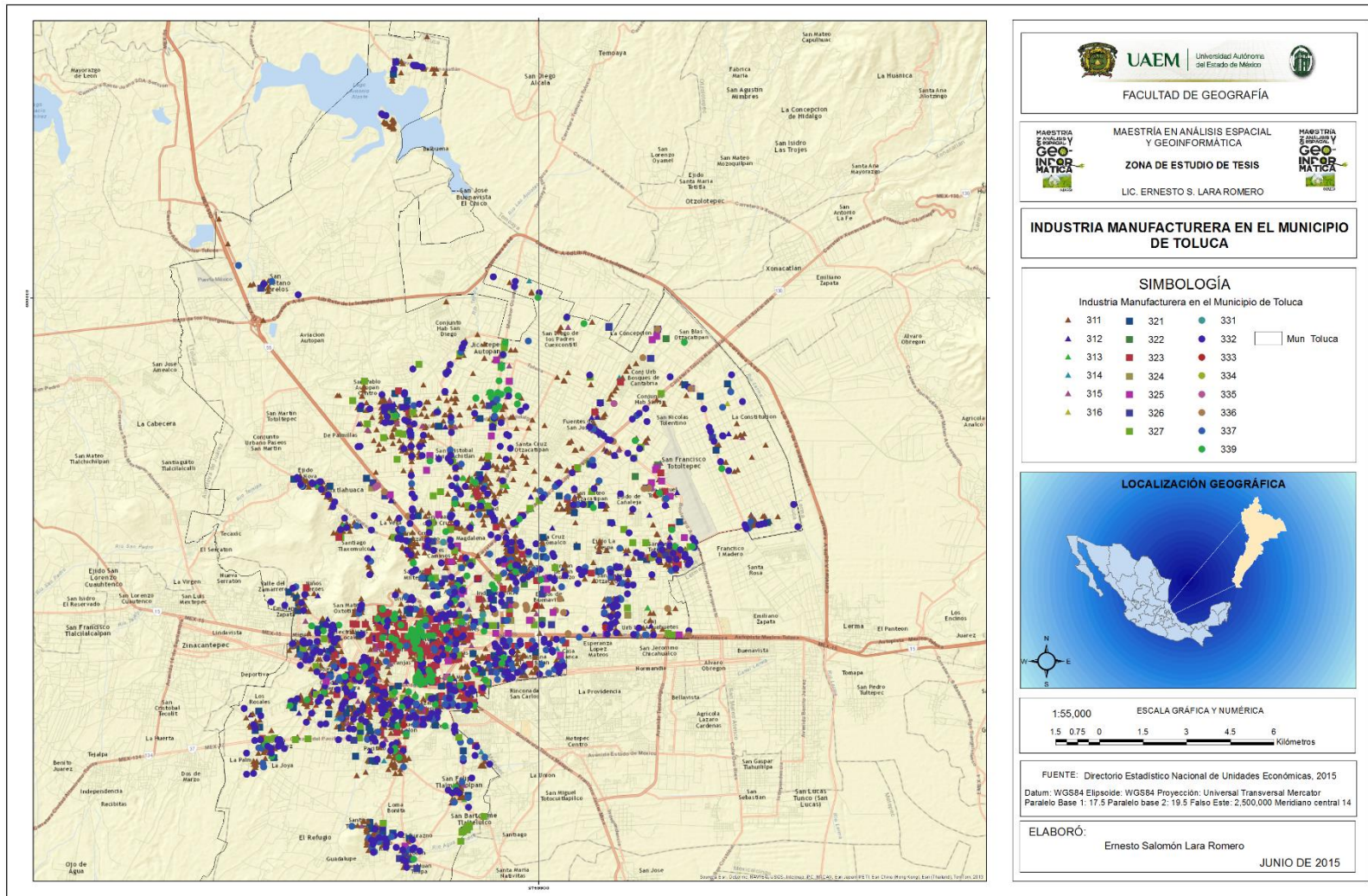
Subsectores industriales: 311. Alimentos; 312. Bebidas y tabaco; 313. Insumos textiles; 314. Textiles; 315. Vestido; 316: Cuero y calzado; 321: Madera; 322: Papel; 323: Imprentas; 324: Derivados del petróleo; 325. Industria química; 326. Plástico y hule; 327. Productos minerales no metálicos; 331. Metálicas básicas; 332. Productos metálicos; 333. Maquinaria y equipo; 334. Equipo de. computación y electrónicos; 335. Equipos eléctricos; 336. Equipo para el transporte; 337 Muebles; 339. Otras industrias.

### Sector Terciario

Actualmente los municipios de Toluca y Metepec concentran la actividad comercial de la región y de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. En el caso de Toluca destacan las ventas tanto al mayoreo como al menudeo de abarrotes y perecederos. Esto se debe en gran parte a la capacidad que tiene su Central de Abasto que tiene cobertura regional y de carácter metropolitano.

De acuerdo a datos de la entonces Dirección General de Desarrollo Económico y Regulación del Comercio del Ayuntamiento de Toluca, al mes de septiembre del año 2012, se contaba con un registro de 22,581 establecimientos comerciales.

Figura 2. 15 Industria manufacturera en el municipio de Toluca



Los datos que arroja el Censo Económico de 2009 registraron 17,808 unidades económicas dedicadas tanto al comercio mayorista como al minorista, en el caso del primero se distribuyen de la siguiente manera: en los abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco existían 94 unidades; en textiles y calzado con 34 unidades; en productos farmacéuticos, perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca con 59 unidades; en materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho con 705 unidades; en maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general con 209 unidades y en camiones y de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones con 12 unidades.

La cantidad de establecimientos dedicados al comercio minorista se distribuyen de la siguiente manera: en abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco con 8,255 unidades; en tiendas de autoservicio y departamentales con 149 unidades; productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado con 1,935 unidades; en artículos para el cuidado de la salud con 529 unidades; en artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal con 2,881 unidades; en enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores y artículos usados con 1,159 unidades; en vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes con 837 unidades y en ventas exclusivamente a través de internet, y catálogos impresos, televisión y similares con 8 unidades.

En el caso del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de 2015 se han identificado un total municipal de 20,700 unidades económicas que según subsector comercial minorista se encuentra distribuida de la siguiente manera: Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco (461) con 9,789 unidades; Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales (462) con 275 unidades; Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado (463) con 2,531 unidades; Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud (464) con 795 unidades; Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal (465) con 3,532 unidades; Comercio al por menor de enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores y artículos usados (466) con 1,444 unidades; Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y

vidrios (467) con 1,283 unidades; Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes (468) con 1,041 unidades y Comercio al por menor exclusivamente a través de Internet, y catálogos impresos, televisión y similares (469) con 10 unidades (Figura 2.20).

Para el caso de la distribución del comercio mayorista su distribución es muy inferior que el caso del minorista pero a pesar de esta condición espacial este tipo de comercio representa una fuente para otros mayoristas o fabricantes. La cantidad de unidades económicas por subsector se encuentran distribuidas de la siguiente manera: Comercio al por mayor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco (431) con 497 unidades; Comercio al por mayor de productos textiles y calzado (432) con 39 unidades; Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, de perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca (433) con 75 unidades; Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho (434) con 820 unidades; Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general (435) con 245 unidades; Comercio al por mayor de camiones y de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones (436) con 46 unidades y, finalmente, Intermediación de comercio al por mayor (437) con 5 unidades (Figura 2.21).

## Sociedad

La sociedad puede ser estudiada desde un aspecto formal u objetivo entre los elementos que forman a lo social como son la religión, los valores morales, tradiciones; pero también puede ser abordada como un producto de la integración de los individuos con la finalidad de crear una forma de superorganismo que está dentro de la naturaleza humana en la cualidad denominada sociabilidad enraizada en un primitivo instinto humano como lo es la conservación de la especie.

Figura 2. 16 Distribución del comercio minorista en el municipio de Toluca por subsector

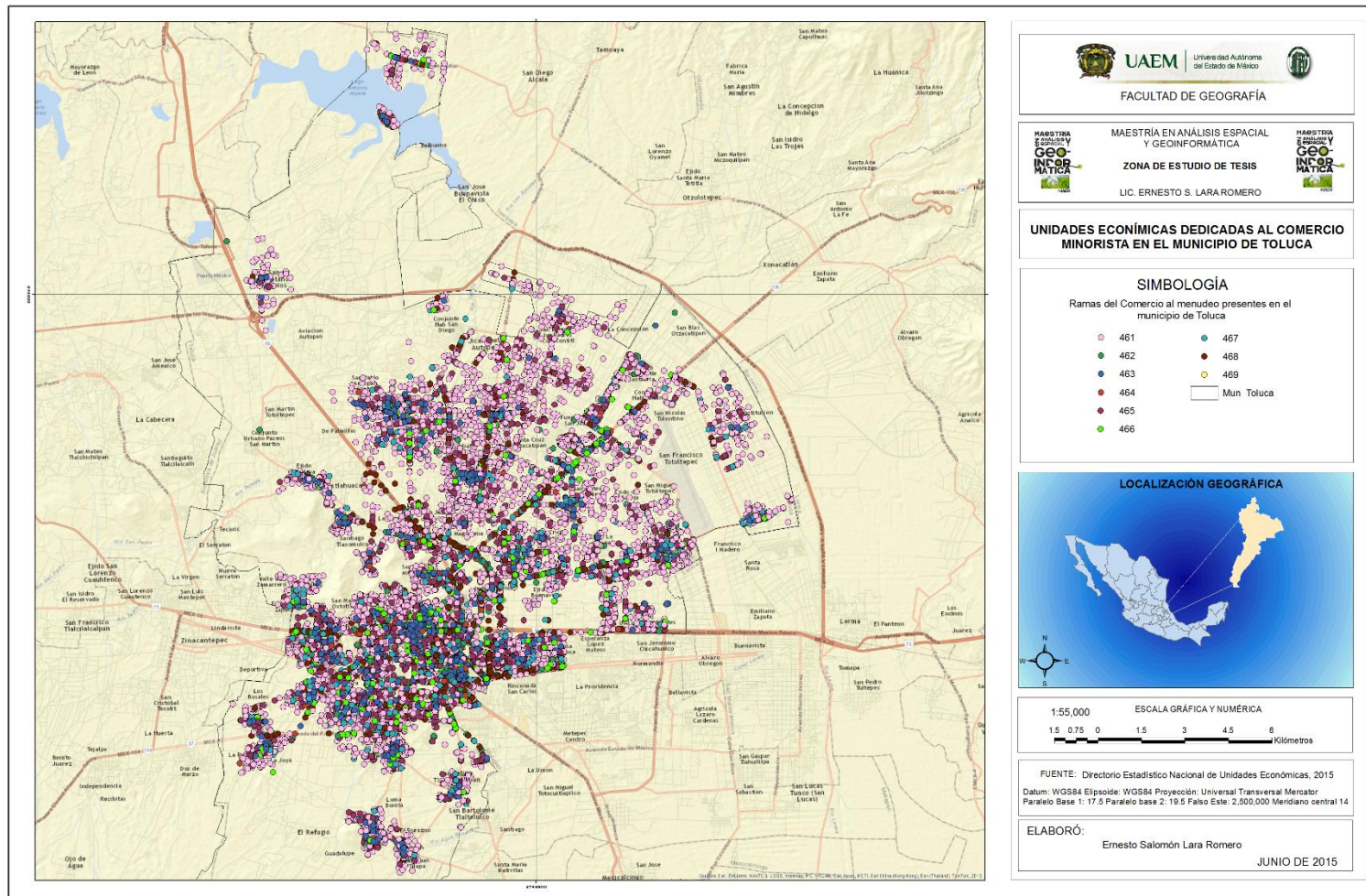
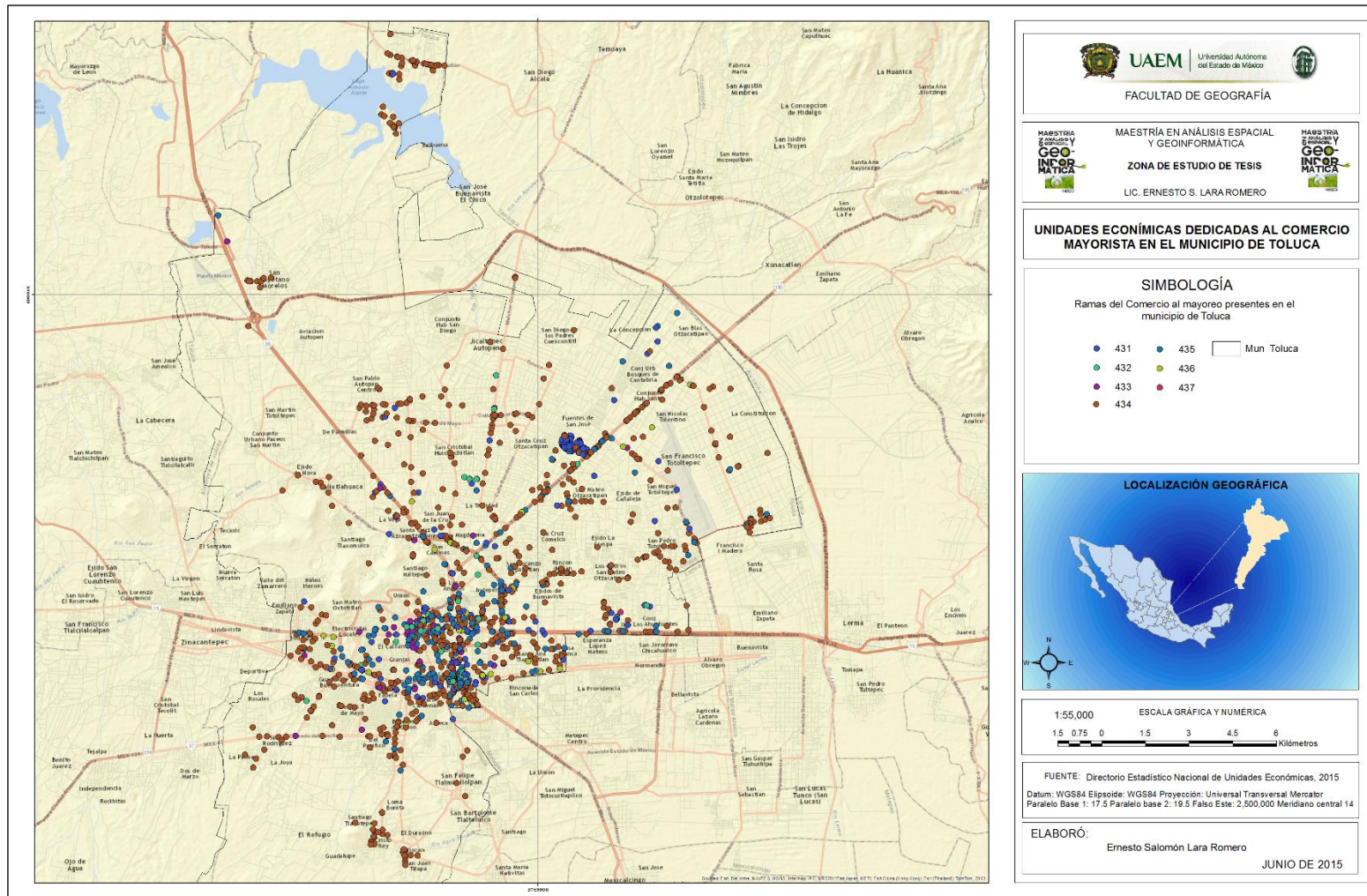


Figura 2. 17 Distribución del comercio mayorista en el municipio de Toluca por subsector



La agrupación de varios individuos hace que el hombre realice fines peculiares de la especie pero cuya finalidad sea la formación de otra agrupación familiar en donde el individuo se expone y realice los fines étnicos propios de la especie.

Dentro de las familias un indicador fundamental de bienestar lo constituye el ingreso monetario ya que la pobreza de la población es consecuencia de bajos ingresos de la población ocupada lo que significa en que éstos no pueden satisfacer sus necesidades ni obtener los bienes de consumo para cubrir sus necesidades básicas individuales y familiares.

La pobreza puede tener diferentes dimensiones que pueden ser medidos por medio del ingreso corriente per cápita es entonces que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) plantea tres niveles de pobreza:

- **Pobreza de Patrimonio:** define al sector de la población con ingresos insuficientes para cubrir los gastos de una vivienda.
- **Pobreza de Capacidades:** Se refiere a los hogares cuyo ingreso disponible es insuficiente para adquirir la canasta básica alimentaria y realizar los gastos necesarios en salud y educación.
- **Pobreza Alimentaria:** Define al sector de población que no cuenta con ingresos suficientes para cubrir sus necesidad de alimentación correspondientes a las establecidas en la canasta básica alimentaria.

En la tabla 2.8 se muestran los que en las primeras dos dimensiones de pobreza se tiene una disminución tanto a nivel estatal como municipal a partir de 1990 hasta con una disminución considerable en 2005, pero que en el año 2010 volvió a presentar un aumento en el caso de la alimentaria del 27.3% y en capacidades del 17.4% a nivel estatal mientras que a nivel municipal fueron del 11.6% y 3.01% respectivamente. La diferencia se presenta en la pobreza patrimonial al mostrar su nivel más bajo en 2000 seguida de un aumento continuo hacia 2010 a nivel estatal mientras que en el municipio ha sufrido altibajos en los cuatro cortes temporales.

*Cuadro 2. 12 Porcentaje de población por condición de pobreza en el Estado de México y en el Municipio de Toluca 1990-2010*

Porcentaje de población por condiciones de pobreza												
Ámbito territorial	Alimentaria				De Capacidades				De Patrimonio			
	1990	2000	2005	2010	1990	2000	2005	2010	1990	2000	2005	2010
Estado de México	17.8	17.6	14.3	18.2	25.2	24.8	22.4	26.3	48.3	47.7	49.9	51.2
Toluca	14.5	14.7	12.1	13.5	21.5	20.7	19.9	20.5	43.8	40.8	45.4	43.6

Fuente: Elaboración propia basado en Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), Evolución de la pobreza por ingresos 1990-2010 y Mapa de pobreza por ingresos, 2000 y 2005

### Índice de marginación urbana (IMU)

La marginación como fenómeno estructural expresa la dificultad para la estructura productiva de expandir su capacidad de desarrollo al beneficiar solo a un segmento del total de la población mientras que el resto es excluido de este desarrollo.

El índice de marginación es una medida resumen que permite diferenciar el impacto global de las carencias que padece la población de una determinada área territorial predeterminada al incluir en el estadístico las situaciones de falta de acceso a la educación, una vivienda y salario dignos.

