



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

APLICACIÓN DE LA PERCEPCIÓN REMOTA EN EL
DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE ÁREAS
NATURALES DEBI DO AL CRECIMIENTO URBANO
EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE
MÉXICO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA
MARÍA DE JESÚS ALVARADO LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS
M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Señorita.
MARÍA DE JESÚS ALVARADO LÓPEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. RODRIGO TAKASHI SEPÚLVEDA HIROSE**, y que aprobó este Comité, para que lo desarrolle usted conforme a la opción I. "Titulación mediante tesis o tesina y examen profesional", para obtener su título de **INGENIERO CIVIL**.

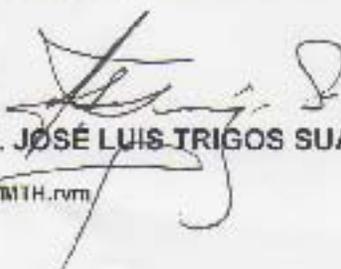
" APLICACIÓN DE LA PERCEPCIÓN REMOTA EN EL DIAGNÓSTICO DE LA PÉRDIDA DE ÁREAS NATURALES DEBIDO AL CRECIMIENTO URBANO EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO"

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ANTECEDENTES.
- III. PERCEPCIÓN REMOTA.
- IV. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO.
- V. METODOLOGÍA.
- VI. RESULTADOS Y ANÁLISIS.
- CONCLUSIONES.
- BIBLIOGRAFÍA.
- ANEXOS.

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"FOR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria a 20 de septiembre del 2013.
EL PRESIDENTE DEL COMITÉ.


M.I. JOSÉ LUIS TRIGOS SUÁREZ

JTS/MIH.rvm

Agradecimientos:

Agradezco al M.I. Rodrigo Takashi Sepúlveda, por su apoyo incondicional, por el tiempo que me brindó y por ser un gran ejemplo a seguir para todos aquellos que fuimos y serán sus alumnos.

A mi madre, por su amor y por su apoyo a pesar de todas las adversidades.

A mi hermana Zuleima por creer en mí y apoyarme cuando más lo necesité. Por ser nuestro ejemplo a seguir y demostrarnos que ningún obstáculo de la vida puede detenernos para lograr nuestros propósitos.

A la UNAM, por la oportunidad y el privilegio de pertenecer a ella.

Contenido

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS.....	5
JUSTIFICACIÓN	5
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	6
1.1. Antecedentes de la percepción remota	6
CAPÍTULO II. PERCEPCIÓN REMOTA	9
2.1. Principios físicos.....	9
2.2. Proceso de percepción remota y sus elementos	10
2.3. Sensores y plataformas	13
2.4. Procesamiento de datos	15
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO	17
3.1. Descripción general de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	17
3.2. Antecedentes históricos	17
3.3. Características físicas y socioeconómicas.....	20
Población.....	22
Migración	26
Vivienda	27
Sectores principales de empleo.....	29
3.4. Evolución de crecimiento de la Ciudad de México	29
CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA.....	31
4.1. Información estadística y geográfica de la zona metropolitana de la Ciudad de México.....	31
4.2. Sitio de estudio	31
4.3. Periodo de estudio	31
4.4. Plataformas seleccionadas.....	31
4.5. Adquisición de las imágenes.....	32
4.6. Procesamiento de imágenes satelitales	32
CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	39
5.1. Análisis digital de imágenes	39
5.2. Interpretación de los resultados.....	43
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXO 1.....	48

INTRODUCCIÓN

El concepto “Ciudad” no tiene una definición simple que incorpore todas las variables que intervienen, pues involucra diversos factores, situaciones y criterios. Un factor importante para las instituciones que manejan información estadística es el número de habitantes, pero no menos significativas son las actividades que se realizan en la ciudad. Sin embargo, su significado puede describirse desde distintos enfoques.

Lo más importante en una ciudad es que el hombre sea el centro de ésta, pues es creada por y para él como consecuencia de sus necesidades y su reproducción; el impacto, el desarrollo y los efectos que genera una ciudad son el resultado de los cambios realizados por el ser humano en su búsqueda por obtener una mejor calidad de vida.

La ciudad no sólo es un centro político, económico, religioso y cultural, es un ideal de vida, un modelo superficial que busca satisfacer cada una de las necesidades del hombre.

En el Medio Oriente, en lo que actualmente es Irán e Iraq, gracias a las condiciones naturales de la región, con gran cantidad de plantas silvestres, ríos caudalosos y especies animales, surgen los primeros asentamientos humanos en un lugar que se conoció como Mesopotamia (4000 a.C.). El desarrollo del comercio y la agricultura dieron paso a formar grupos humanos quienes se dan a la tarea de construir aldeas más estables, canales que favorecieron la agricultura, murallas y edificios religiosos.

Las ciudades son consideradas como aquellas entidades articuladoras del crecimiento y desarrollo urbano. Pero, ¿qué provoca la generación de una ciudad?, la ciudad existe principalmente al desenvolverse la industria y el comercio, concentra ciertas actividades relacionadas con la economía, industria, educación, salud, política, cultura, transporte, turismo, entre otros; estos factores es lo que hace una ciudad funcional.