El municipio de Toluca cuenta con un grado de marginación muy bajo (-1.604) en el año 2010 pero esta situación puede variar si este análisis es disminuido a nivel localidad que en el caso de Toluca cuenta con 43 localidades con altos niveles de marginación según CONAPO que en total suman 122,220 habitantes que representa el 14.91% del total municipal (819,561 habitantes) mientras que las localidades con bajo nivel de marginación son solo 7 con un total de 532,865 habitantes que representa el 65.02% del total municipal.



*Cuadro 2. 13 Grado de marginación dentro del municipio de Toluca, 2010*

Grado de marginación	Localidades	Población	Porcentaje respecto del total de población municipal
Alto	43	122 220	14.91
Medio	25	76 048	9.28
Bajo	23	88 419	10.79
Muy bajo	7	532 865	65.02
Total	98	819 552	100.00

Fuente: Elaboración propia basado en CONAPO, Índice de marginación a nivel localidad 2010.

Nota: El total de localidades y de población no contempla las localidades con menos de 9 habitantes.

El grado de marginación bajo y muy bajo, describe que el 75.81% de la población municipal se encuentra en una relación homogénea en la distribución de sus ingresos, siendo las zonas de mayor marginación algunas en la periferia de la cabecera.

### Rezago Social

El índice de pobreza utiliza al ingreso como una aproximación del bienestar económico de la población. A pesar de la evidente utilidad, y de su amplia aceptación, se argumenta que una de sus principales limitaciones consiste en el concepto de pobreza al incluir diversos componentes o dimensiones que al tratarse de un fenómeno de naturaleza multidimensional no puede ser considerado, única y exclusivamente, por los bienes y servicios que pueden adquirirse en el mercado.

El Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), con base en datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI),

establece los lineamientos y los criterios para realizar la definición, la identificación y la medición de la pobreza, tomando en consideración al menos los siguientes indicadores: Ingreso corriente per cápita, rezago educativo promedio en el hogar, acceso a los servicios de salud, calidad y espacios de la vivienda, acceso a los servicios básicos en la vivienda, acceso a la alimentación, grado de cohesión social.

*Cuadro 2. 14 Rezago social en el municipio de Toluca, 2010 (estimación porcentual de la población total)*

Ámbito territorial	Población total	Pobreza extrema	Carencia por rezago educativo	Carencia por acceso a la salud	Carencia por acceso a la seguridad social	Carencia por calidad y espacios de la vivienda	Carencia por servicios básicos en la vivienda	Carencia por acceso a la alimentación
<b>Toluca</b>	<b>976,245</b>	<b>6.86</b>	<b>16.31</b>	<b>32.15</b>	<b>54.69</b>	<b>6.79</b>	<b>20.07</b>	<b>33.67</b>

Nota: de acuerdo con la metodología de medición de pobreza publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de junio de 2010, las estimaciones de pobreza que se reportan toman en cuenta la variable combustible para cocinar y si la vivienda cuenta con chimenea en la cocina en la definición del indicador de carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda.

Fuente: Estimaciones del Consejo Nacional de Evaluación de la Política Social (CONEVAL) con base en el MCS-ENIGH 2010 y la muestra del Censo de Población y Vivienda 2010.

### Condición Urbana

El sentido inicial de la condición urbana es entender la ciudad como condición de posibilidad de diversas relaciones (corporal, escénica, política), como un lugar que da forma a prácticas infinitas y que tiene una connotación pública, esta condición urbana exige además, una experiencia corporal, a partir de la cual la ciudad cobra forma. El marco espacial no es arbitrario, oscila entre un centro y una periferia, con lo cual favorece un movimiento permanente entre dos límites, un ida y vuelta incesante entre una aspiración centrífuga al afuera y una seducción centrípeta por el adentro, lo que contribuye a generar una imagen mental de la ciudad (Link, 2007).

El municipio de Toluca está integrado por una cabecera municipal asentada en la ciudad de Toluca de Lerdo organizada territorialmente en 47 delegaciones y 38 subdelegaciones y donde las principales localidades son la misma Toluca y San Mateo Oztacatipan quienes concentran el 64% del total de habitantes municipal.

Los centros de población que conforman el territorio municipal, son entendidos como toda localidad presenta un crecimiento, transformando el espacio y se construyen viviendas, obras públicas que permiten el desarrollo de las actividades diarias de la sociedad, servicios públicos o infraestructura como redes de agua potable y alcantarillado, vialidades, servicios de distribución de energía eléctrica, gas y teléfono.

El acelerado crecimiento urbano y demográfico del municipio se ve reflejado en el territorio, derivado principalmente de la incorporación de población nueva en el municipio lo cual origina una serie de nuevos problemas de accesibilidad a los servicios públicos básicos, equipamiento urbano y que han generado asentamientos irregulares principalmente hacia las periferias e las principales localidades dentro del mismo.

El acelerado crecimiento urbano y demográfico del municipio se ve reflejado en el territorio, derivado principalmente de la incorporación de población nueva en el municipio. Ello origina problemas de acceso a los servicios públicos básicos, en la dotación del equipamiento, que han generado asentamientos irregulares.

Existe una lotificación irregular en los suelos agrícolas, donde la gran mayoría son de propiedad ejidal o comunal ubicada en el norte y sur del municipio, lo que ha ocasionado en la mayoría de los casos una traza urbana discontinua, la creciente incorporación de asentamiento irregulares y desarticulados del resto de la ciudad lo que resulta en una deficiente si no inexistente infraestructura en la dotación de servicios. Todo esto da pie a la especulación del suelo por parte de los propietarios de los lotes o “terratenedores” fingiendo como agentes inmobiliarios lo que incrementa y agudiza la problemática de la desarticulación urbana.

Una de las causas del crecimiento desordenado de la ciudad, es la incorporación masiva del suelo para la construcción habitacional, sin contar con una planificación del desarrollo acorde a la vocación del territorio provocando una conjunción de factores que acentúan el problema con la implicación de actores privados y públicos.

## Bibliografía

- Arriaga, L., J.M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (coordinadores). 2000. *Regiones terrestres prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Cámara de Diputados (2014) *Ley General de Asentamientos Humanos*, Reforma 24 de enero, secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, México; 24 p.
- Castañeda, R. (2005) *Las Aguas de Atlixco. Estado, haciendas, fábricas y pueblos, 1880-1920*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, Archivo Histórico del Agua, El Colegio de México, 300 p.
- COESPO (2008) *Zona Metropolitana del Valle de Toluca*, Consejo Estatal de Población, Toluca, México, 8 pp.
- Coloma, G. (2002) *Apuntes de organización industrial (parte I)*, Universidad del Cema, Argentina; 97 p. Disponible en formato PDF consultado el 22 de junio del 2015 en: <http://www.ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/221.pdf>
- Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) (2008) *Plan de Manejo de la Cuenca del Río Lerma en el Valle de Toluca: Informa Final*, en colaboración con CONAGUA, México; 178 p.
- Gobierno del Estado de México (1993), *Atlas Ecológico de la Cuenca Hidrográfica del Río Lerma*, Tomo I. Cartografía, Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma, México, 414 p.
- (2001), *Libro Quinto del Código Administrativo del Estado de Mexico*, disponible en formato PDF y consultado el 23 de julio del 2015: <http://www.edomex.gob.mx/legistelfon/doc/pdf/rgl/vig/rglvig107.pdf>

Gobierno del Ayuntamiento de Toluca (s/a) *Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Toluca 2013-2015*, México; 550 p.

----- (2013) *Plan de Desarrollo Municipal, 2013-2015*, Publicado en la Gaceta Municipal Especial el 22 de marzo, México; 354 p.

Hürlimann, M. (s/a) *Tema 1. Descripción y clasificación de formaciones superficiales*, Archivos del Departamento de Ingeniería el terreno, cartografía y Geofísica de la Universidad Politécnica de Barcelona, España. Consultado el 22 de septiembre del 2015 en:  
[http://www2.etcg.upc.edu/asg/engeol/pdf\\_files/curs11\\_12/TEMA%201.2.pdf](http://www2.etcg.upc.edu/asg/engeol/pdf_files/curs11_12/TEMA%201.2.pdf)

INEGI (1981) *Síntesis geográfica de Zacatecas*, Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México; 222 p.

----- (1990) *XI Censo General de Población y Vivienda*, Consulta interactiva de los datos, México. Consultada el 16 de junio del 2015 en:  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv1990/default.aspx>

----- (2010) *Censo de Población y Vivienda*, Consulta interactiva de los datos, México. Consultada el 17 de junio del 2015 en:  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=27302&s=est>

IUSS Grupo de Trabajo WRB (2007), *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma; 117 p.

Link. L., Felipe (2007) "Reseña de "La Condición Urbana. La ciudad a la hora de la mundialización" de Olivier Mongin", Revista Redalyc-EURE vol. XXXIII, núm. 98, mayo, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile; pp. 138-141.

Universidad de Buenos Aires (2015) Definición de Edafología, Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Argentina. Página consultada el 10 de junio del 2015 en: <http://www.agro.uba.ar/catedras/edafo>

SEDESOL (2010) Guía para la redensificación habitacional en la Ciudad Interior, Publicado por la Secretaria de Desarrollo Social en colaboración con UNAM, ISSSTE, INFONAVIT, Sociedad Hipotecaria Federal, CONOREVI y CONAVI, México; 78 p.

Yarza, E. (2003) “Los volcanes del Sistema Volcánico Transversal”, *Investigaciones Geográficas*, Número 50, Abril, México; pp. 220-234. Consultado el 22 de octubre del 2015 en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56905018>

# Capítulo 3

## **Modelo de evaluación de la capacidad de acogida territorial de los usos urbanísticos potenciales en la ciudad interior de Toluca**

En este capítulo se abordan el tema de los métodos que existen dentro de la Evaluación Multicriterio (EMC) así como los métodos que se utilizaron en la elaboración de los modelos de aptitud; el esquema metodológico que resume los criterios seleccionados y los métodos que se relacionan para la elaboración del proceso multicriterio que arrojan como resultado los modelos de aptitud dependiendo el objetivo al cual se quiere destinar un posible uso de suelo futuro; la descripción de cada factor y sus criterios así como su mapa dentro de una categorización de acuerdo a la capacidad de acogida; las tablas que contienen los datos de posicionamiento junto con las ponderaciones finales y finalmente la interpretación de los modelos de aptitud según objetivo.

### **Métodos y técnicas de la Evaluación Multicriterio**

La integración de las geotecnologías, en concreto con los SIG, en conjunto con las técnicas de la Evaluación Multicriterio (EMC) presenta, como todo, ciertas complicaciones pero que representan una oportunidad para explorar innovadoras formas de abordar y desarrollar un proyecto integrando SIG y EMC.

El objetivo inicial de la evaluación en donde las reglas de decisión son alimentadas con una serie de criterios estructurada a partir de los objetivos propuestos inicialmente por el agente decisor en función de la evaluación que se pretende realizar y las expectativas de planificación o desarrollo de actividades que se hayan planteado al inicio del proceso general de evaluación.

Estos objetivos sirven para indicar cómo va a actuar la regla de decisión, asimismo, los criterios son estructurados en buena medida en función de los objetivos propuestos y cada uno de estos puede ser representado por uno o varios criterios con cuya optimización (maximización o minimización) se lograrían los objetivos. Una vez que la regla de decisión ha sido estructurada, el proceso de aplicación sobre las capas-criterios es llamada evaluación, y será el que producirá finalmente el modelo de decisión. Según Eastman *et. al.* “La regla de decisión incluye procedimientos para llevar a cabo la EMC así como para actuar sobre los resultados de la evaluación”.

Los métodos de evaluación multicriterio son frecuentemente integrados a los SIG enfocados hacia los estudios de emplazamientos óptimos dirigidos a una actividad determinada permitiendo la obtención de mapas continuos de aptitud del suelo al integrar distintos factores que intervienen en la aptitud, es por esto que también existen diversas técnicas multicriterio aplicables a la evaluación de la aptitud del territorio entre las cuales se encuentra la sumatoria lineal ponderada que es sencilla y es utilizada frecuentemente.

Otra técnica de evaluación multicriterio empleada con este propósito es el análisis de punto ideal en el cual se calculan las distancias de cada alternativa respecto a un punto ideal, la mejor alternativa será aquella que tenga la menor distancia a este punto.

Como se hizo referencia en el capítulo 1 existen muchas técnicas de evaluación multicriterio y de ponderación relacionada a los mismos, en este caso se utiliza la técnica correspondiente a los objetivos conflictivos y a las jerarquías desconocidas donde ambas corresponden a la técnica de solución compromiso.

Este método de evaluación tiene un uso frecuente en procesos de ordenamiento territorial donde una serie de objetivos se plantea para ser desarrollados en un área de estudio bajo una serie de métodos matemáticos.



Cuadro 3. 1 Técnicas de EMC

		Técnicas de EMC	Métodos de Ponderación
Compensatorias	Aditivas	Sumatoria Lineal Ponderada	Método de comparación de alternativas
		Análisis de concordancia	Método de comparación de alternativas
		Jerarquías analíticas	Método de las Jerarquías Analíticas (Saaty)
		Sistema de Propiedades Multi-atributo (MATS)	Método de comparación de alternativas
	Punto Ideal	TOPSIS	Método de comparación de alternativas
		AIM	Método de comparación de alternativas
		MDS	Método de comparación de alternativas
Borrosas		Sumatoria Lineal Ponderada Borrosa	Método de las Jerarquías Analíticas (Saaty)
		Sumatoria Lineal Ponderada Ordenada	Ordenación Simple
No compensatorias		Dominancia	Método de comparación de alternativas
		Conjuntivo	Método de comparación de alternativas
		Disjuntivo	Método de comparación de alternativas
		Lexicográfico	Método de comparación de alternativas

Fuente: Gómez y Barredo, 2005.

El cuadro 3.1 sirve para mostrar la extensión de los métodos multicriterio dependiendo cuál es su aproximación, en el caso del estudio se encuentra dentro de las borrosas en la sumatoria Lineal Ponderada Borrosa y el método de ponderación usual es Saaty.

## **Método multicriterio seleccionado para el procesamiento de los datos**

### **Técnica borrosa: Lógica borrosa o difusa**

La lógica borrosa fue expuesta por primera vez por el matemático L. A. Zadeh en 1965 y la definió como una metodología para hacer cálculos con palabras para trasladar las expresiones naturales de conocimiento y sentido común basadas en el lenguaje de un formalismo matemático preciso.

La lógica borrosa surge como contraposición a la lógica binaria de 0 y 1 del tipo lógico booleano con el propósito de tratar problemas, elementos, clases, etc. sin límites bien definidos como ocurre en un contexto realista y sustentándose en una idea de que el mundo no es indivisible y aislado, sino que es un continuo con diferentes propiedades en diferentes localizaciones.

Es una lógica que permite representar matemáticamente la incertidumbre en donde un problema es expuesto respaldado con una serie de datos de entrada para obtener datos adecuados con la finalidad de ser mapeados atendiendo a criterios de significado y no de precisión.

La lógica difusa puede ser utilizada como una técnica de análisis de superposición para resolver aplicaciones de superposición tradicional como la selección de sitios y los modelos de adecuación. La premisa básica de esto es que existen imprecisiones en la naturaleza de los datos y este método proporciona una técnica para solucionar los problemas en la definición de las clases y la medición del fenómeno.

Para efectuar la construcción de un modelo de sistemas borrosos debe pasar por las siguientes fases según lo expuesto por Openshaw y Openshaw, 1997:

1. Es necesario especificar la naturaleza del sistema a modelizar expresado en términos lingüísticos lo que le da un carácter de fase crítica, esto requiere conocimiento del problema y del investigador sobre el tema ya que se necesitan estas características para expresar en palabras un modelo que normalmente es obtenido en términos matemáticos.

2. Se debe identificar y etiquetar las funciones de pertenencia para cada variable de entrada del modelo, lo que significa convertir los términos lingüísticos que definieron las distintas variables en conjuntos borrosos que se encuentran entre 0 y 1 con propiedades de normalidad y convexidad.

Los modelos más utilizados para definir la pertenencia de un determinado elemento a un conjunto borroso son a) el modelo de importación semántica; b) el modelo de relación de similitud o c) el modelo experimental. El primero es uno de los más extendidos y flexibles que se basa en establecer puntos críticos para definir la función de pertenencia y la transición entre 0 y 1. En el segundo caso, se basa en la experimentación mediante algún método de obtención de información primaria; y en el tercero las estrategias más utilizadas porque se auxilia de las redes neuronales o los promedios K o los aglomerados (clusters).

### Sumatoria Lineal Ponderada Borrosa

La implementación de este método en un entorno SIG se debe establecer los términos lingüísticos para cada factor implicado en la EMC y determinar la función de pertenencia de los mismos ya normalizados entre 0 y 1. En función del valor alcanzado en cada observación para cada variable que dará como resultado una cantidad de componentes individuales como puntos críticos tenga el número difuso que la representa.

El siguiente paso es agregar todos los factores para cada uno de los componentes difusos en cada uno de los primeros. Todas las alternativas resultantes se muestran como números borrosos que posteriormente debe ser convertido a números “rígidos” para conseguir ordenarlas según el nivel de adecuación “rígido” alcanzado.

La resolución de un problema de EMC en un entorno SIG a partir de este método puede complicarse notablemente si se parte de un problema que involucra un número elevado de criterios debido a la gran cantidad de imágenes que son necesarias para realizar el proceso, identificar las funciones de pertenencia para cada uno de los factores al igual que a los pesos asignados (ponderaciones) a los mismos conservando la jerarquía establecida.

## Funciones Booleanas

El álgebra de Boole permite expresar cálculos en el sistema binario como la adopción de decisiones a través de la combinación de proposiciones. Las cantidades y/o cualidades se expresan por conjuntos de ceros y unos en donde cada dígito responde a una variable, en una función booleana las variables establecen una dependencia entre una variable de salida y un conjunto de variables de entrada.

Las funciones booleanas pueden representarse de diferentes formas desde los requisitos que definen a la función hasta su forma algebraica como operaciones entre variables retomando su tabla funcional o de verdad que detalla el valor de la función para cada conjunto de valores de las entradas.

En las funciones lógicas dentro del álgebra de Boole de dos elementos son expresiones de operaciones booleanas enlazando variables que solamente pueden adquirir valores 0 y 1 con aplicaciones a cada conjunto de valores booleanos al asignarle un y sólo un valor booleano.

En una función  $f$  se designa con el nombre de variables de entrada  $x_i$  al conjunto de sus variables propias y se denomina variable de salida “ $y$ ” a la variable dependiente o resultado de la propia función  $y = f(x_i)$ . De acuerdo con las definiciones anteriores, las funciones lógicas pueden representarse en dos formas diferentes:

- por su expresión algebraica o fórmula booleana, como expresión de las operaciones que ligan a sus variables;
- por su tabla operativa o tabla de verdad, expresando en forma de tabla la correspondencia entre la variable de salida y cada combinación posible de valores de sus variables de entrada.

El proceso de síntesis de una función parte del enunciado o especificaciones de la misma, para configurar la «tabla de verdad» de la función y obtener, a través de ella, su expresión algebraica; una vez simplificada, dicha expresión puede ser directamente trasladada a un esquema de puertas lógicas AND, OR, NOT, NOR o XOR (Pollán, 2007).

enunciado → tabla funcional → expresión algebraica → esquema de puertas lógicas

Otras técnicas utilizadas en el Análisis Multicriterio destaca en numerosos trabajos el Método de las Jerarquías Analíticas de Saaty que sirve para establecer una matriz con el fin de ponderar mediante comparaciones entre los factores y su importancia; y en segundo lugar se expone una breve descripción del método de Asignación de suelo multiobjetivo o MOLA por sus siglas en inglés que es en sí un módulo dentro del software IDRISI.

### Método de las Jerarquías Analíticas

El método de comparación por pares de Saaty parte de establecer una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de factores a ponderar estableciendo así una matriz de comparación entre pares de factores y su importancia de uno sobre cada uno de los demás determinando el eigenvector principal lo que establece los pesos o una medida cuantitativa de la consistencia de los juicios de valor.

El procedimiento se inicia a partir de una matriz de comparación por pares, en este caso pares de factores (Gómez y Barredo, 2005):

Factores	A	B	C	D
A				
B				
C		$a_{cb}$		
D				

En esta matriz se asigna en cada celda un juicio de valor al hacer un cruzamiento entre la fila y la columna principal, así se asignan los juicios de valor a todas las celdas de la matriz sin considerar la diagonal donde el 1 denota la igualdad en la comparación de cada factor contra sí mismo. Este procedimiento al igual que los demás considerados al momento de

hacer los cruces los resultados se presentan de manera recíproca (los valores asignados a ambos lados de la diagonal son inversos).

La escala de medida para asignar los juicios de valor es una de tipo continuo de razones que va desde el valor mínimo de 1/9 hasta 9 como lo ilustra la figura 1.4.

Figura 3. 1 Escala de comparación por pares de Saaty

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Extremadamente		Fuertemente		Moderadamente		Ligeramente		Igual	Ligeramente		Moderadamente		Fuertemente		Extremadamente		
<u>MENOS IMPORTANTE</u>								↔		<u>MÁS IMPORTANTE</u>							

Fuente: Aceves, López y Martin, 2006

Con base a esta escala se califica a cada par de factores un juicio de importancia relativa seguida de una serie de cálculos de pesos que describen, según Saaty, en “términos aritméticos precisos” como deberían relacionarse con los juicios.

Una vez establecidos los juicios de valor en la matriz de comparación por pares se procede al cálculo del eigenvector principal de la matriz (orden de prioridad de los factores ubicados en las filas), mientras que el eigenvector máximo de la matriz es una medida de la consistencia de los juicios:

Factores	A	B	C	D	eigenvector principal
A					$e_a$
B					$e_b$
C					$e_c$
D					$e_d$

El eigenvector principal es posteriormente normalizado para obtener el vector de prioridades que será útil para establecer una relación entre los juicios iniciales y los valores del eigenvector principal obtenido.

El procedimiento para obtener este último consiste en primer lugar obtener los valores de la matriz de comparación normalizados por columnas mediante el cociente de cada calor ( $a_{ij}$ ) y el valor de la sumatoria de cada columna, posteriormente se suman las filas para el cálculo del eigenvector principal normalizado al dividirse cada valor entre el número de factores que representarán los pesos de cada factor ( $w_j$ ).

Factores	A    B    C    D	eigenvector principal	Eigenvector norm.      pal.
A		$\Sigma A$	$\Sigma A / n$
B		$\Sigma B$	$\Sigma B / n$
C		$\Sigma C$	$\Sigma C / n$
D		$\Sigma D$	$\Sigma D / n$

El paso siguiente al cálculo del eigenvector principal es una diferencia que tiene con otros métodos de ponderación al concentrar en un dato la consistencia en la asignación de los juicios de valor que limita en lo posible la incertidumbre inevitables en cualquier proceso de decisión humano y permite el cálculo del eigenvector máximo para establecer una medida operativa de la consistencia en la asignación de los juicios de valor que aún puede ser considerados aun si no es consistente.

El valor que ofrece este procedimiento para el cálculo de la consistencia es la razón de consistencia que se establece a partir del cociente entre el valor del índice de consistencia y el índice aleatorio concretándose así que valores del primero mayores o iguales a 0.10 precisan de ser revisados en sus juicios de valor ya que no son lo suficientemente consistentes para establecer los pesos en el caso de valores inferiores los juicios de valor son satisfactorios para el mismo propósito.

## Descripción de la metodología junto con el modelo de capacidad de acogida territorial

La aplicación del paradigma decisional multicriterio en el campo de la evaluación prospectiva como vía metodológica al tratamiento de la problemática del Ordenamiento Territorial de las actividades económicas junto con la localización de sitios óptimos o prioritarios, para esto se postulan cinco conceptos que adquieren un rol protagónico en todo EMC: **aptitud, impacto, restricción, alternativa(s) y decisión** en donde el primero representa la vocación potencial del territorio de acuerdo a los requerimientos impuestos por la actividad evaluada. El segundo hace referencia a los efectos ya sean estos positivos o negativos de una determinada actuación sobre el medio; el tercero individualiza los factores que son incompatibles mientras que los últimos dos se involucran con el resultado final de elección frente a una serie de posibilidades distintas (Moreno, Buzai y Fuenzalida, 2012).

En el proceso de toma de decisiones multicriterio se hace referencia a la existencia de al menos dos alternativas o posibles decisiones a manera de factores que intervienen en dicho proceso. Uno de los criterios más usados para puntualizar que es lo mejor o que es lo más factible de realizar para influir de manera positiva y significativa (Jiménez y Vélez, s/a).

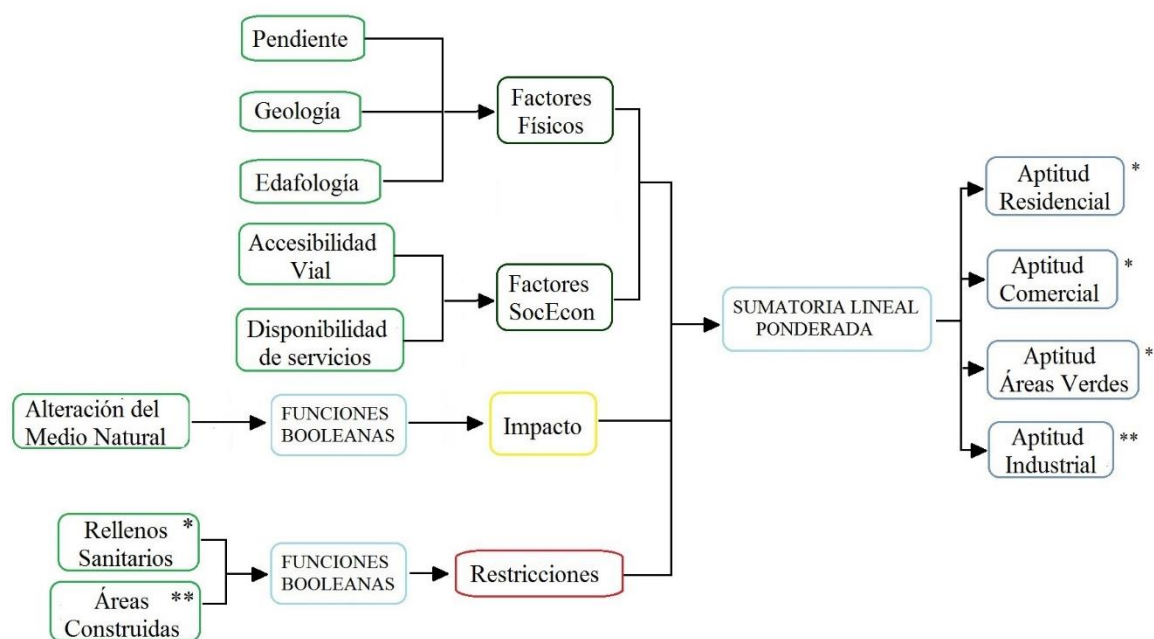
En el caso de este trabajo se incluyen los primeros tres conceptos para la elaboración de la EMC en donde se incluyen diferentes factores que ayudan a la obtención de modelos finales en que consideran una serie de criterios decisionales para discriminar áreas óptimas de otras áreas que tienen un grado de aptitud inferior o restringiendo regiones enteras que presentan limitaciones físicas y/o normativas.

En el siguiente esquema se resumen los factores y los métodos que se utilizarán para realizar los diferentes modelos de aptitud dependiendo el objetivo y los criterios que son, finalmente, los datos representativos de la realidad en el área urbana de Toluca y su importancia estará determinada por ponderadores que son vitales para la obtención de los resultados finales.



## Esquema metodológico

El esquema metodológico propuesto para esta investigación se encuentra resumido en la siguiente figura:



Los recuadros verdes claros pertenecen a los diferentes criterios a utilizar en el modelo multicriterio, se encuentran divididos en factores físicos y socioeconómicos dentro de recuadros verdes más oscuros; en segundo lugar los factores de alteración se someterán a un proceso analítico (dentro del recuadro azul) para obtener la capa de impactos que concentran los riesgos físicos en el territorio urbano que serán tratadas de manera similar que las restricciones al utilizar funciones lógicas o booleanas, en tercer lugar los factores normativos se centran en las limitantes de la localización de los rellenos sanitarios y de las áreas construidas o núcleo urbano del asentamiento humano, estos últimos se encuentran diferenciadas porque en el caso de los primeros solo se aplican a la aptitud residencial, comercial y de las áreas verdes mientras que en el caso de la segunda sólo se aplica a la aptitud industrial.

Para terminar se utilizará un último método de sumatoria lineal ponderada según los criterios para introducirlos al sistema junto con las áreas donde se ubican las vacantes

urbanas con la finalidad de determinar según el objetivo cuales son las vacantes óptimas según cumplan las condicionantes.

Los métodos y factores o criterios antes señalados tienen el propósito de ser la base para la obtención de cuatro modelos de aptitud dependiendo el objetivo al cual se desea implementar los primeros. La manera en que se diferenciarán cada uno de los criterios dependerá de la ponderación que el método de sumatoria lineal ponderada contenga y que ésta se sustentará en matrices de expertos y decisión según el agente.

### ***Factores, impactos y restricciones de localización***

Los factores o criterios a utilizar en el presente estudio se clasifican según lo expuesto en el capítulo 1 referente a la capacidad de acogida del territorio en donde se plantea que este modelo mide la comparación que tan aptos son los elementos del medio, para hacer esto existe una clasificación de los factores entre la aptitud, el impacto y las restricciones.

En primer lugar los factores físicos tienen su importancia debido a que se refiere a los rasgos esenciales y significativos de los hechos geográficos presentes en el territorio y que, en mayor o menor medida, condicionan la aptitud del objetivo que se desea implementar.

### **Aptitud Física**

Siguiendo esta lógica se han clasificado a los factores en estas tres categorías; en el caso de la aptitud se han considerado los siguientes:

- **Pendiente:** La pendiente se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas de relieve, constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno. La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE, s/a) clasifica la pendiente en cinco grupos diferentes: de 0 a 5% correspondiente a las pendientes leves; de 5 a 15% para las pendientes moderadas; de 15 a 25% para pendientes fuertes, de 25 a 40% pendientes muy

fuertes y las mayores de 40% son extremadamente fuertes (Pérez, Santana y De la Vega, 1987).

En el caso de los usos de suelo destinados a desarrollos residenciales las pendientes para construcciones unifamiliares deben encontrarse entre los rangos de 0 a 25 por ciento de pendiente que de acuerdo con la Dirección General de Desarrollo Urbano y Vivienda del Estado de México (DGDUV) las pendientes mayores a 25 presentan una restricción total para el desarrollo urbano, mientras que para construcciones plurifamiliares se deben encontrar entre el 0 y 15 por ciento de pendiente.

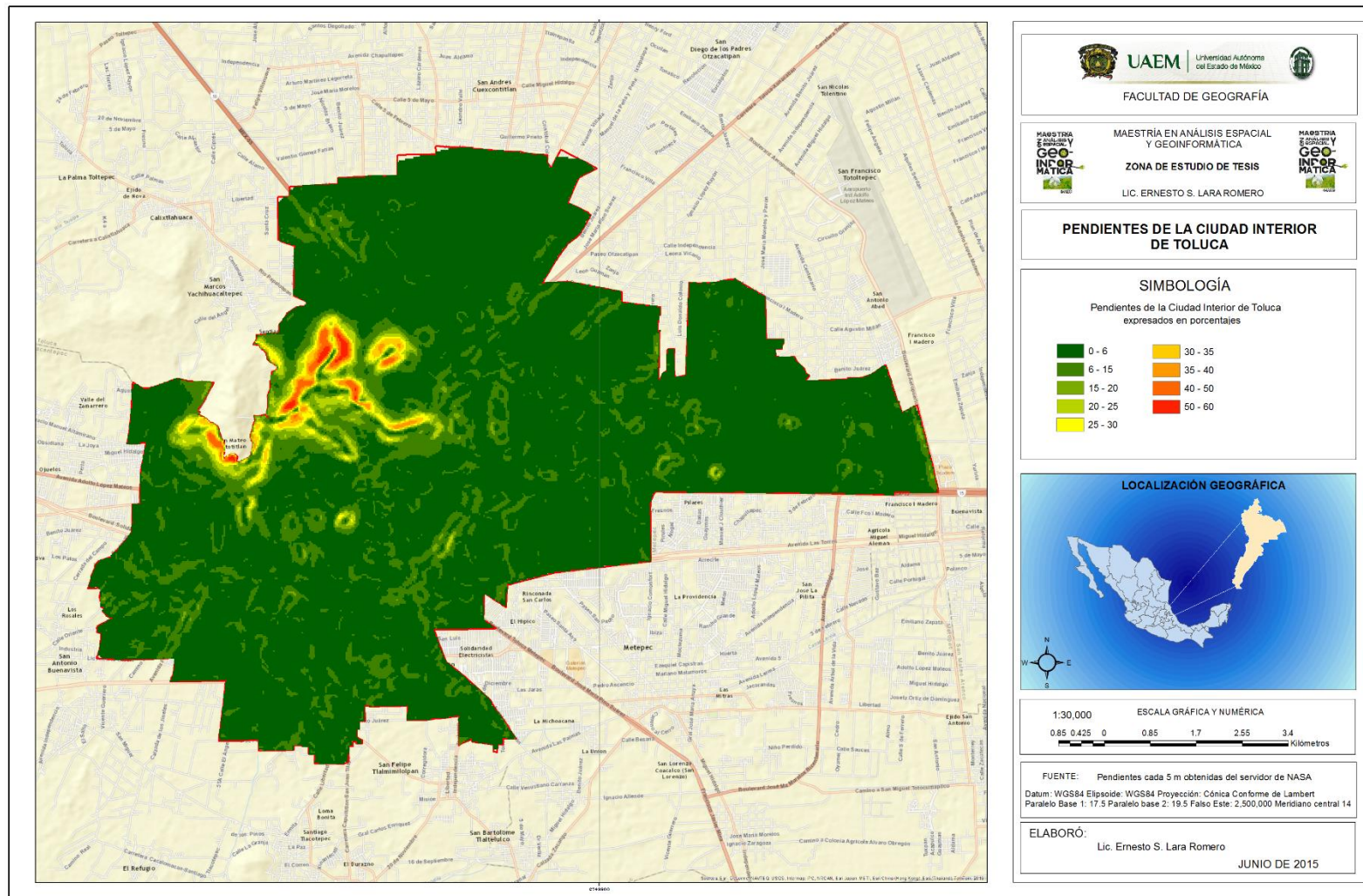
Para el caso de los establecimientos destinados a las actividades comerciales y de abasto, la pendiente óptima se encuentra entre el 0 y el 6 por ciento mientras que para comercio de productos básicos las pendientes pueden ir desde el 0 hasta el 25 por ciento.

En las actividades industriales las pendientes óptimas se encuentran entre el 0 y el 6 por ciento, pero en el caso de la industria ligera puede tener pendientes hasta del 25 por ciento.

Para las áreas verdes en el caso de los parques y jardines todas las pendientes son aptas, para las zonas deportivas las pendientes deben ser hasta el 15 por ciento.

Los riesgos derivados de la pendiente y su aptitud para la zona urbana consolidada, exige la existencia de ciertas restricciones en la aptitud de los desarrollos urbanos en pendientes mayores a 25% al tener de altas a muy altas probabilidades de presentar erosión, estas pendientes son propias de cerros que rondan entre el 15 y el 25% con coberturas vegetales o usos de suelo de pastizales o bosque abierto (Alvarado, Colmenero y Valderrábano, 2007).

Figura 3. 2 Capa de pendientes en porcentajes



- **Litología:** Se refiere a los materiales, estructura y procesos que actúan en el interior y en la superficie terrestre como la erosión, transporte y la sedimentación. Resulta de interés el estudio de las rocas entendidas como agregados minerales u otras sustancias sólidas formadas de forma natural en este caso de la litología o geología superficial.

También ofrece información no sólo de las unidades litológicas sino que también brinda conocimiento del terreno y permite definir las áreas que de una u otra forma representan algún riesgo para los asentamientos humanos como consecuencia de la naturaleza mineralógica, el tamaño de las partículas, la dureza o porosidad del material y la edad ya que cada periodo orogénico tiene un origen distinto de las rocas (Tarbuck y Lutgens, 2005).

En el caso de las vacantes urbanas se plantean una serie de tipos de roca que se encuentran en el sitio pero que presentan diferentes grados de aptitud para el establecimiento de asentamientos humanos. En el área de estudio se ha establecido que las areniscas son el tipo de roca óptima para este propósito seguidas por los basaltos que puede ser una opción viable para el mismo fin, sin embargo a pesar que esta roca es la mejor para este propósito el núcleo urbano de Toluca no presenta ningún espacio con este tipo de roca.

En contraste con lo anterior, se encuentra otros dos tipos de roca dominantes que presentan problemas para el propósito final. En primer lugar los suelos aluviales y los suelos andesíticos que tiene una capacidad condicionada para albergar asentamientos humanos o cualquier otro tipo de construcción debido a que el primero tiene un origen en depósitos de material transportado y poco diferenciado mientras que los andesíticos poseen una baja densidad aparente debido a su origen de cenizas volcánicas y de color gris; y finalmente la brecha volcánica el cual tiene muy pocas posibilidades de ser urbanizado la roca son fragmentos de material piroclástico con perfil aerodinámico que se solidificaron en el aire formando cristales y fragmentos vítreos (Tarbuck y Lutgens, 2005), Figura 3.3.