En una ciudad, la mayor parte de la población se dedica principalmente a actividades industriales y comerciales, predominan los servicios y las industrias, muy alejadas se encuentran las actividades de tipo agrícolas.

La necesidad y la búsqueda de una mejor calidad de vida, así como las propuestas de un trabajo digno, son algunas de las razones por las cuales las personas se ven atraídas por las grandes ciudades.

El proceso de urbanización se origina al existir el desplazamiento de cierta población a otro territorio donde se concentra la industria, la cual ofrece oportunidades de trabajo; en este momento los trabajadores se ven en la necesidad de contar con viviendas y servicios lo más cerca posible a su fuente de empleo; lo cual, genera una rápida expansión, los terrenos se preparan para su uso urbano, se crean calles, se dotan de servicios (por ejemplo luz y agua), avenidas, carreteras, escuelas, entre otros.

Para poder considerar que una población es urbana debe superar los 2 500 habitantes.¹

La atracción por las grandes ciudades provoca con el paso del tiempo un crecimiento considerable de la población, generando escasez de empleo, lo que conlleva a pobreza, carencia de servicios y, por lo tanto, la calidad de vida que se buscaba se ve deteriorada.

El crecimiento urbano y la transformación de comunidades a grandes ciudades, es un fenómeno social y demográfico que impacta fuertemente al medio ambiente, pues el uso de suelo con fines urbanos es completamente irreversible. La ciudad, es un ecosistema artificial que toma energía y recursos de ecosistemas naturales, ésta genera gran cantidad de residuos que sin duda

¹ INEGI. *Población rural y urbana* http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb

contaminan y deterioran la calidad del suelo, aire y agua de la misma así como de sus alrededores. La pérdida de áreas naturales debido al crecimiento urbano, reduce la biodiversidad, que actualmente es la causa más importante de la extinción de especies en el mundo.

En el primer capítulo se abordan los antecedentes de la percepción remota, técnica indispensable para el desarrollo de este trabajo; en el segundo capítulo se describe el proceso de obtención de información, procesamiento de ésta y la solución o resultados obtenidos.

Durante el tercer capítulo se describe el sitio en estudio, antecedentes históricos, características físicas y socioeconómicas que justifiquen la situación actual del lugar, y que puedan ser comparables con los resultados obtenidos del procesamiento de imágenes para poder demostrar la evolución del crecimiento urbano y su participación en la pérdida de áreas naturales.

Para el cuarto capítulo se reserva la metodología a emplear, el periodo requerido de estudio, adquisición y procesamiento de imágenes, para que, finalmente en el quinto capítulo se presenten los resultados obtenidos y el análisis de los mismos.

OBJETIVOS

Evidenciar la pérdida de áreas naturales debido al crecimiento urbano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México mediante percepción remota.

Analizar, procesar e interpretar imágenes satelitales para determinar el ritmo de crecimiento de la zona metropolitana.

JUSTIFICACIÓN

La percepción remota se puede aplicar en la Ingeniería Civil como una herramienta esencial para reconocer ciertas características físicas del paisaje, con la ventaja de contar con información de años anteriores que ayudan a reconocer los diferentes efectos o procesos que ha sufrido determinada zona en estudio. En la actualidad, puede ser de gran utilidad para la planeación urbana, para frenar los daños ocasionados detectando zonas que serían factibles de urbanizar y que al mismo tiempo se reduzca la pérdida de áreas naturales; el proceso de urbanización genera una rápida expansión, con la percepción remota se puede detectar anticipadamente el impacto que posiblemente genera al medio ambiente la dirección del crecimiento urbano.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. *Antecedentes de la percepción remota*

Se puede decir que la percepción remota ha existido desde la invención de las cámaras fotográficas. La idea de captar una imagen, es el principal antecedente de la percepción remota.

En el siglo XI los astrónomos en Arabia inventaron un prototipo rudimentario para poder seguir el curso de las estrellas, se trataba de una habitación oscura cuya única fuente de luz era un orificio pequeño en la pared, la luz que penetraba por aquel orificio, proyectaba una imagen del exterior en la pared opuesta aunque invertida y borrosa, a este descubrimiento se le llama cámara oscura, que en italiano significa cuarto oscuro.

Tal fue su auge, que se convierte la cámara oscura en un instrumento popular entre los artistas y en el siglo XVIII muchos pintores famosos calcaban sus trabajos usando una de éstas.

A principios de 1800, fueron tiempos de abundantes inventos y de la Revolución Industrial en donde la competencia por patentar y proteger las ideas propias era fuerte. En 1816 en un poblado francés cerca de París, Joseph Niépce un inventor humilde aporta una gran contribución al desarrollo de la cámara, se interesa en el arte de la litografía para poder hacer copias de obras de arte ya existentes, construye una pequeña cámara oscura, coloca un papel cubierto con cloruro de sodio al fondo de la cámara consiguiendo una imagen que no permanece grabada por mucho tiempo.



Figura 1.1 Mesa puesta, Joseph Niépce 1822²

Para 1492 aparecen los manuscritos de Leonardo Da Vinci, donde describe el funcionamiento de la cámara oscura que consiste en reflejar el objeto dentro de la misma, pareciendo como si estuviera pintado en papel. Da Vinci utiliza la cámara oscura para profundizar sobre el funcionamiento de la visión, el comportamiento de la luz y la perspectiva geométrica, todo esto relacionado con la pintura; se puede decir que él fue el primero en añadir una lente al orificio de la cámara oscura con el objetivo de proyectar una imagen más nítida (Véase figura 1.2).

² Fotografía tomada de <http://www.verfotografias.com/2009/10/08/las-primeras-fotografias-de-la-historia/>. La fotografía más conocida y oficialmente la primera de Niépce, es *Punto de vista desde la ventana de Gras* 1826.

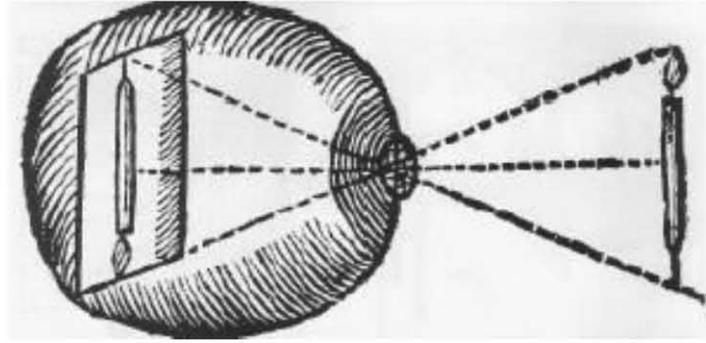


Figura 1.2 La cámara oscura y el ojo humano (proyección de Da Vinci)

Los científicos británicos Thomas Wedgwood y Sir Murphy Davy, comenzaron experimentos para obtener imágenes fotográficas, pero éstas no eran permanentes ya que al ser expuestas a la luz la superficie del papel se ennegrecía.

A finales de los 1800, la fotografía se había desarrollado notablemente, cámaras portátiles, se podían obtener los negativos de las fotografías, las placas podían ser reveladas en otro sitio, menor tiempo de exposición, entre otras cualidades.

Viviendo la cámara fotográfica su apogeo, surge la idea de fotografiar la tierra desde las alturas; posiblemente la primera persona que tomó una fotografía aérea, sea Nadar (Félix Tournachon) periodista y fotógrafo francés quien compró una cámara y tiene la idea de subir a un globo y fotografiar el mundo (Véase figura 1.3). Ante esto, los primeros en darse cuenta de la importancia de la fotografía aérea son los militares, quienes pronto aprovechan esta táctica como estrategia militar.



Figura 1.3 Fotografía de Nadar, captada en el Campo Marte, París, 18 de octubre 1863.

Las primeras fotografías aéreas se obtuvieron colocando cámaras en papalotes, globos aerostáticos o palomas; a través de estas imágenes se logran percibir fenómenos naturales, distinguir entre las grandes ciudades y el campo.



Figura 1.4 De las primeras fotografías aéreas que se conservan se encuentra la Ciudad de Boston E.U por James Wallace en 1860³.



Figura 1.5 Primeras fotografías aéreas de Ciudad Universitaria, tomado de Archivo histórico de la UNAM⁴

A principios de los 90 empieza la era de la aviación, que es fundamental para el desarrollo de la percepción remota. La aviación se desarrolló con gran rapidez, se construían distintos diseños y se realizaban pruebas de vuelo, lo que apresuradamente se manifestó en aviones cada vez más sofisticados; así mismo, la fotografía iba teniendo avances, se obtenían imágenes cada vez con mejor calidad, las cámaras eran más compactas, mejoras en los lentes y para 1930 ya se podían obtener imágenes a color.

Poco después de la invención de los aviones, pasaron a ser de uso militar. En la Primera Guerra Mundial, las cámaras con mejor resolución, las más pequeñas y sofisticadas de la época fueron

³ Fotografía tomada de <http://www.metmuseum.org/art/collection/search/283189>, colección Gilman, New York, 1984.

⁴ Fotografía tomada de la galería histórica disponible en: <http://www.patrimoniomundial.unam.mx/contenidoEstatico/galeria/verGaleria/22/galeria-historica>

montadas en aviones, con las que se obtuvieron vistas aéreas de grandes superficies de terreno que sirvieron primordialmente para identificar las zonas de ataque como estrategia militar.

En la Segunda Guerra Mundial, la fotografía aérea era una de las principales estrategias militares, permitía ubicar y describir zonas de ataque, identificar elementos camuflajeados y precisar los campos de batalla.

Como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, los conflictos entre potencias se convirtieron en competencia surgiendo la Guerra Fría, donde la competencia tecnológica y espacial avanzó a pasos agigantados logrando que el hombre explorara el espacio y llegara a la Luna.