- **Edafología:** La Edafología (del griego edafos, "suelo", logía, "estudio", "tratado") es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea. Dentro de la edafología aparecen varias ramas teóricas y aplicadas que se relacionan en especial con la física, la química y la bioquímica (Universidad de Buenos Aires, s/a).

**Análisis de aptitud:** Selección de alternativas de uso del territorio incluyendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el mantenimiento de los bienes y los servicios ambientales, la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad a partir de una serie de atributos propios del área de estudio (Ayuntamiento de Benito Juárez, s/a).

**Aptitud Urbana del Suelo:** Se refiere al nivel de adecuación de una porción de suelo destinado hacia alguna actividad económica o hacia el establecimiento de asentamientos humanos considerando las características naturales del terreno (Ayuntamiento de Benito Juárez, s/a).

**Actividades de desarrollo urbano:** Comprenden la planeación, regulación, construcción y operación de los centros poblacionales incluyendo la edificación concentrada de la vivienda, comercio, establecimiento de la infraestructura y equipamiento en los núcleos consolidados (Ayuntamiento de Benito Juárez, s/a).

En la figura 3.4 se expone el mapa edafológico de la ciudad interior de Toluca en donde se observa que el Feozem Háptico es el que mayor superficie ocupa en el área y sólo existe una muy pequeña porción en el norte correspondiente al Planosol Éutrico además de la localización de algunos cuerpos de agua (Figura 3.4).

En segundo lugar se abordan los factores de ámbitos socioeconómicos que son los referentes a los rasgos de transformación humana del medio que responden a las actividades humanas que se desempeñan al interior de la ciudad y que al igual que las anteriores determinan la aptitud en términos de funcionalidad.

## Aptitud Socioeconómica

- Accesibilidad vial: La existencia de redes de comunicación vial obedece a una necesidad de movilidad y de intercambio debido a la heterogeneidad del territorio que pueden facilitar en mayor o menor medida un lugar que puede ser alcanzado por los individuos susceptibles de desplazarse por esta red de vialidades al interior o entre este y la periferia u otras zonas urbanas.

Para el cálculo de la accesibilidad vial se implementó el coeficiente de Engels el cual permite obtener la eficiencia vial a través de la relación de la longitud de las vías considerando a su vez la superficie del área estudiada y la población que alberga. La ecuación para cuantificar esto es:

$$I_E = km (100) / \sqrt{(S*P)}$$

Donde:

Km = longitud de la vialidad

S = superficie total del área en km<sup>2</sup>

P = número total de habitantes

Este estadístico sirve para comprobar la facilidad de circulación de personas e intercambio de bienes y servicios en donde los valores son altos es mayor su eficiencia vial y viceversa (Martínez, 2012).

Figura 3. 3 Capa de la Geología del área de estudio

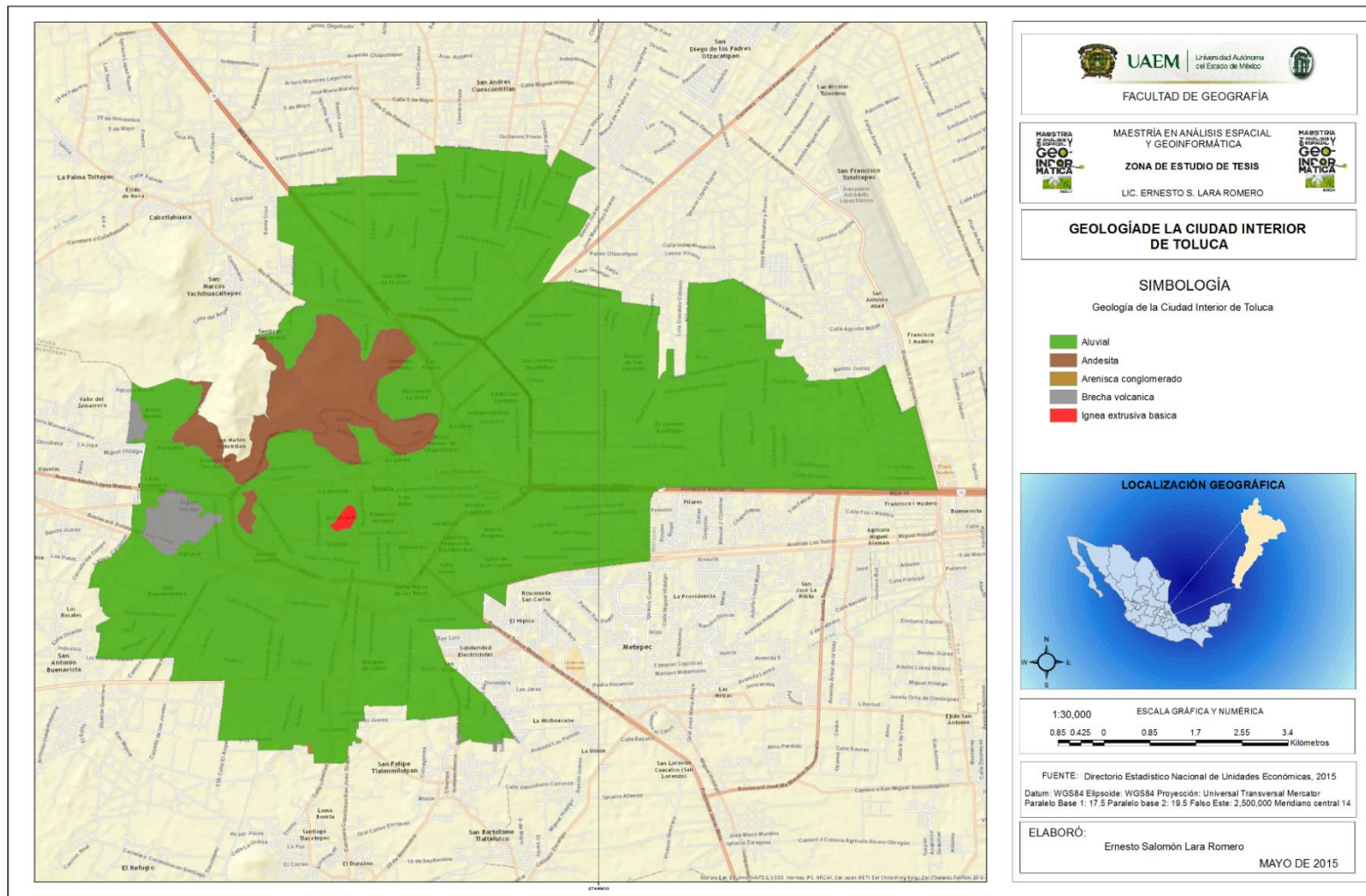
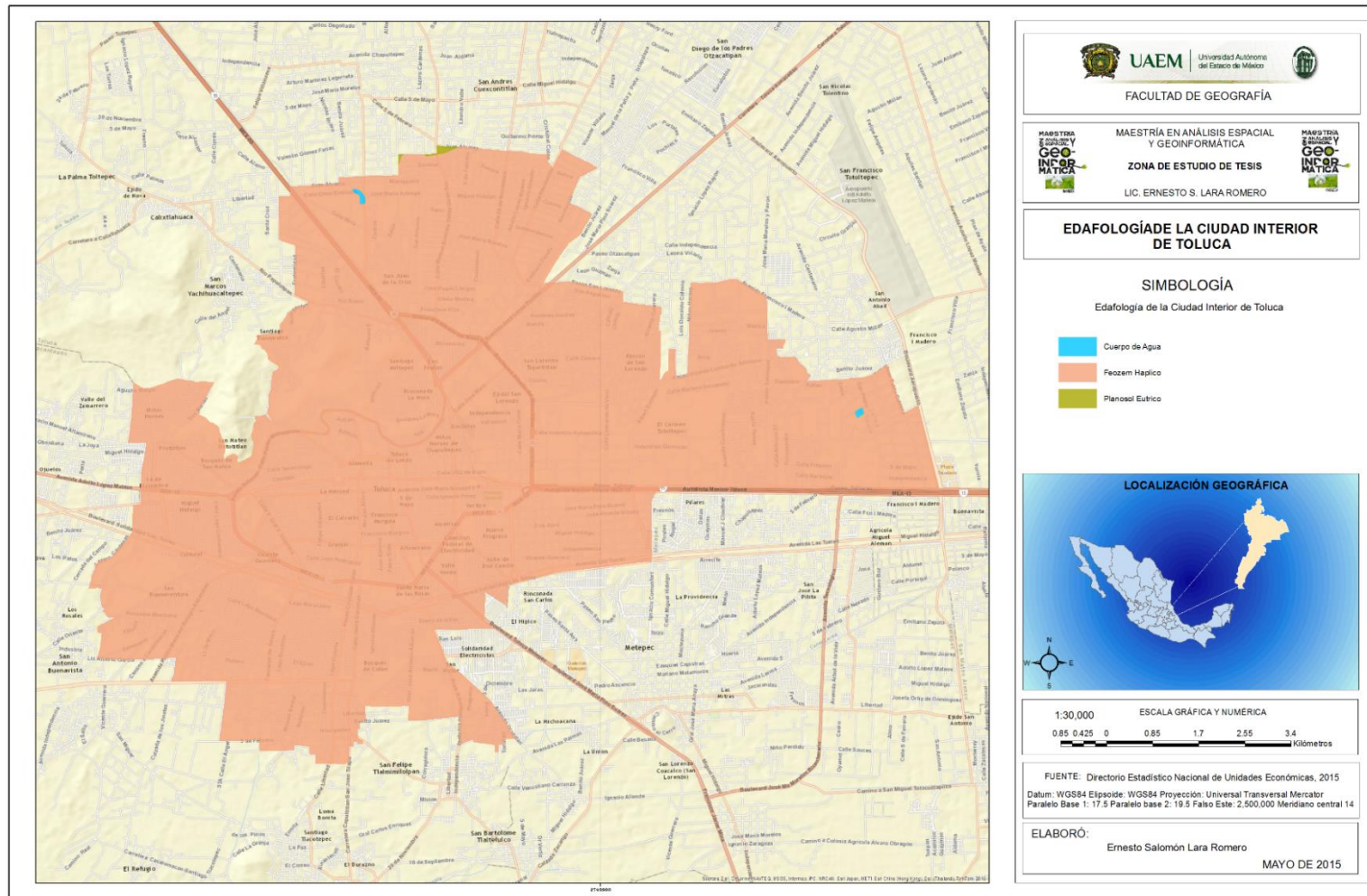




Figura 3. 4 Edafológica de la ciudad interior de Toluca



Las intensidades mostradas en el mapa contenidas en la figura 3.5, arroja que las vialidades principales como Paseo Tollocan y Paseo de los Matlazincas son las dos principales arterias que transportan a una gran mayoría de residentes de la ciudad interior, sin embargo esto no excluye a otras vialidades principales como la porción sur del mismo Paseo Tollocan, Avenida Isidro Fabela, Avenida Pino Suárez en su conexión con el municipio de Metepec, Avenida Adolfo López Mateos en el occidente al conectar el centro de la ciudad con el municipio de Zinacantepec y otras arterias urbanas.

Para obtener valores continuos en el software IDRISI se procede a realizar desde la capa vectorial ya tratada con el coeficiente de Engels una nueva capa en formato raster con valores continuos ya que no se pueden tener espacios con valores predeterminados o con 0, es entonces que se debe realizar un modelo digital de elevación para introducir valores en estos espacios mediante una interpolación, esto resulta ser muy útil porque cada validad tiene una jerarquía dependiendo la cantidad de habitantes que circula por las mismas es por eso que presentan valores altos y bajos en espacios muy cercanos; es por esto que se procede a realizar la interpolación para normalizar los valores y que no presenten este comportamiento irregular.

- Disponibilidad de servicios: En este apartado se abordan los servicios tradicionales necesarios en la vivienda: energía eléctrica, agua potable y drenaje; ya que la falta de éstos afecta de forma sensible a la población demandante.

Carecer de la energía eléctrica limita las posibilidades de desarrollo de las familias ya que éstas precisan de la energía para realizar las tareas del hogar o las tareas escolares, mientras que en el caso del agua potable y los servicios sanitarios adecuados afectan seriamente la salud, especialmente de la población más vulnerable.

No es suficiente que exista el suministro continuo de estos servicios en las partes en mejores condiciones socioeconómicas sino que también es necesario considerar a los espacios menos favorecidos para que esta población pueda mejorar, en alguna medida, su situación, pero si el acceso a estas áreas es difícil se debe plantear una estrategia de desarrollo local al introducir tecnologías verdes u otras soluciones viables de bajo costo.

Se debe tener en consideración que no se trata de dar una cobertura completa al total de la población sino que el propósito y la meta de este esfuerzo es dotarla de servicios de calidad y que sean de fácil acceso lo que plantea una inversión considerable al igual que generan costos ambientales lo que se traduce en una limitante importante y lo torna poco viable es por esto que el uso ordenado, eficaz y eficiente de los recursos es de vital importancia para que esta labor sea exitosa.

Para mostrar el mapa de disponibilidad de servicios en el área de la ciudad interior de Toluca se optó por la escala a Secciones Electorales esto se debe a que a escala de manzana la información no refleja del todo la situación presente en el área de estudio debido a faltantes en la base de datos o porque exhibían áreas con valores de 0 con un cubrimiento casi total del polígono urbano.

Es por esto que con ayuda de la información contenida en las secciones electorales se logró que esta falta de información así como su sesgo hacia valores de 0 no presenta limitantes en algún sentido en el conjunto de los datos necesarios para realizar la EMC.

Una vez aclarado esto se necesitó de realizar una normalización de los datos para una interpretación más precisa del mapa final, para esto se requirió de dividir las viviendas habitadas con servicios entre el total de viviendas particulares habitadas.

Figura 3. 5 Eficiencia Vial de la ciudad interior de Toluca

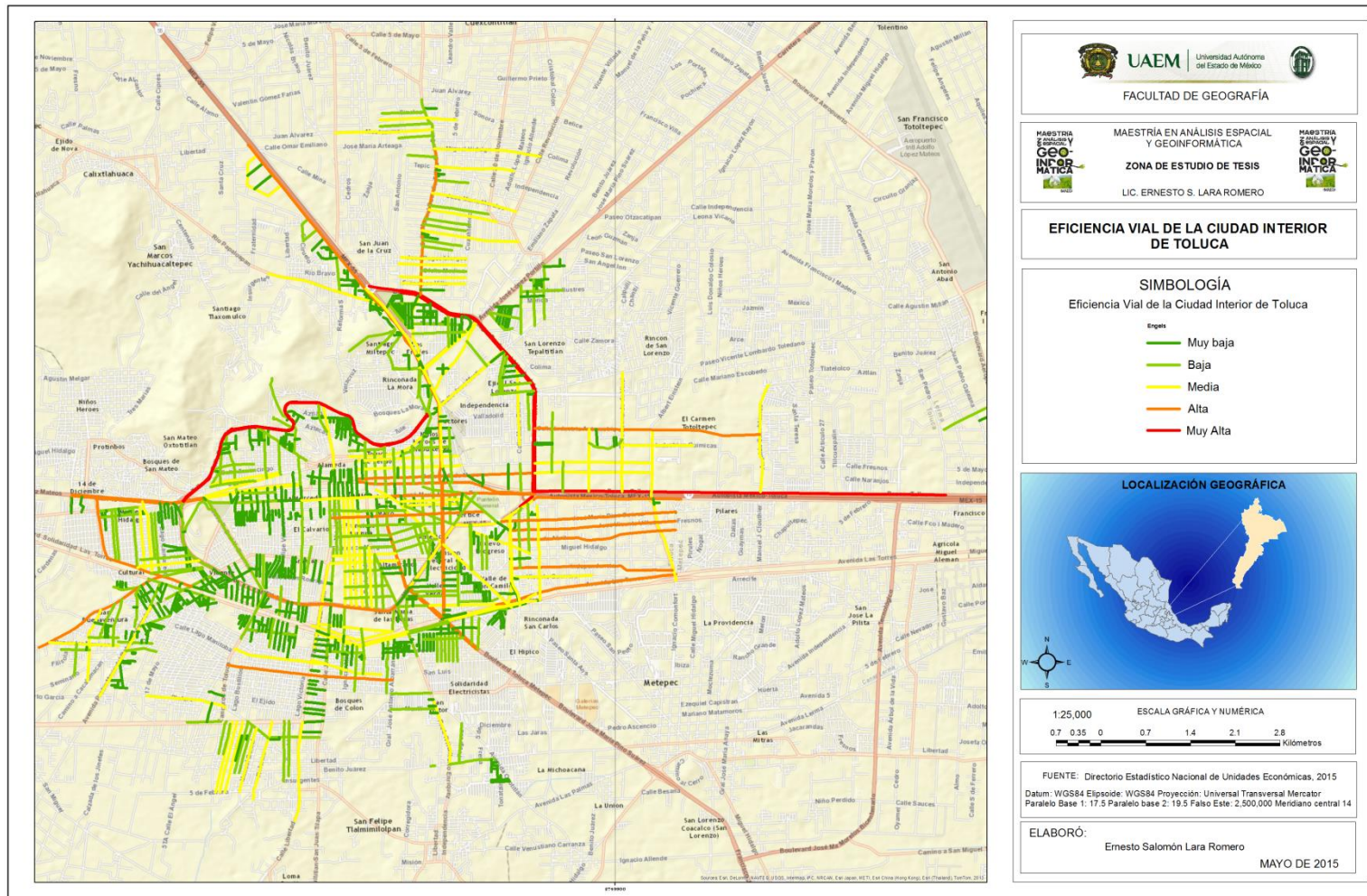
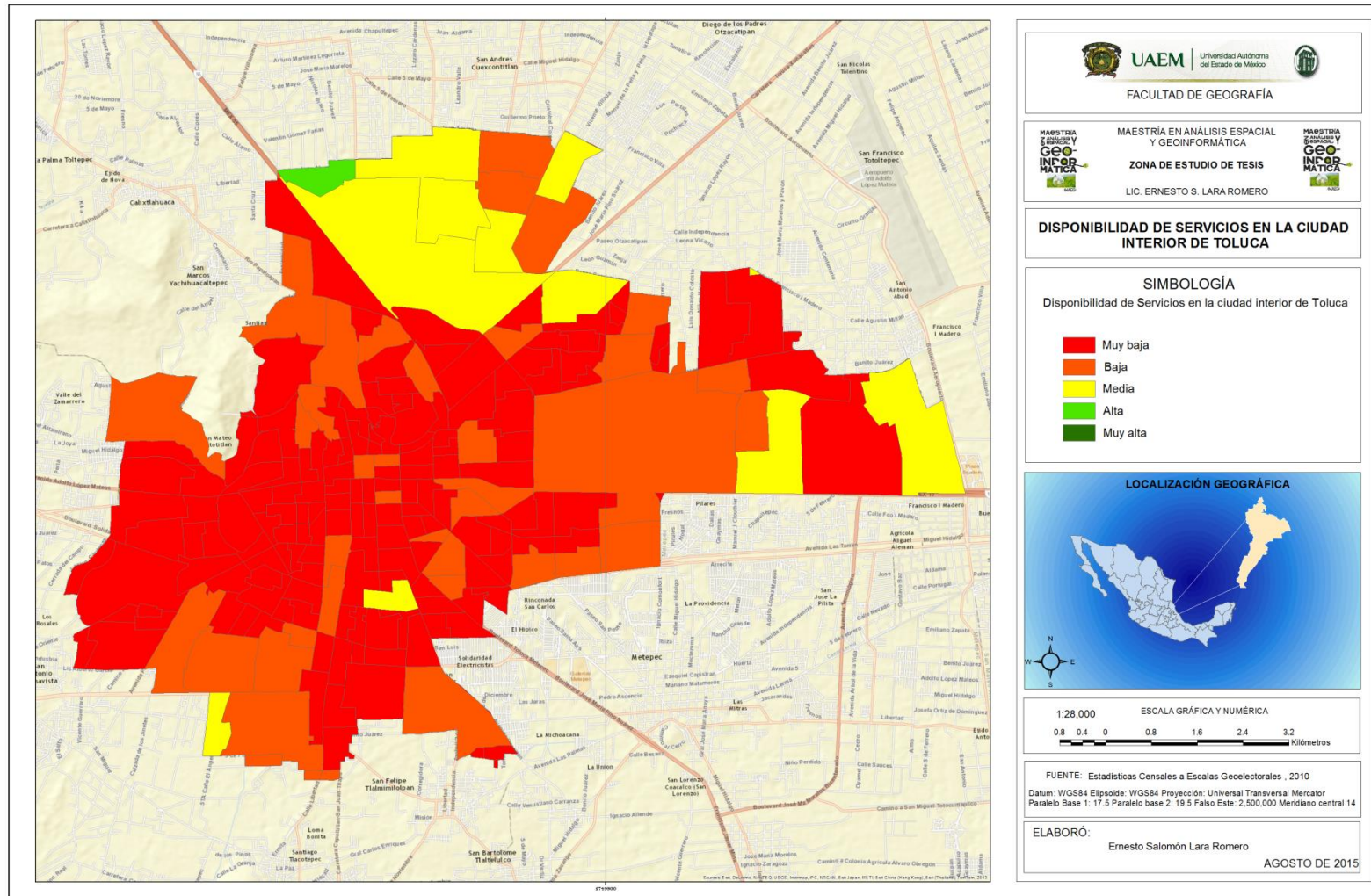