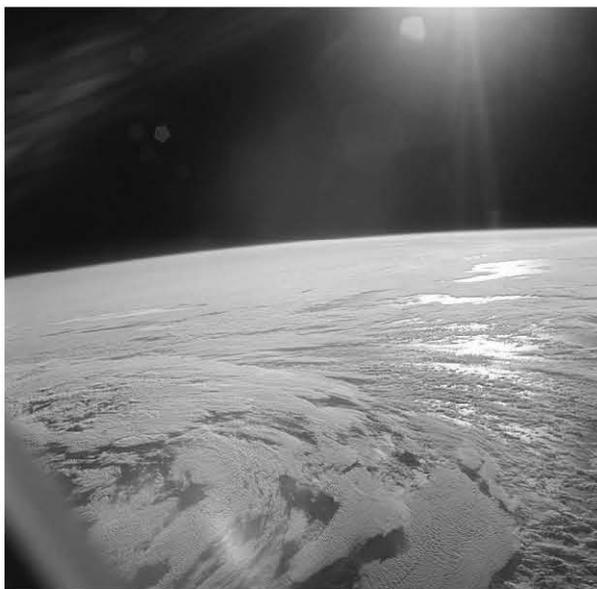


Figura 1.6 La Tierra vista desde el Apolo 11 Fuente NASA⁵

Aunque las guerras son hechos terribles, una consecuencia favorable es el progreso de los avances científicos y tecnológicos que hoy en día permiten conocer desde otras perspectivas nuestro planeta, el Espacio, tener comunicación entre naciones, avances en la medicina, transporte, todo ello en beneficio de la sociedad.

CAPÍTULO II. PERCEPCIÓN REMOTA

2.1. Principios físicos

La percepción remota también conocida como teledetección, es una técnica que se utiliza para obtener información de un objeto o superficie mediante un dispositivo externo sin tener contacto físico con él. Es una forma de analizar y procesar los datos obtenidos de un objeto o superficie, siendo esto posible gracias a la relación sensor-cobertura expresada a través de la radiación electromagnética.

Lo más importante en la teledetección es el hecho de comprender qué es una imagen de satélite y de qué manera es captada. Un sensor de satélite tiene miles de pequeños detectores, los cuales miden la radiación electromagnética, es decir, la energía que refleja la superficie de la Tierra y los objetos que se encuentran en ella; llamando a dichas mediciones *espectrales*. Cada valor de reflectancia espectral se considera como un número digital el cual se transmite de nuevo a la

⁵ Fotografía de la galería de la NASA disponible en:<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/apollo/apollo11/html/as11-36-5299>.

Tierra donde a través de una computadora se convierte en matices de gris y crea una imagen semejando una fotografía.

2.2. *Proceso de percepción remota y sus elementos*

El proceso se describe con la obtención de información, procesamiento de ésta y la solución o resultados obtenidos.

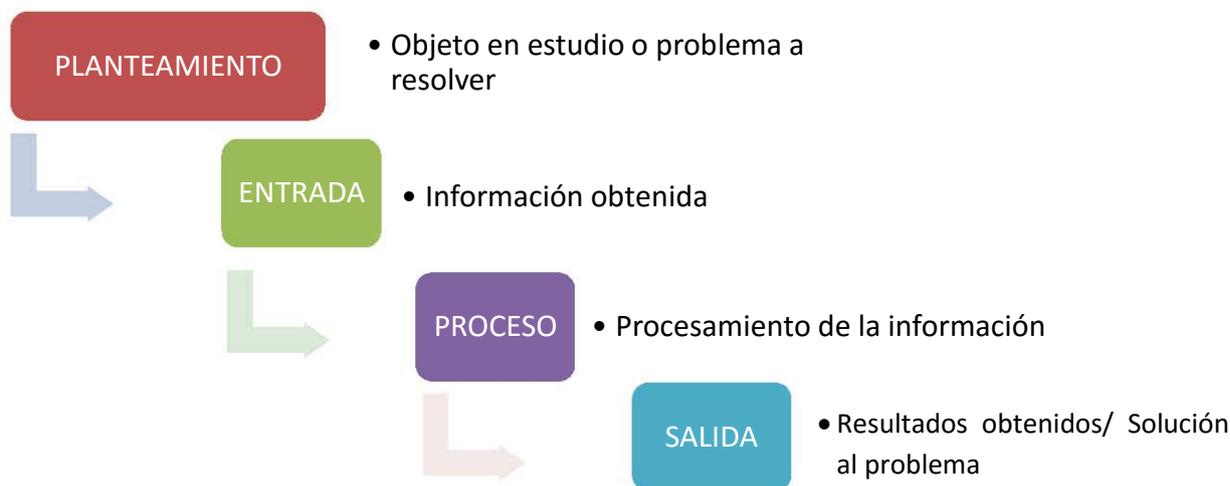


Figura 2.1 Proceso de percepción remota

Elementos del proceso de percepción remota

Radiación electromagnética. Esta radiación transporta energía de un punto a otro y se mueve a la velocidad de la luz; las fuentes de radiación electromagnética pueden ser naturales como el Sol o artificiales como un radar o láser. Todos los materiales con temperatura superior al cero absoluto (0 K o -273°C) emiten radiación electromagnética, esta radiación transmitida puede presentarse sobre la superficie de otro material pudiendo ser reflejada, absorbida o transmitida.

La emisión, absorción, reflexión y transmisión, ocurren a la vez, dependiendo de las características físicas y químicas de los materiales, los cuatro procesos ocurren en diferentes regiones del espectro con distintas intensidades. Este comportamiento espectral de los diferentes materiales se denomina firma espectral y es utilizado para distinguir diversos materiales entre sí.

Radiación y medio de transmisión (atmósfera). Al obtener información mediante un sensor remoto, por lo general, la señal colectada corresponde a la radiación proveniente del Sol que interactúa con la atmósfera y retorna al sensor interactuando con la atmósfera. Existen regiones del espectro electromagnético en las cuales la atmósfera es opaca, no permite el paso de la radiación electromagnética, estas regiones definen las bandas de absorción de la atmósfera.

Interacción con el objeto. Depende de las propiedades del objeto y de la radiación incidente. Cuando la radiación alcanza el objeto, puede ser transmitida, absorbida, dispersada o reflejada.

Localización en el sensor. El sensor se encarga de captar y almacenar la radiación electromagnética reflejada, dispersada o emitida por el objeto y la atmósfera.

Transmisión, recepción y almacenamiento. La información detectada por el sensor se transmite a una estación de recepción y procesamiento en donde los datos son convertidos en imágenes satelitales, generalmente aplicando algún procesamiento a la imagen.

Interpretación y análisis. Tanto visual como digitalmente es importante interpretar la imagen procesada con el objetivo de obtener información de interés. Mediante técnicas de procesamiento de imágenes, se pueden manipular y aplicar operaciones a los datos recolectados.

Aplicación. La información obtenida permite conocer el objeto en estudio y puede llegar a resolver un problema en particular.

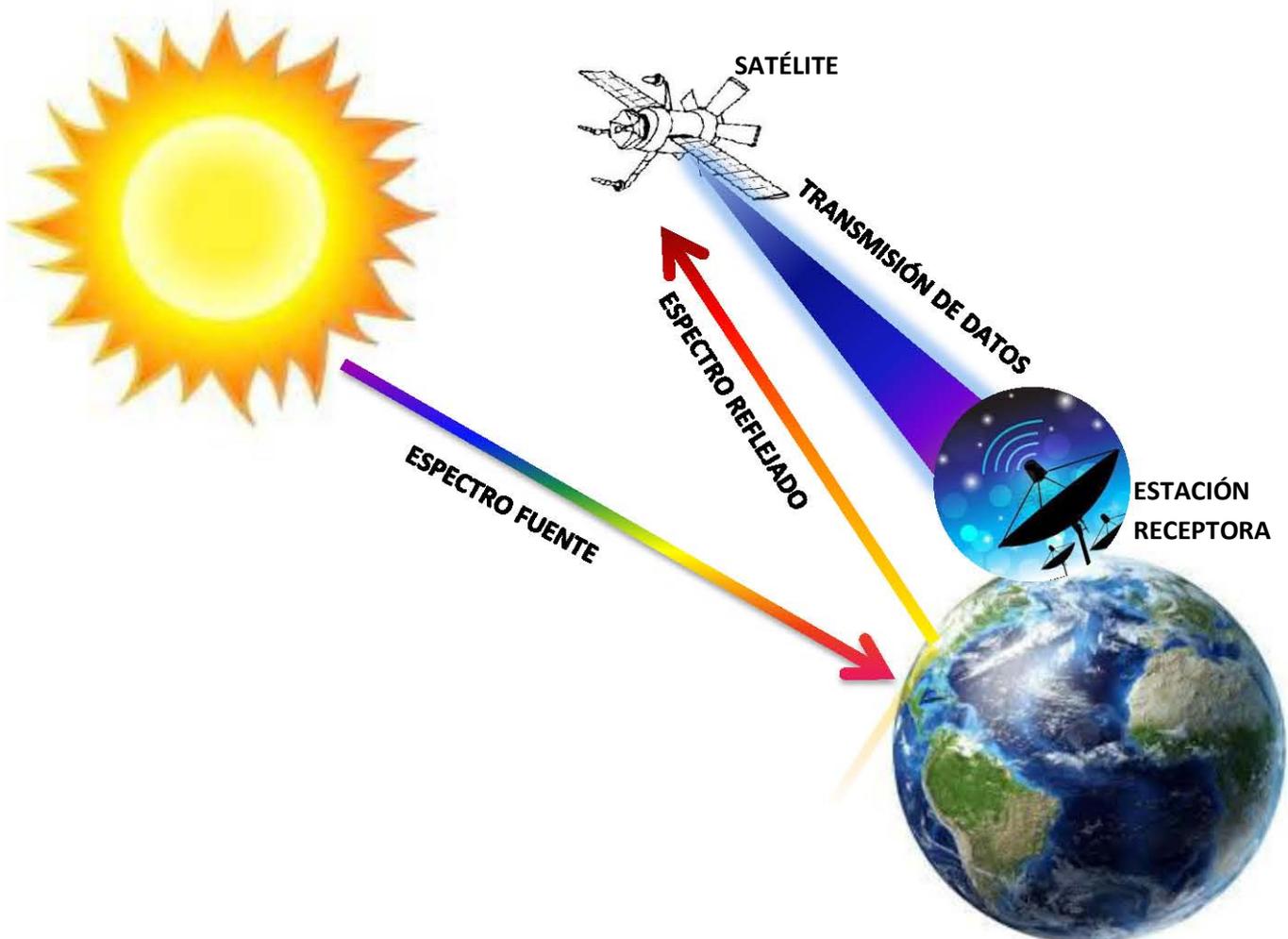


Figura 2.2 Funcionamiento de un satélite de observación

Los sensores miden la reflectancia de la energía en las partes visibles del espectro electromagnético del infrarrojo cercano, medio y térmico, y de microondas radáricas.