Figura 3. 6 Viviendas con disponibilidad de servicios en la ciudad interior de Toluca por secciones electorales, 2010



En el mapa de disponibilidad de servicios se muestra una baja muy baja disponibilidad de servicios en el centro de la cabecera municipal con excepción a pocos lotes cercanos al Parque Bicentenario que es la única área con una disponibilidad media de servicios cercana al centro.

Existe al sur un área correspondiente a San Miguel Zacango que arroja valores intermedios de disponibilidad de servicios, pero la mayor cobertura territorial con mejores niveles de disponibilidad es hacia el norte del polígono urbano.

En el caso del oriente donde está el parque industrial del corredor Toluca-Lerma existen contrastes entre unos predios y otros al encontrarse que la zona tiene niveles intermedios de disponibilidad pero en su porción central y norte los niveles de disponibilidad caen a niveles muy bajos todo esto dentro del pueblo de Santa María Totoltepec.

### Impactos Físicos

En el caso de los factores de impacto que se refieren a los efectos negativos por una actuación sobre el medio y que en el caso del estudio se centrarán en el siguiente factor (Figura 3.7):

- **Alteración Medio Natural:** En este apartado se abordan las áreas susceptibles a inundaciones en época de lluvias considerando también la problemática que involucran las granizadas lo que ocasiona problemas viales en zonas como Avenida Solidaridad las Torres, Paseo Tollocan al sur del área de estudio aunado al desbordamiento del Río Verdiguél lo que no solo significa un impacto al libre tránsito de la ciudad de Toluca sino que también a un problema ambiental, económico y de salud pública al mezclarse el agua potable con aguas negras en el caso de algunas casas habitación con cisternas y los daños patrimoniales.

## Restricciones Normativas

Para las restricciones, que son los factores incompatibles a la incorporación de cualquier acción sobre el medio ya sea por cuestiones físicas o normativas, este estudio considera los siguientes factores (Figura 3.8):

- **Rellenos Sanitarios:** De acuerdo al Diario Oficial de la Federación este factor es importante por las propiedades del terreno en el cual existen o pudieron existir residuos sólidos y es por esto que deben tratarse de forma adecuada con el fin de limitar el impacto ambiental, sin embargo pueden presentarse riesgos en el caso de que se mezclen con líquidos que producen lixiviados que pueden contaminar los mantos freáticos o la producción de gases nocivos que pueden causar incendios o explosiones por estas razones cualquier asentamiento humano debe estar a más de 500 metros de estas áreas (Gobierno Federal, 2004).
- **Áreas construidas:** Esta restricción se limita solo al caso de los desarrollos industriales debido a que son áreas que presentan riesgos debido a posibles sustancias o gases que pueden emanar de éstas y que afecten a los asentamientos humanos cercanos mediante derrames o explosiones, es por esto que estos desarrollos deben tener un rango de seguridad de mínimo de 5 kilómetros a la redonda (Secretaría de Gobernación, 2008).

Figura 3. 7 Impactos físicos en la ciudad interior de Toluca

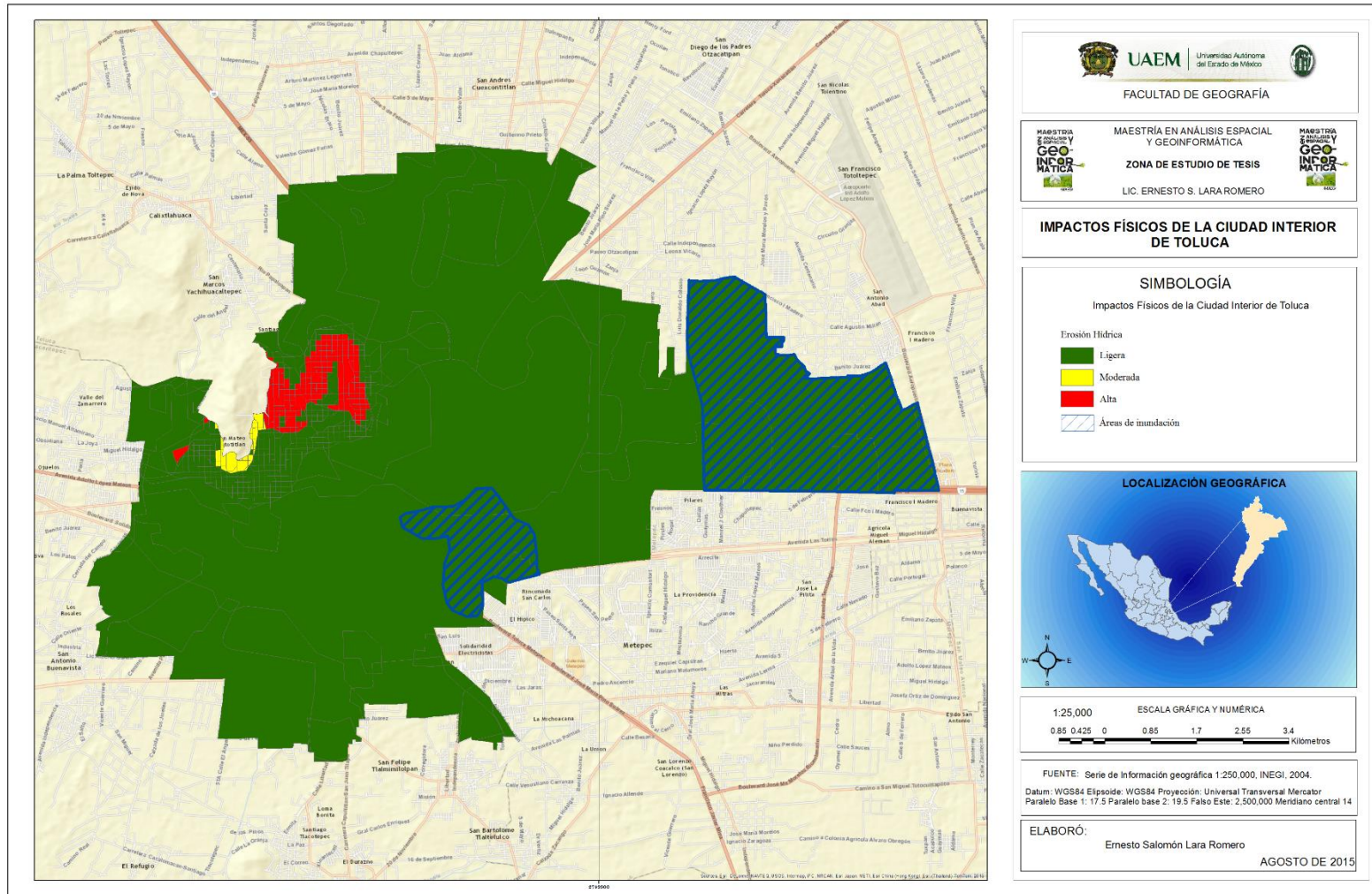
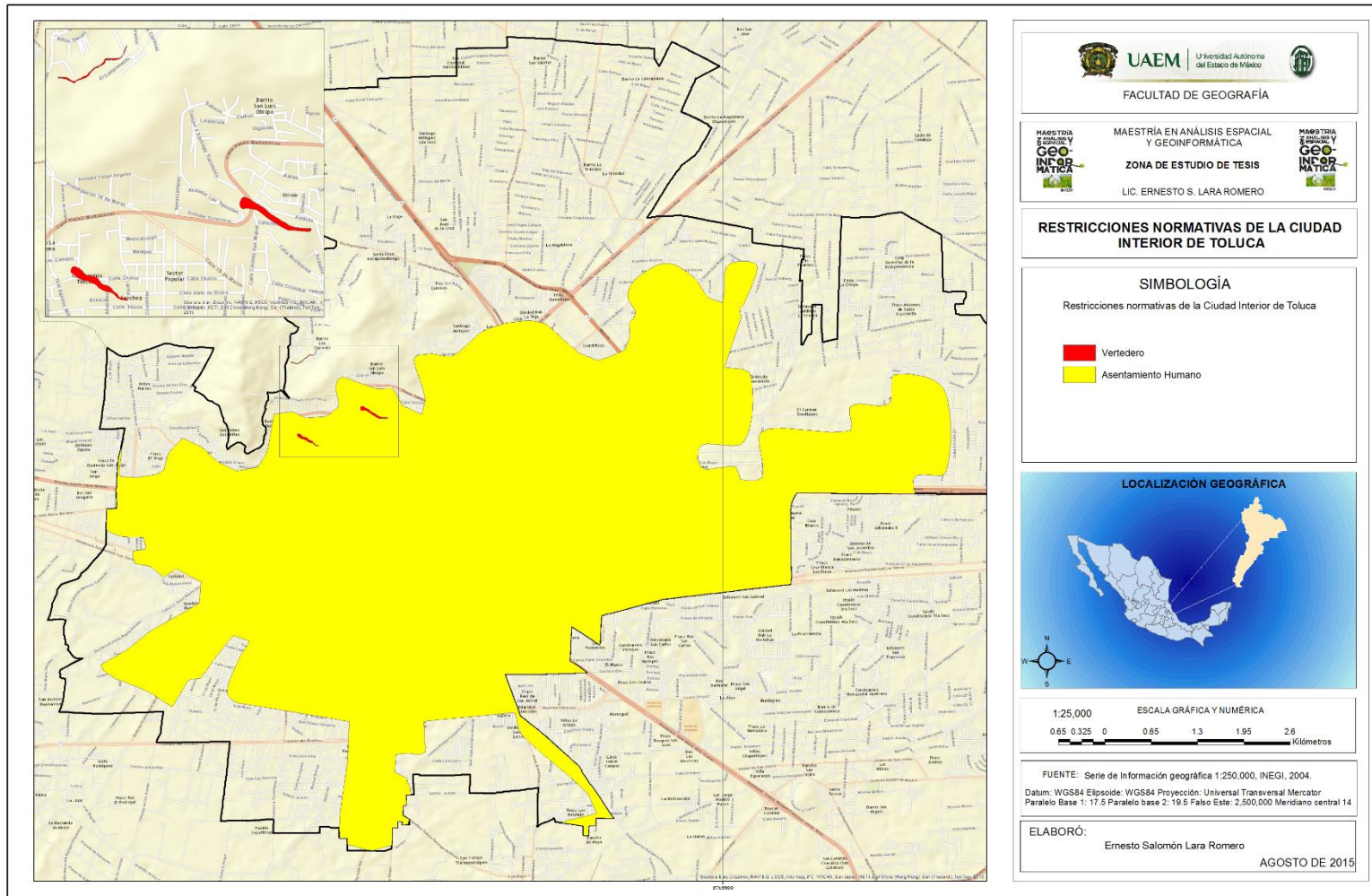




Figura 3. 8 Restricciones normativas en la ciudad interior de Toluca



## Procesamiento de los datos

Para determinar la importancia de los factores se utilizaron las fórmulas propuestas por los métodos de ponderación de los no pares que confía en la habilidad del modelador para definir los valores de posicionamiento de las capas para ser combinadas.

Dentro de los métodos de ponderación uno de éstos se centra en el posicionamiento o ranking para obtener criterios relativos de ponderaciones/importancia antes de aplicar un método de agregación compensatoria (Belton y Stewart 2002; Malczewski 1999; Nyerges and Jankowski 2010):

Ranking: Posición/orden de los criterios, después convierte las posiciones a ponderaciones usando:

1. Suma de posición: Cada valor de la posición dividido por la suma de todos los valores posicionados.
2. Posicionamiento recíproco: 1 dividido por cada valor de posicionamiento.
3. Exponente de posición: una suma de las posiciones con el numerador y denominador elevado a una potencia entre 0 y 1 así reduciendo las diferencias de ponderación resultantes (Greene, Devillers, Luther y Eddy, 2011).

Para realizar las ponderaciones se utilizó el segundo método llamado posicionamiento recíproco es bastante simple en su elaboración y en su realización al requerir que el modelador elabore correspondencias cada valor de la capa y después dividir los valores recíprocos individuales por la suma de todos éstos (Carr y Zwick, 2007).

$$w_j = (1/r_j) / \sum (1/r_j)$$

Donde:

$w$  = ponderación recíproca inversa

$r$  = valor de la posición

Un ejemplo de este método se expone en el siguiente cuadro (Greene, Devillers, Luther y Eddy, 2011):

Layer name	Ranking ( $r_j$ )	Recipocal ranking ( $1/r_j$ )	Weight inverse ranking/sum ( $W_j$ )
Habitat (H)	1	1.00	$1.00/2.08=0.48$
Proximity to amenities (PTA)	4	0.25	$0.25/2.08=0.12$
Land value (LV)	3	0.33	$0.33/2.08=0.16$
Endangered species	2	0.50	$0.50/2.08=0.24$
Sum		2.08	1.00

La primera columna corresponde al posicionamiento dado según su importancia dependiendo de la capa que se está estudiando, la segunda columna representa la importancia dentro de una escala de 0 a 1 es por esto que se debe hacer la división de 1 entre el valor de posición que corresponde al peso recíproco con la finalidad de normalizar y la última columna tiene la función de contener los pesos ponderados con la suma normalizada.

A continuación se expone este método de ponderación para cada aptitud en relación a cada uno de los factores considerados para este estudio dividido dependiendo el uso de suelo al cual se está aplicando el análisis (objetivo) y el procedimiento que se realizó para la obtención de los valores de ponderación que se utilizaron en el software IDRISI Selva en conjunto con los criterios que se establecen para la obtención de los modelos finales.

## Uso residencial

*Cuadro 3. 2 Matriz de ponderación para uso residencial*

<b>Factores</b>	<b>Residencial</b>	<b>rRes</b>	<b>1/r Res</b>	<b>(1/r Res)/Suma</b>
Pendiente	Unifamiliar entre el 0 y el 25% Plurifamiliar <15%	3	0.33	0.1428571
Geología (Litología)	Arenisca (óptimo) / Basalto (Viable) / Aluvial y Andesita (Condicionado) / Brecha volcánica (Poco posible para urbanizar)	4	0.25	0.1071429
Edafología	Feozem Háptico (proclive a erosión) / Vertisol apto solo para agricultura	4	0.25	0.1071429
Accesibilidad Vial	Vialidad colectora < 1000 m	2	0.50	0.2142857
Disponibilidad a servicios	Agua potable, Drenaje y Alcantarillado, energía eléctrica	1	1.00	0.4285714
Alteración Medio Natural	Áreas con riesgo de inundación (pluvial)	Funciones Booleanas		
Rellenos sanitarios	> 500 m			
Áreas construidas	No Aplica			
		<b>SUMA</b>	<b>2.33333</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Gobierno del Estado de México, 2003; Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2012; Secretaría de Gobernación, 2008.

### Notas

La ponderación se realizó en base a las respuestas de siete personas para crear una matriz de expertos con el fin de realizar bajo un consenso una ponderación adecuada de los criterios considerados. En el caso de los servicios se le da una mayor importancia porque es indispensable para una vivienda digna el que cuenta con los servicios básicos; en segundo lugar está la accesibilidad a las áreas residenciales por cuestiones de comodidad y porque en el contexto municipal no es sencillo el trazar y construir vialidades, en el caso de la pendiente se consideró por la cuestión de los riesgos de inundaciones o deslizamientos que las zonas de ladera pueden producir en la vivienda y, finalmente, las cuestiones de litología

y suelo al ser dos criterios que están muy relacionadas se les da una ponderación inferior a las tres antes mencionadas pero de igual importancia.

## Resultado

La aptitud residencial de la ciudad interior de Toluca se centra en la porción norte en los espacios que conciernen a San Cristóbal Huichochitlán, Santiago Miltepec, colonia de la Trinidad, norte de La Magdalena, El Balcón, San Lorenzo Tepaltitlán, norte de la Crespa, noreste de Santa Cruz Azcapotzaltongo, una pequeña parte al norte de Santiago Tlaxcomulco en el noroeste de la ciudad con bajas pendientes, colonia Niños Héroe y la porción norte de San Mateo Oxtotitlán y finalmente la porción occidental de la colonia del Pacífico en el sur de la ciudad.

Existen otras áreas lineales sobre el Paseo Matlazincas en el Barrio de Zopilocalco Norte, Barrio San Luis Obispo, Lomas Altas, Tollocan y avenida Alfredo del Mazo que presentan una alta aptitud sin embargo algunos de estos sitios son actualmente ocupados por naves industriales o por usos mixtos (residencial/comercial) debido a la muy alta accesibilidad de estas áreas.

La mayor parte de la ciudad interior presenta una aptitud condicionada para los desarrollos residenciales que puede deberse a los factores físicos al considerar que la geología es aluvial y que los suelos Feozem son proclives a la erosión ambos factores tienen un carácter condicionado.

Las áreas con condición alta hacia la no aptitud también tienen que ver directamente con las condiciones físicas del territorio, las áreas que se muestran en colores naranjas presentan restricciones por el tipo de roca que es de tipo andesítica o con pendientes pronunciadas que se encuentran en las laderas de Sierra Morelos y en la porción sur de la Teresona. En contraste las áreas en colores rojos son las que presentan la más alta no aptitud para las áreas residenciales centradas principalmente en las colonias Parques Nacionales, la porción occidental de la Nueva Oxtotitlán y de la colonia Niños Héroe que tienen una geología en

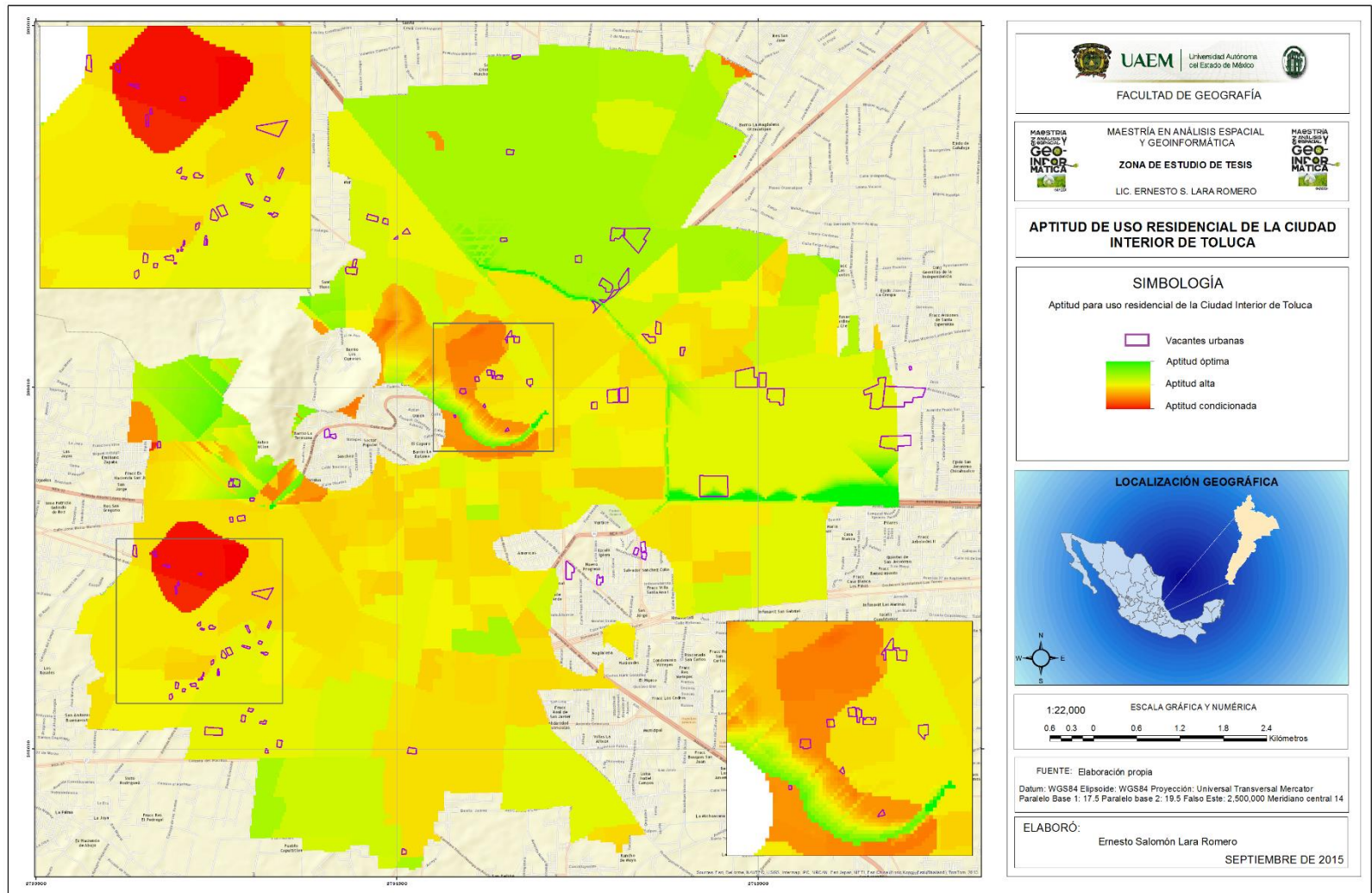
que la brecha volcánica es dominante aunque en su porción sur existe un valor de muy condicionado.

Colonias como la Salvador Sánchez Colín, Valle Don Camilo, Izcalli Toluca, Valle Verde, La Magdalena (Unidad Victoria), El Carmen Totoltepec, San Mateo Oztzacatipan, San Pedro Totoltepec, Santa Ana Tlapaltitlán, Santa María Totoltepec, El Coecillo o Reforma presentan riesgo de inundación es por esto que estas colonias fueron retiradas del estudio al ser áreas restringidas para cualquier tipo de uso que se quiera implementar en éstas.

En relación con las 81 vacantes urbanas la mayoría están concentradas en las áreas con una aptitud condicionada que corresponde al 79.02% de las vacantes urbanas, las aptas para el uso residencial representan el 14.81% mientras que solo el 6.17% se encuentran dentro de las áreas no aptas. Dentro de las áreas restringidas se tienen dos vacantes cercanas a vertederos y otras dos vacantes en donde parte de las mismas se encuentran dentro de áreas de inundación.

El Barrio de los Cipreses, de la Teresona (en su mayoría), La colonia Sánchez, Sector Popular, Unión, parte de La Retama se encuentran en área restrictivas debido a su cercanía a terrenos que contenían vertederos; la excepción se encuentra en una pequeña porción al noroeste de la Teresona donde también existe una aptitud alta para albergar áreas residenciales.

Figura 3. 9 Aptitud de uso residencial de la ciudad interior de Toluca



## Uso comercial

*Cuadro 3. 3 Matriz de ponderación para uso comercial*

<b>Factores</b>	<b>Comercial</b>	<b>rRes</b>	<b>1/r Res</b>	<b>(1/r Res)/Suma</b>
Pendiente	Óptimo entre el 0 y el 6% para Comercio y Abasto Productos básicos <25%	1	1	0.3157895
Geología (Litología)	Arenisca (óptimo) / Basalto (Viable) / Aluvial y Andesita (Condicionado) / Brecha volcánica (Poco posible para urbanizar)	3	0.33	0.1052632
Edafología	Feozem Háptico (proclive a erosión) / Vertisol apto solo para agricultura	3	0.33	0.1052632
Accesibilidad Vial	Vialidad colectora < 1000 m	1	1	0.3157895
Disponibilidad a servicios	Agua potable, Drenaje y Alcantarillado, energía eléctrica	2	0.5	0.1578947
Alteración Medio Natural	Áreas con riesgo de inundación (pluvial)	Funciones Booleanas		
Rellenos sanitarios	> 500 m			
Áreas construidas	No Aplica			
		<b>SUMA</b>	<b>3.16667</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Gobierno del Estado de México, 2003; Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2012; Secretaría de Gobernación, 2008.

### Notas

En el caso de la ponderación de los factores para una aplicación comercial se decidió elaborar la ponderación basado en el agente, esto significa que el posicionamiento de la importancia que se le brinda al factor está basado en la lógica de los intereses que tienen los comerciantes al localizar un establecimiento. La accesibilidad y la pendiente en este caso se le otorga una posición alta debido a que es muy importante para el comerciante que su local sea fácil de encontrar y de llegar, esto se vincula estrechamente a la pendiente ya que si el local está ubicado en un área con pendiente pronunciada es más probable que el consumidor opte por un sitio mejor comunicado y en un lugar más plano que un lugar situado en un pie de monte o mal comunicado. En segundo lugar están los servicios que si



bien son importantes en locales pequeños pueden o no estar presentes alguno de los que se mencionan en la tabla y, como en el caso residencial, las cuestiones del terreno no son de vital importancia para el comerciante.

## Resultado

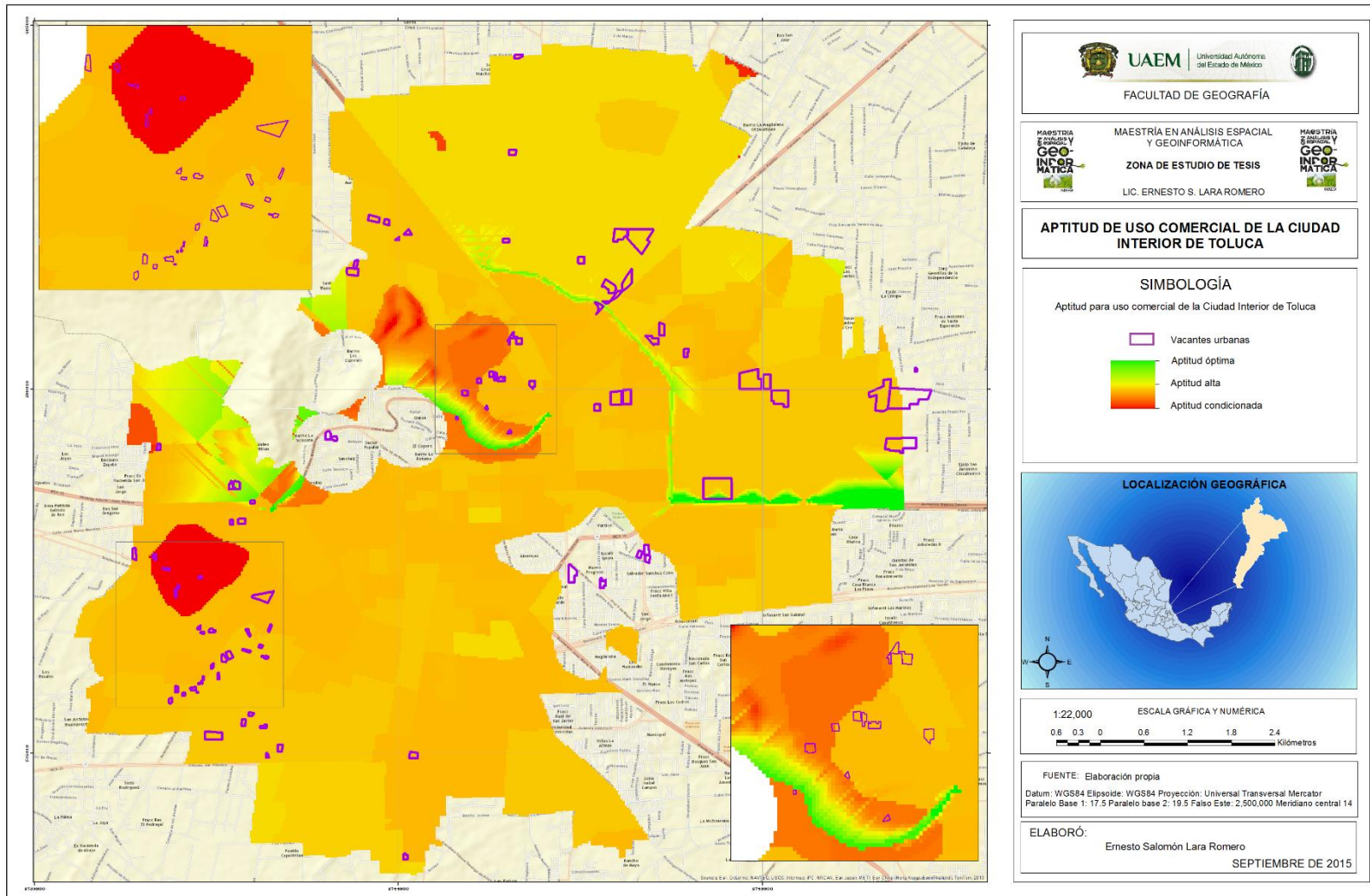
En el caso del uso comercial es de remarcar que casi la totalidad de la ciudad interior arrojó una muy baja aptitud para estas actividades, es solo apto en pocas áreas que se concentran en los terrenos cercanos a las principales vialidades dentro de la colonia Ejidos de Buenavista y a la porción occidental cercana a Sierra Morelos que corresponden a las colonias Niños Héroes y a la porción norte de Santiago Tlaxomulco.

Al igual que en el caso de los usos residenciales las laderas de Sierra Morelos tienen una baja aptitud aún por debajo de los parámetros condicionados mientras que las mejores oportunidades también se concentra en la colonias al norte de la ciudad aunque están condicionadas. También el territorio dentro de la colonia Parques Nacionales aún presenta la más baja aptitud al presentarse en un color rojo homogéneo. Otros espacios que presentan una muy baja aptitud se encuentran en la ladera norte de Sierra Morelos, también al norte de la colonia de la Concepción y el occidente de la colonia Niños Héroes debido a su geología de brechas volcánicas.

En relación a las vacantes urbanas solo dos de éstas cumplen y se ubican en zonas aptas en el área de San Mateo Oxtotitlán en el pie de monte de la Teresona sin embargo el 97.53% de éstas vacantes urbanas se encuentran entre los niveles de condicionado a muy condicionado para cualquier tipo de emprendimiento comercial en la mancha urbana de Toluca.

Los dos pequeños territorios al norte de la ciudad corresponden a cuerpos de agua es por esto que se muestran como dos zonas con muy baja aptitud, pero en el caso de la zona ubicada en el extremo noreste del área de estudio también corresponde a una zona con un afloramiento de roca andesítica.

Figura 3. 10 Aptitud de uso comercial en la ciudad interior de Toluca



## Uso industrial

*Cuadro 3. 4 Matriz de ponderación para uso industrial*

<b>Factores</b>	<b>Industrial</b>	<b>rRes</b>	<b>1/r Res</b>	<b>(1/r Res)/Suma</b>
Pendiente	Óptimo entre 0 a 6% Industria ligera apto hasta 25%	1	1	0.3333333
Geología (Litología)	Arenisca (óptimo) / Basalto (Viable) / Aluvial y Andesita (Condicionado) / Brecha volcánica (Poco posible para urbanizar)	4	0.25	0.0833333
Edafología	Feozem Háplico (proclive a erosión) / Vertisol apto solo para agricultura	4	0.25	0.0833333
Accesibilidad Vial	Vialidad colectora < 1000 m	2	0.50	0.1666667
Disponibilidad a servicios	Agua potable, Drenaje y Alcantarillado, energía eléctrica	1	1	0.3333333
Alteración Medio Natural	Áreas con riesgo de inundación (pluvial)	Funciones Booleanas		
Rellenos sanitarios	> 500 m			
Áreas construidas	> 5 kms			
<b>SUMA</b>			<b>3</b>	<b>1</b>

Fuente: Elaboración propia basado en Gobierno del Estado de México, 2003; Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2012; Secretaría de Gobernación, 2008.

### Notas

En el caso de la aptitud para el uso industrial se le otorgó una importancia a los factores de pendiente y a la disponibilidad de servicios, para realizar esta ponderación se siguió el mismo procedimiento basado en el agente ya que para un industrial la disponibilidad de los servicios es de vital importancia para realizar las actividades de transformación así como de una pendiente con mínimo porcentaje debido a que precisa de espacios grandes y con fácil accesibilidad y por seguridad de la industria debido a que si existe una pendiente la maquinaria o el producto no está estable y puede originar riesgos; en segundo lugar se posicionó a la accesibilidad ya que es necesario que la industria esté localizada cerca de vías principales para posibilitar el transporte de la mercancía de manera segura y sencilla; en el caso de los factores físicos se les dio un posicionamiento bajo porque no es de vital

importancia para un industrial saber el tipo de suelo ni la geología en la cual está asentado el complejo.

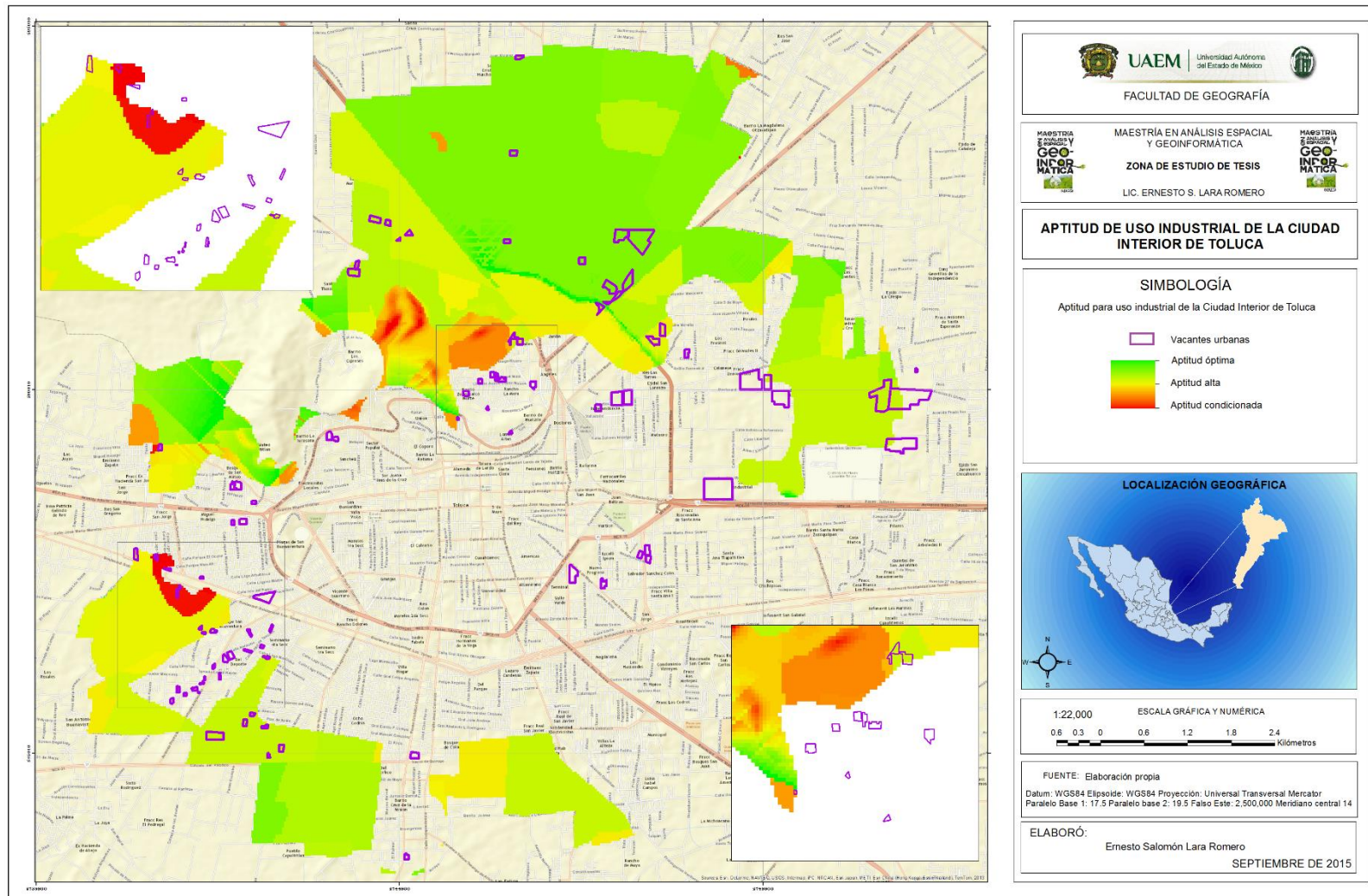
Existe un problema con el factor de las áreas construidas en el planteamiento de las áreas de restricción normativas, según la norma las áreas construidas deben localizarse a una distancia mínima de cinco kilómetros, esto presenta un problema en el área de estudio porque la ciudad de Toluca y una parte de la mancha urbana del municipio de Metepec se encuentran a una distancia promedio de 113 metros y si se sigue la norma en sí toda la mancha urbana alrededor no debería estar presente es por esto que solo se considera al asentamiento urbano consolidado como área de restricción para fines de representación.