Espectro electromagnético. Se trata de una sucesión continua de valores de longitudes de onda. La longitud de onda es la distancia entre dos crestas adyacentes de onda, valor que muestra cuán larga es la onda; una longitud de onda larga corresponde a una frecuencia baja, la frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cierto periodo. Una longitud de onda corta pertenece a una alta frecuencia (Véase figura 2.3).

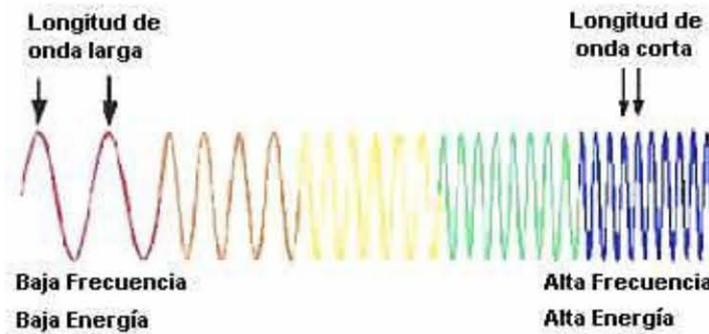


Figura 2.3 Frecuencia y longitud de onda

El principio básico de la percepción remota es medir los diferentes niveles de energía que existen en un sistema, esto es posible a través del espectro electromagnético. Las partículas que hacen posible el análisis del campo electromagnético y que transmiten las radiaciones de la materia cuando son sometidas a diversos procesos, se llaman fotones; la energía de los fotones tiene como parámetros el tamaño de onda y la frecuencia.

Los fotones viajan por el espacio tridimensional en forma de ondas, cuenta con la componente magnética y eléctrica. El espectro electromagnético, expresa gráficamente la radiación electromagnética a través de distintos niveles de energía (escala policromática) de las diferentes gamas de energía de los fotones. Mientras más energía sea aportada a los cuerpos, será mayor la frecuencia de las ondas de propagación debido a los efectos producidos.

En la percepción remota de la Tierra por lo general, se utiliza la energía reflejada o emitida por los cuerpos, en cierto rango del espectro electromagnético como la luz visible y los infrarrojos.

La información que se recibe de las diferentes bandas del espectro electromagnético, es analizada generando imágenes con distintos tonos que representan las diferentes intensidades de los fotones, asociados a un rango de valores de longitud de onda captada por los sensores. A la percepción de los diferentes rangos de ondas electromagnéticas captadas en las tomas, se le conoce como percepción remota multispectral. La cantidad de radiación solar que se refleja, absorbe o transmite un cuerpo varía con respecto a la longitud de onda.