### Resultado

Para la cuestión industrial la ciudad de Toluca presenta una alta aptitud para realizar inversiones para la creación de industrias, sin embargo se debe tener muy en cuenta lo antes mencionado en relación a las restricciones; dentro de la ciudad interior el área norte es la más apta para estas actividades al mostrar tonalidades verdes más intensas y disminuyen conforme se acercan a Sierra Morelos, existe también una menor aptitud hacia lo que actualmente ocupa el corredor industrial Toluca-Lerma con excepción de las áreas cercanas al INFONAVIT Jardines de la Crespa ubicadas al norte de la misma. Otros territorios aptos son la colonia Niños Héroe, el noroeste de Sierra Morelos, en menor medida el norte de San Mateo Oxtotitlán limitado por sus pendientes junto con los terrenos cercanos al Paseo Matlazincas en el Barrio de Zopilocalco Norte, Barrio San Luis Obispo, Lomas Altas y, finalmente, en el sur en la parte occidental de la colonia del Pacífico.

Con la posibilidad de 22 vacantes urbanas para albergar usos industriales solo 10 de éstas son las que más altos valores arrojaron mientras que tres fueron las que mostraron muy baja aptitud en el área de Parques Nacionales; pero asumiendo esto se debe tener muy en cuenta que es de reconocer que la ciudad interior de Toluca presenta una baja cantidad de espacios condicionados para la realización de esta actividad económica aun considerando que el 72.84% de las vacantes se encuentran dentro del asentamiento humano.

Figura 3. 11 Aptitud para uso industrial en la ciudad interior de Toluca



## Uso área verde

Cuadro 3. 5 Matriz de ponderación para uso áreas verdes

Factores	Áreas Verdes	rRes	1/r Res	(1/r Res)/Suma
Pendiente	Parques y jardines todas pendientes aptas Zonas deportivas <15%	4	0.25	0.1578947
Geología (Litología)	Arenisca (óptimo) / Basalto (Viable) / Aluvial y Andesita (Condicionado) / Brecha volcánica (Poco posible para urbanizar)	4	0.25	0.1578947
Edafología	Feozem Háplico (proclive a erosión) / Vertisol apto solo para agricultura	4	0.25	0.1578947
Accesibilidad Vial	Vialidad colectora < 1000 m	2	0.5	0.3157895
Disponibilidad a servicios	Agua potable, Drenaje y Alcantarillado, energía eléctrica	3	0.33333333	0.2105263
Alteración Medio Natural	Áreas con riesgo de inundación (pluvial)	Funciones Booleanas		
Rellenos sanitarios	> 500 m			
Áreas construidas	No Aplica			
SUMA			1.58333	1

Fuente: Elaboración propia basado en Gobierno del Estado de México, 2003; Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, 2012; Secretaría de Gobernación, 2008.

### Notas

Para las áreas verdes se siguió una lógica dirigida al visitante que al seguir una lógica de consumidor de un servicio precisa de ciertos incentivos para satisfacer sus necesidades de diversión y esparcimiento. Para realizar un orden de importancia en primer lugar a ningún factor de le asignó un peso alto ya que las exigencias para un espacio de esta naturaleza no son estrictas es por eso que para dar un cierto equilibrio se le dio más peso a la accesibilidad y a los servicios necesarios en un área verde como satisfactores básicos. En el caso de los factores físicos se les dio un peso equitativo siguiendo la misma línea de pensamiento porque en un área verde no es de vital importancia saber su pendiente, su

edafología ni su geología porque la finalidad de este uso de suelo es más estético y más de voluntad popular de crear y mantener un área verde que una imposición legal.

## Resultado

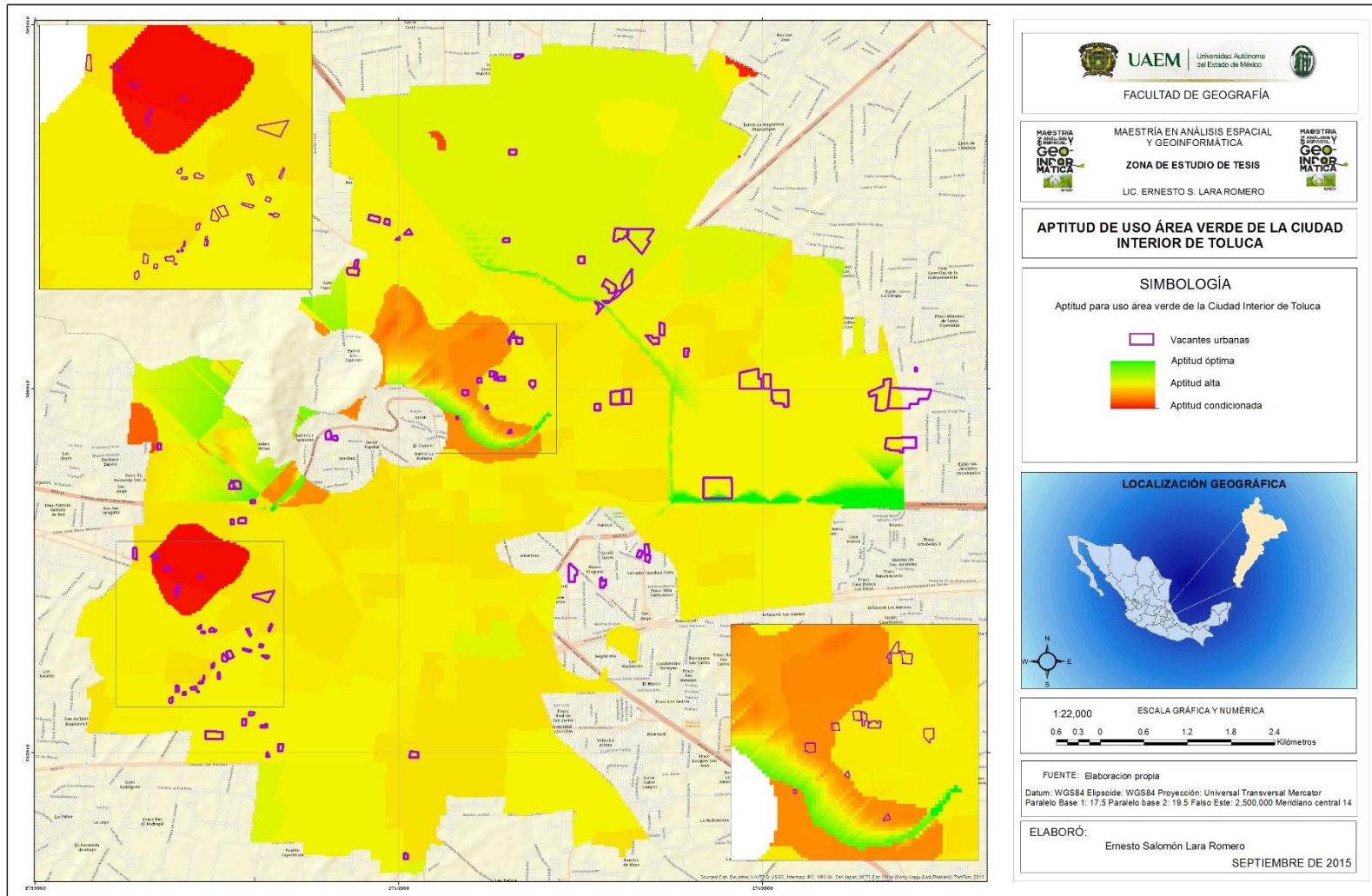
Para las áreas verdes aun teniendo en consideración su versatilidad en que tiene muy pocas restricciones para su establecimiento es muy considerable apreciar que la aptitud para este uso de suelo está condicionada en casi toda la ciudad interior exceptuando los terrenos al noroeste de Sierra Morelos y el pie de monte de la Teresona. Destaca por ejemplo que el área que actualmente ocupa el Parque Bicentenario se encuentre entre las pocas áreas cerca del centro de la ciudad junto con una pequeña porción en la colonia 5 de mayo cerca del fraccionamiento del Rey aún más próximo al centro de la ciudad.

Otras áreas aptas para áreas verdes están localizadas en la porción noroeste del Barrio de la Teresona, en Santiago Tlaxomulco pequeñas porciones a lo largo de Paseo Matlazincas en el Barrio de Zopilocalco Norte, Barrio San Luis Obispo, Lomas Altas; esto mismo se presenta a lo largo de Tollocan y Avenida Alfredo del Mazo.

En si son pocas las vacantes urbanas que presentan algún grado de aptitud que en si solo se enumeran doce terrenos en donde diez se encuentran ubicados en el norte de la ciudad interior y los otros dos se encuentran en San Mateo Oxtotitlán, en contraste los cinco terrenos dentro de la colonia Parques Nacionales se mantienen constantes junto con otros cinco terrenos ubicados en las laderas norte de Sierra Morelos que presentan una aptitud muy baja debido a la pendiente de esta zona.

En resumen, de las 81 vacantes urbanas la mayoría están ubicadas en las áreas con una aptitud condicionada que corresponde al 79.02% de las vacantes urbanas, las aptas con algún grado de condicionamiento para el uso de áreas verdes representan sólo el 14.81% mientras que solo el 6.17% se encuentran dentro de las áreas no aptas.

Figura 3. 12 Aptitud para áreas verdes en la ciudad interior de Toluca





### **Interpretación de los modelos de aptitud**

Con el propósito de clarificar cuales son las áreas más aptas para los diferentes usos de suelo existentes dentro de la ciudad interior de Toluca se compararon los resultados obtenidos de los diferentes modelos en relación con el contexto actual que ya existe en el territorio.

En el norte de la ciudad las vacantes urbanas tienen superficies que van desde los 4,200 m<sup>2</sup> hasta los 76,000 m<sup>2</sup> con excepción de los que se ubican en el pie de monte al norte de Sierra Morelos cuyas extensiones se encuentran dentro de los rangos de 661 m<sup>2</sup> hasta los 6,600 m<sup>2</sup>; el contraste se encuentra hacia el este de la ciudad dentro del área industrial que por cuestiones de operación éstas deben contar con terrenos muy amplios es por eso que las vacantes urbanas, en particular, cuentan con superficies que van desde los 19,600 m<sup>2</sup> hasta los 125,000 m<sup>2</sup>; los terrenos ubicados en el oeste de la ciudad interior los terrenos van desde 235 m<sup>2</sup> hasta los 24,000 m<sup>2</sup> y hacia el sur desde 3500 m<sup>2</sup> hasta de 9000 m<sup>2</sup>.

Dentro del municipio de Toluca los terrenos destinados para un uso residencial se encuentran entre los 126 m<sup>2</sup> hasta de 2300 m<sup>2</sup>; en el caso de los usos comerciales los terrenos oscilan entre los 1,000 y 5,000 m<sup>2</sup>; para los usos industriales los terrenos que se solicitan son en general de grandes extensiones ya que se encuentran entre los rangos de 4,000 m<sup>2</sup> hasta de 22,000 m<sup>2</sup> y finalmente los terrenos para las áreas verdes no tienen un rango de superficie definida al ser una cuestión más de estética y de consenso colectivo que una determinación normativa.

Los siguientes párrafos ofrecen al lector una clasificación dependiendo el grado de aptitud de las vacantes en relación su contexto y el valor del número digital contenido en cada pixel de los mapas resultado según objetivo y su ubicación al interior de la ciudad interior.

En primer lugar para la aptitud residencial los datos se encuentran dentro de un rango que va desde el 0 hasta 246 con una mediana de 123, siguiendo la lógica raster de los 8 bits, y para seguir un orden se sigue una mecánica para interpretar el nivel de aptitud en relación con su contexto en el espacio junto con los números digitales que entre más alto más apta es la región en la cual se encuentra la vacante urbana.

Los terrenos en el norte de la ciudad que se caracterizan por una ocupación agrícola y residencial en su mayoría y comercial en menor medida, las vacantes urbanas que se encuentran inmersas en esta porción de la ciudad presentan un grado de 200 lo cual significa que tiene una alta aptitud de seguir albergando desarrollos habitacionales, sin embargo al sur de la avenida Alfredo del Mazo esta aptitud disminuye hasta valores de 184 lo que se acerca a estos espacios a niveles de aptitud condicionada así como las vacantes hacia el noroeste que se encuentran dentro de los 192 y 189 en donde los valores altos responden a pendientes más suaves; finalmente las vacantes que se encuentran en la Delegación Santiago Miltepec que se encuentran con valores que van desde 190 hasta 171 que significa que disminuye .

En el oriente de la ciudad el grado de aptitud residencial presenta valores desde los 186 en las vacantes cercanas al centro y de 191 en las que se encuentran en los alrededores del corredor industrial. En contraste las vacantes que se encuentran en el occidente, que tiene una muy importante presencia residencial las vacantes que se encuentran en San Mateo Oxtotitlán, que actualmente tienen un uso agrícola, tienen un grado de aptitud residencial de 199 lo que se traduce en una buena aptitud y en contraste otras vacantes ubicadas en una gran región homogénea con valores de 184 con excepción del área ubicada en la colonia de Parque Nacionales con valores de 158 lo que significa una aptitud cercana a la condicionada que fuera de esta área y hacia el sur los grados de aptitud se incrementan a valores de 182 a 194 aumentando su aptitud y que actualmente presentan una combinación de áreas habitacionales con grandes espacios agrícolas.

En segundo lugar se interpretó la aptitud comercial con los valores que están dentro de un rango de 0 a 252 con una mediana de 126; en el norte de la ciudad el valor para la zona que contiene a las vacantes urbanas presenta un valor de 174 lo cual significa que tiene una aptitud media para albergar comercios y esto disminuye un poco hacia el noroeste al arrojar valores de 170 sin tener una diferencia notable en su aptitud pero esto cambia a niveles de 202 en las vacantes que están sobre la avenida Alfredo del Mazo debido a su muy alta accesibilidad.

En el área de Santiago Miltepec los valores están alrededor de 170 lo que se traduce en una aptitud muy cercana a la aptitud condicionada debido a su proximidad a las laderas norte de Sierra Morelos lo que hace aún más condicionada su aptitud con valores de 155.

Al este de la ciudad también arroja una tendencia hacia valores de 170 con aptitud cercana a la condicionada debido a su limitada accesibilidad además de incluir la poca compatibilidad de la zona para este giro económico al estar dentro de una zona eminentemente industrial pero que en las áreas cercanas a Tollocan su aptitud se incrementa hasta alcanzar valores de 250 lo que significa que es óptima para la localización comercial.

En el oeste de la ciudad las vacantes ubicadas en el límite sur de San Mateo Oxtotitlán arrojan una aptitud de 195 (alta) que junto con una muy amplia región con valores que rondan 170 (aptitud media) que dominan el oeste, centro y sur de la ciudad exceptuando la colonia Parques Nacionales que presenta una aptitud muy cercana a ser condicionada.

En el caso del grado de aptitud para las inversiones industriales los valores tienen un rango que van desde el 0 hasta el 234 con una mediana de 117 que corresponde a la aptitud condicionada.

La aptitud de las vacantes urbanas en el norte de la ciudad presentan valores muy cercanos a los óptimos de 212 mientras que las que se localizan sobre la avenida Alfredo del Mazo incrementan su aptitud a valores de 227 que contrasta con el noroeste que arroja valores de 203 que se encuentra dentro de los valores de alta aptitud industrial y que se expande cubriendo la ladera norte de Sierra Morelos y conforme más cerca del parque estatal los valores caen hasta 175 correspondientes a niveles de aptitud media pero las dos vacantes urbanas que se encuentran en esta zona están dentro de un espacio con una aptitud muy alta (204).

En el este, donde se encuentra el corredor industrial Toluca-Lerma, el área correspondiente al asentamiento humano se ha expandido de tal manera que ha absorbido parte de lo que actualmente es ocupado por industrias, sin embargo el nivel de aptitud para este uso es muy alto (205) y conforme se acerca a Tollocan los valores alcanzan grados óptimos (229) al

igual que en las cercanías de San Mateo Oztacatipan con valores cercanos a los óptimos (216).

La aptitud en el oeste, de naturaleza residencial, muestra valores de aptitud alta (201) con excepción de la porción sur y oeste de la colonia Parques Nacionales con valores más bajos (179) lo que se traduce en una aptitud medio alta para albergar industrias incrementando las oportunidades mientras más al suroeste y sur con valores que van desde 203 hasta 212 en la colonia del Pacífico.

Por último, se trató el modelo de aptitud para las áreas verdes con los valores dentro del rango que va desde el 0 hasta 251 y la mediana está en el valor 126. En el norte de la ciudad el grado de aptitud se encuentra con valores de 174 (aptitud condicionada) mientras que hacia el noroeste los valores caen a 169 esto se presenta de manera homogénea en esta área recorriendo los valores hasta 167 en las inmediaciones de Santiago Miltepec alcanzado los grados más bajos conforme se acerca a las laderas del norte de Sierra Morelos que presentan valores de 146 debido a la pendiente presente en esta área.

Hacia el oriente los grados de aptitud para las áreas verdes van desde los 167 en los terrenos cercanos al centro de la ciudad hasta 170 ya dentro de la zona industrial y de 240 en las cercanías del paseo Tollocan; en el caso del poniente de la ciudad los valores de aptitud van desde 200 en las cercanías de San Mateo Oxtotitlán, 169 en el centro poniente hasta 166 en el sur de la ciudad con excepción del área de Parques Nacionales con valores de 126 que se encuentra exactamente en el valor de aptitud condicionada.