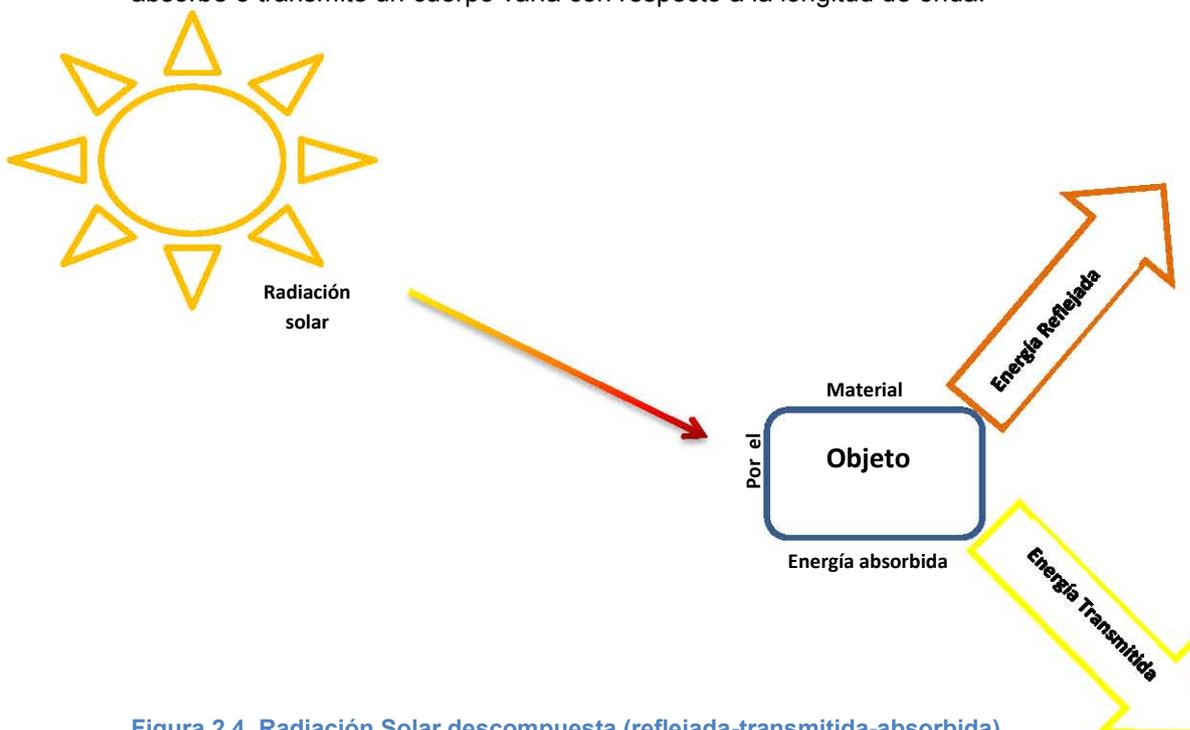


Figura 2.4 Radiación Solar descompuesta (reflejada-transmitida-absorbida)

La percepción remota es una técnica que permite obtener altos volúmenes de información de la superficie terrestre que sirve a diversas ciencias para su estudio y análisis y de esta manera poseer un conocimiento avanzado del espacio.

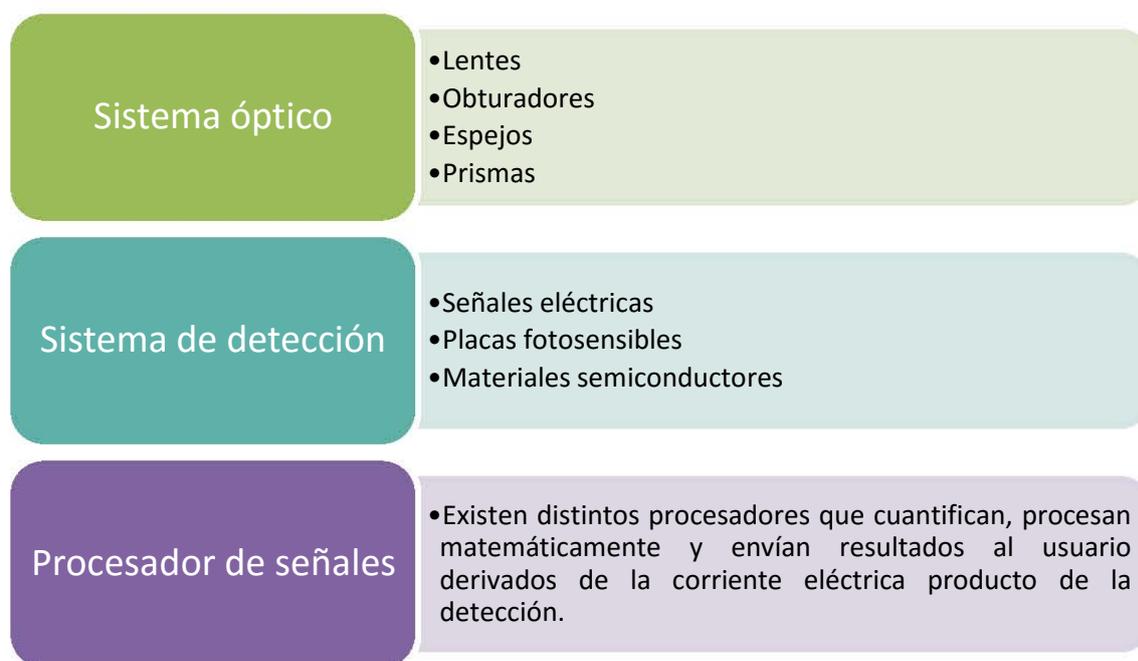
Es importante mencionar que actualmente la percepción remota es una aplicación de gran ayuda para diversas actividades relacionadas con la agricultura, el medio ambiente, catastrales, de ordenamiento territorial, entre muchas otras. Esta tecnología constituye una forma adecuada de reducir costos y tiempo, por ejemplo, en la elaboración de un proyecto.

Para poder obtener datos mediante percepción remota se necesita de un sistema tal que todas sus partes que lo conforman estén en constante interacción.

2.3. Sensores y plataformas

Los sensores son los dispositivos encargados de captar la información transmitida en forma de energía proveniente de un objeto o área en estudio. Los sensores están sincronizados para captar y procesar las frecuencias de ondas percibidas de los objetos, pertenecientes a una región del espectro electromagnético, distribuyéndose en patrones de colores preestablecidos.

Los sensores están compuestos por varios sistemas, cada uno de ellos capaz de realizar un proceso en específico para llegar a obtener la información requerida, agrupándose en tres partes:



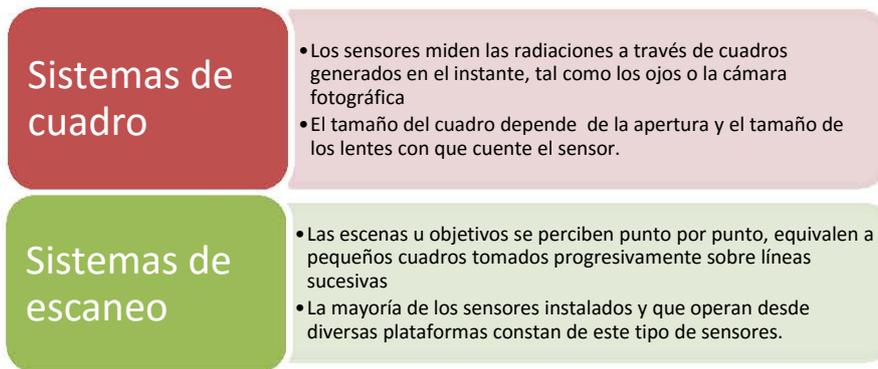
En la percepción remota por lo general se utilizan sensores de tipo óptico, detectando la intensidad y la longitud de onda de luz.