Por último, se debe considerar que existen áreas de riesgo de inundación en las áreas de San Pablo Autopan y Santiago Tlaxomulco que se encuentran al noroeste de la ciudad, San Andrés Cuexcontitlán en el noreste, Santa Cruz Atzacapotzaltongo en el centro-norte junto con el Barrio de Tlacopa y San Mateo Oxtotitlán en el oeste; éstos espacios son de especial interés ya que en los diferentes modelos se han otorgado valores elevados de aptitud a éstos pero se debe considerar que estas áreas, que actualmente están ocupadas, presentan continuas inundaciones en época de lluvias lo que limita en gran medida la aptitud para albergar nuevos emprendimientos.

## Bibliografía

- Aceves, F; López, J. y Martín, A. L. (2006) “Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México”, *Revista mexicana de ciencias geológicas*, vol.23 no.2, Enero, México; p. 113-124.
- Alvarado, M; Colmenero, J. A. y Valderábano, M. (2007) “La erosión hídrica del suelo en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala, México”, *Ciencia Ergo Sum*, Vol. 14, núm. 3, noviembre-febrero, México; pp. 317-326.
- Ayuntamiento de Benito Juárez (s/a) *Análisis de aptitud del territorio para cada uno de los sectores que desarrollan actividades en el área de estudio, y los mapas de los resultados de dicha aptitud*, Capítulo 2, Dirección de Ecología, México. Revisado el 6 de agosto del 2015 en:  
[http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/02/PROCESO\\_METODOLOGICO\\_DIA\\_GNOSTICO.pdf](http://cancun.gob.mx/ecologia/files/2012/02/PROCESO_METODOLOGICO_DIA_GNOSTICO.pdf)
- Carr, M. H. y Zwick P. D. (2007) *Smart Land-use Analysis: The LUCIS Model: Land-use Conflict Identification Strategy*, ESRI Press, Estados Unidos; 278 p.
- Garrocho, C. (2013) *Dinámica de las ciudades de México en el siglo xxi: cinco vectores clave para el desarrollo sostenible*, El Colegio Mexiquense, A.C.: Consejo Nacional de Población: Fondo de Población de las Naciones Unidas, México, 577 p.
- Garrocho, C. y Campos, J. (2006) “Un indicador de accesibilidad a unidades de servicios clave para ciudades mexicanas: fundamentos, diseño y aplicación”, *Economía, Sociedad y Territorio*, vol. VI, núm. 22, septiembre-diciembre, El Colegio Mexiquense, A.C., México; pp. 1-60. Consultado el 6 de agosto de 2015 en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/111/11162204.pdf>

Gobierno Federal (2004), *Diario Oficial de la Federación*, Norma Oficial Mexicana, Primera Sección, México; 16 p. Consultado el 3 de noviembre del 2015 en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1/nom-083-semarnat-2003.pdf>

Gómez, M. y Barredo, J. I. (2005) *Sistemas de Información Geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación territorial*, 2ª Edición, Ed. Alfaomega/Ra-Ma, 279 p.

Greene, R; Devillers, R.; Luther, J. E. y Eddy, B. G. (2011) “GIS-Based Multiple-Criteria Decision Analysis”, *Geography Compass* 5/6, Memorial University, Canada; pp. 412–432. Consultado el 17 de agosto de 2015 en la dirección: [https://www.mun.ca/geog/people/faculty/rdevillers/Greene\\_Geo\\_Compass\\_2011.pdf](https://www.mun.ca/geog/people/faculty/rdevillers/Greene_Geo_Compass_2011.pdf)

Jarquín Mejía, J. (2012) *Sociología de la población: conceptos, teoría, dinámicas poblacionales e indicadores*, en *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, abril, consultado el 6 de agosto del 2015 en: <http://www.eumed.net/rev/cccss/20/jmj.html>

Jiménez, L. M. y Vélez, V. (s/a) *Paradigma Decisional Multicriterial enfocado hacia el proceso de toma de decisiones en la organización*, Universidad de la Sabana, Colombia. Revisado el 21 de septiembre de 2015 en: <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/4642/130796.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez, A. (2012) “Patrón espacial de la cobertura vial como factor integrador y dinamizador de la movilidad urbana en el Municipio Chacao, Estado de Miranda”, *Geografía y Sistemas de Información Geográfica*. (GESIG-UNLU, Luján). Año 4, N° 4, Sección I; pp. 137-168.

Mena, C.; Gajardo, J. y Ormazábal, Y. (2006) *Modelación Espacial mediante Geomática y Evaluación Multicriterio para la Ordenación Territorial*, Revista Facultad de Ingeniería, Universidad Tarapacá, Vol. 14 No. 1, Chile; pp. 81-89.

- Moreno, A., Buzai, G. y Fuenzalida, M. (coord.) (2012) *Sistemas de Información Geográfica: Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales*, Ed. Ra-Ma, España; 427 p.
- Pérez, B. D., Santana, M. V. y DE La Vega, M. (1987), *Determinación de las posibilidades de Urbanización en Base al Análisis de las Características Topográficas, Geológicas, Edafológicas y de Uso del Suelo. Caso: Región VIII, Jilotepec, México*, Tesis de Licenciatura, Escuela de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, México; 96 p.
- Pollán Santamaría, T. (2007) *Electrónica Digital*, Prensas Universitarias de Zaragoza, Universidad de Zaragoza, España. Consultado el 17 de agosto de 2015 en la dirección:  
<http://diec.cps.unizar.es/~tpollan/libro/Apuntes/dig02.pdf>
- Santé Riveira, I. y Crecente Maseda, R. (2005): "Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales", *GeoFocus* (Artículos), nº 5, p. 40-68.
- Secretaría de Gobernación (2008), *Reglamento de Imagen Urbana del Municipio de Toluca*, Unidad General de Asuntos Jurídicos, Secretaría de Gobernación, México; 29 p. Consultado el 3 de noviembre del 2015 y disponible en:  
<http://www.ordenjuridico.gob.mx/Publicaciones/CDs2008/CDCompilaDerMun/pdf/6%20REGT.pdf>
- Sharma, S.K., Lees, B.G. (2004) *A comparison of simulated annealing and GIS based MOLA for solving the problem of multi-objective land use assessment and allocation*. En: Proceedings of the 17th International Conference on Multiple Criteria Decision Analysis, Whistler, Canada, Open-File Report AP58  
<http://www.bus.sfu.ca/events/mcdm/MCDMProgram/Abstract1/AA58%20CF%20Sharma%20Land%20Assessment.pdf>

Tarbutck, E. J. y Lutgens, F. K. (2005) *Ciencias de la Tierra, Una introducción a la geología física*, Ed. Pearson, 8va edición, España; 700 p.

Universidad de Buenos Aires (s/a) *Definición de Edafología*, Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía, Argentina. Consultado el 6 de agosto de 2015 en la página web: <http://www.agro.uba.ar/catedras/edafo>.



# Conclusiones

A manera de concluir la investigación se procede a enumerar los resultados y recomendaciones que se obtuvieron en este trabajo terminal de grado, para empezar aquí se establece el objetivo general:

Analizar la capacidad de acogida de nuevos usos urbanísticos mediante el análisis multicriterio/multiobjetivo de los espacios vacantes para una redensificación, hacia una mejor estructura del espacio urbano presente y futura en la ciudad interna de Toluca.

Este objetivo se alcanzó ya que se obtuvieron diferentes microrregiones al interior de la ciudad interior dependiendo su aptitud por medio del análisis multicriterio junto con la incorporación de las vacantes urbanas previamente seleccionadas con el propósito de redensificar áreas que se encuentran al interior de la ciudad y que actualmente no presentan un uso urbano o sirven para cultivos de autoconsumo y que en el futuro pueden servir como pequeñas reservas territoriales urbanas.

En cuanto a los objetivos particulares se cumplieron todos tanto en la caracterización del municipio como en la incorporación de algunos elementos físicos y socioeconómicos en la evaluación multicriterio. Los objetivos particulares de la investigación son los siguientes:

1. Reconocer los patrones de distribución de los elementos topográficos y ambientales que existen en la ciudad interna de Toluca.
2. Ubicar los patrones de distribución de los usos de suelo, infraestructura y vialidades principales presentes en la ciudad interna de Toluca.
3. Detectar las vacantes urbanas existentes, su distribución y su potencial redensificador de acuerdo a su aptitud dentro de la ciudad interior de Toluca.
4. Determinar la capacidad de acogida según la aptitud, las restricciones y los impactos de las vacantes urbanas en la ciudad interior.

Para el primer objetivo se incorporaron de elementos físicos tanto en la caracterización del municipio que sirvió para conocer la distribución y situación de los mismos, posteriormente éstos también fueron incluidos en el análisis multicriterio lo que le brinda un contexto de la realidad que existe en el territorio, esto es importante de resaltar debido a que existen trabajos de naturaleza socioeconómica que en muchas ocasiones omiten características de relieve o suelo que resultan importantes al momento que se quiere realizar cualquier toma de decisiones espaciales.

En el caso del segundo objetivo sucede algo similar anterior al estudiar su distribución y la situación existente actualmente en el municipio y en la realidad urbana de la ciudad de Toluca pero desde un contexto de la ocupación del suelo, los servicios existentes y en la accesibilidad que son vitales para la constitución y dinámica socioeconómica intra e inter urbana en el contexto regional y metropolitano.

El tercer objetivo se realizó desde su selección mediante procesos remotos en algunas ocasiones y otras por selección del sitio por visita o tránsito lo que involucra observar la existencia de las vacantes al constatar que efectivamente son sitios en donde no existe un uso aparente y la distribución de los mismos; para medir su potencialidad se realizó la evaluación multicriterio el cual es el propósito de este trabajo de investigación en donde se observó que el potencial que muestra la ciudad es la vocación residencial seguido del comercio.

En el caso del cuarto objetivo se centra en el resultado de esta investigación que es determinar la capacidad de acogida del territorio dependiendo el objetivo o uso al cual es más apto dependiendo de los factores físicos, socioeconómicos, de impacto o riesgo y las restricciones normativas los cuales dieron como resultado los diferentes modelos para determinar la idoneidad de las vacantes urbanas seleccionadas de acuerdo al uso u objetivo (residencial, comercial, mixto, industrial o área verde) y que la evaluación multicriterio con ayuda de los números digitales auxiliaron en la interpretación final de las diferencias de aptitud en el territorio.

La hipótesis en la cual esta investigación se basa es la siguiente:

El análisis de la capacidad de acogida territorial de los usos urbanísticos potenciales en la ciudad de Toluca a través del análisis multicriterio/multiobjetivo puede ofrecer una propuesta para potencializar las vacantes urbanas hacia la reorganización interna del uso de suelo, para un reaprovechamiento territorial debido a la presencia de una amplia cantidad de suelos vacantes o disponibles, incompatibilidad entre usos de suelo, dispersión urbana y el interés gubernamental de mejorar la situación urbana de la capital del Estado.

Esta hipótesis se cumple porque es plausible realizar una evaluación de la capacidad de acogida del territorio mediante el uso de las geotecnologías y los métodos cuantitativos los que sirve como una herramienta extra para los tomadores de decisiones o los diferentes actores que se involucren en el emplazamiento de nuevos emprendimientos dentro de un contexto urbano.

La metodología que expone la evaluación multicriterio resulta útil al ser combinada con alguna otra técnica cuantitativa en el caso de la asignación de un orden jerárquico que desemboca en una serie de ponderadores de vital importancia al ser introducido al software que sirve como herramienta de cómputo y para la representación cartográfica tanto de los factores como de los modelos finales. El método que se utilizó fue la Sumatoria Lineal Ponderada Borrosa pero no se utilizó el método de Jerarquías Analíticas de Saaty que es el que más usualmente es utilizado sino que se utilizó un método más simple propuesto por Malczewski en relación al ranqueo con su posicionamiento recíproco que sirve para calificar, normalizar y obtener índices que son finalmente utilizados como ponderaciones al momento de realizar los cálculos en el software junto con los criterios dependiendo el factor.

La conjunción de todo lo anterior mencionado se resume en una serie de capas en formato raster que contienen la información que una vez procesada con los ponderadores y el uso de booleanos para las zonas de riesgo y las restricciones dan como resultado un modelo de aptitud. Cabe resaltar que cada modelo puede presentar los mismos factores pero su

importancia es distinta al momento de rankear lo que determina directamente a los ponderadores que a su vez modifican el modelo final.

A continuación se enumeran algunas conclusiones sobre los resultados que se encontraron en los diferentes modelos que se obtuvieron dependiendo del uso u objetivo deseado.

Gran parte del norte de la ciudad interior se considera como la reserva territorial para una futura expansión de la mancha urbana o para otros de tipo industrial ligera y en menor medida hacia el sur. En el caso del norte existen zonas de inundación que no están marcadas en el mapa pero que representan zonas de riesgo lo que repercute en un impacto a la sociedad que habita en este espacio.

En el oeste de la ciudad, de naturaleza residencial, existe una amplia área con restricción para albergar cualquier tipo de uso debido a sus características geológicas ya que en el área que ocupan las colonias Nueva Oxtotitlán y Parques Nacionales existe una litología de brecha volcánica en donde la roca son fragmentos de material piroclástico con formaciones vítreas lo cual condiciona cualquier desarrollo futuro además de que significa que las zonas habitacionales que existen actualmente se encuentran en riesgo.

En el área de San Mateo Oxtotitlán, ubicado en la ladera y pie de monte sur de la Teresona, existe otra área con riesgos de inundación lo que también condiciona la posibilidad de crear emprendimientos, actualmente está ocupada en su mayoría por casas-habitación y usos mixtos con comercios o pequeñas industrias ligeras alimentarias.

Los emprendimientos industriales presentes en el este de la ciudad presentan incompatibilidad de usos a su interior así como que en su área oriental existen riesgos de inundación, aunado a esto por cuestiones normativas las áreas industriales actuales se encuentran dentro del área de amortiguamiento y representan riesgos a las áreas habitacionales que se encuentran a menos de 150 metros del corredor industrial Toluca-Lerma.

Las aptitudes comerciales y para las áreas verdes tienen grados de aptitud muy parecidos; mientras que la mayor aptitud de la ciudad son para los usos industriales y en segundo lugar los usos residenciales, sin embargo los primeros, por normativa, no pueden estar presentes en ningún espacio dentro de la ciudad interior de Toluca. En el caso de las áreas verdes resultan ser las más fáciles de introducir el no tener requerimientos tan demandantes y también resulta ser necesarios para cuestiones de estética urbana, como áreas de esparcimiento y como pequeños pulmones para la ciudad.

*Cuadro C. 1 Número de vacantes urbanas por grado de aptitud*

<b>Aptitud</b>	<b>Vacantes</b>
<b>Residencial</b>	16
<b>Comercial</b>	13
<b>Mixto</b>	31
<b>Industrial</b>	1
<b>Área Verde</b>	8
<b>Condicionada</b>	5
<b>Restringida</b>	7
<b>Total</b>	81

Fuente: Elaboración propia a partir de la comparación de números digitales de los modelos

Finalmente, las recomendaciones que se establecen a continuación son tanto presentes como futuras para los tomadores de decisiones y/o actores que tengan como principal objetivo el territorio urbano de la ciudad de Toluca.

1. Para la ocupación de las reservas territoriales en el norte y el sur de la ciudad la principal preocupación deben ser la accesibilidad a los nuevos desarrollos habitacionales y/o comerciales debido al crecimiento que actualmente está presente en Toluca; y en segundo lugar es la introducción de los servicios básicos (energía eléctrica, agua potable y alcantarillado) que actualmente es un problema en la ciudad el existir vialidades que son propensas a inundarse en época de lluvias y al no existir alcantarillado impactan en la movilidad y a las casas-habitaciones existentes en estas zonas.

2. La ciudad interior de Toluca no es viable para grandes industrias debido a que con el crecimiento de la mancha urbana la población demandará más recursos que actualmente son ocupados por la industria además de que presenta restricciones normativas para su desarrollo futuro; actualmente el corredor industrial está en un proceso de reconversión hacia las actividades terciarias.
3. Deben plantearse o actualizarse los planes concernientes a las áreas verdes y agrícolas en la ciudad debido a que la demanda por espacios para emprendimientos residenciales y/o comerciales se incrementarán lo que amenaza a las áreas verdes cerca del centro urbano en primer lugar y posteriormente a las áreas agrícolas en las periferias.
4. Ante el crecimiento de la ciudad la movilidad se tornará en uno de los principales problemas para la población urbana ya que las avenidas principales actualmente presentan entronques conflictivos y con problemas de desalojo de aguas negras o pluviales lo que incrementa el problema al abnegar o inclusive aislar a áreas completas ante la falta de vías de comunicación para accesos y salidas más propias para una población en expansión.
5. Implementar una planeación integral en la construcción de cualquier nuevo emprendimiento en la ciudad de Toluca para que el crecimiento sea ordenado y sea viable la movilidad de éstos para vincular a estas nuevos centros de población con el centro de la ciudad de manera fácil y eficiente, esto puede lograrse mediante la introducción de transporte público masivo limitando el uso del automóvil particular mejorando el medio ambiente urbano.

Estas recomendaciones son medulares para un manejo del área urbana en el corto y mediano plazo debido a que hacer un pronóstico a largo plazo resulta ser complicado ante lo cambiante que resulta ser la naturaleza humana al modificar su entorno.

Las recomendaciones para llevar a cabo a partir de esta investigación es un levantamiento de las áreas proclives a deslizamientos e inundaciones, por ejemplo, alertar a los habitantes que ya habitan éstas en el riesgo con el cual conviven como es el caso de las áreas

habitacionales sobre Sierra Morelos o en las colonias Nueva Oxtotitlán-Parques Nacionales que resultaron ser áreas con aptitud condicionada debido a la litología que existe. En el caso de los espacios con riesgos de inundación o restringidas se debe realizar un estudio periódico de la frecuencia y el cubrimiento que tienen al momento que se inundan para implementar programas de protección civil en estas áreas prioritarias para la activación de planes de prevención o de contingencia eficientes.

Se recomienda el uso de esta metodología para explorar innovadoras formas de estudiar y abordar problemas complejos que precisan el cruce de múltiples variables y criterios dependiendo el objetivo. Esta clase de evaluación multicriterio debe ser muy bien pensada al momento de establecer un objetivo porque éste debe ser claro y preciso lo que resulta muy útil para acotar los factores que se utilizarán finalmente porque en ocasiones los factores pueden desviarse del objetivo o crear redundancias lo cual sesga el modelo resultante distorsionando los valores lo cual también sucede en el caso del cálculo de los ponderadores que resultan vitales para el éxito del estudio.