Radiómetros. Realizan la medición cuantitativa del espectro electromagnético. Cuando las radiaciones detectadas únicamente involucran al espectro visible del ojo humano se denomina **fotómetro**.

Espectrómetro. Dispositivo que contiene un prisma el cual descompone las radiaciones de luz que permite cuantificar en secciones con valores de longitud de onda discretas.

Espectroradiómetros. Dispositivos que reciben en bandas las radiaciones de los objetos y que perciben en una composición la intensidad y la longitud de onda del espectro electromagnético radiado por los objetos en estudio.

También se pueden clasificar los sensores por la forma de tomar datos y cómo estos datos son percibidos por los sensores:



En función de la posición espectral de las bandas, los sensores recolectan energía reflejada (visible e infrarroja), emitida (térmica infrarroja) o dispersada (visible o microondas) por la atmósfera o superficie terrestre.

Las plataformas son estructuras encargadas de almacenar los sensores, éstas se encuentran en constante movimiento, permitiendo obtener información de múltiples objetos y sitios.

Algunos ejemplos de plataformas son:



Algunas plataformas se encuentran a menor altura como globos aerostáticos, pequeños aeroplanos, helicópteros y drones.

Las plataformas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- En función de su distancia respecto a la superficie terrestre, los intervalos de alturas van desde pocos metros sobre el suelo hasta 36,000 km (Véase figura 2.5).
- En función de su trayectoria (Sincronizada con el Sol u órbita geoestacionaria)

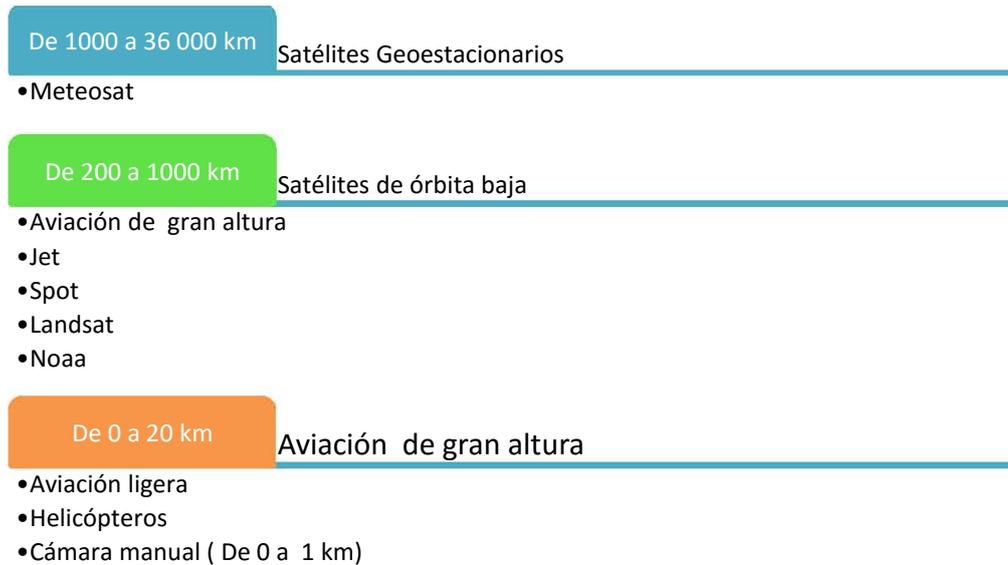


Figura 2.5 Plataformas clasificadas en función de su altura desde la Tierra

2.4. Procesamiento de datos

Los sensores se encargan de hacer un barrido de las zonas u objetos en estudio para producir una curva espectral continua; el análisis de la información consiste en determinar las firmas espectrales o curvas características de cada uno de los parámetros evaluados a través de la correlación de los datos.

Organización de una imagen satelital

La información obtenida por el sensor es almacenada como un dato numérico, que corresponde a un nivel digital (**ND**) dentro de cierta escala proporcional a la radiancia detectada; esta información corresponde al valor de un píxel y resulta del promedio de las radiancias de la zona abarcada.

El ND es un número entero que varía dependiendo de la resolución radiométrica con la que cuente el sensor. Por ejemplo, para 8 bits, el nivel digital para cada píxel puede variar de 0 a 255, completando los 256 posibles valores (2^8). Es así, que puede traducirse a una intensidad visual, a través de su nivel de gris.

La imagen está compuesta por K matrices iguales al número de bandas con que cuente el sensor, es decir, el número de bandas de la imagen multiespectral.

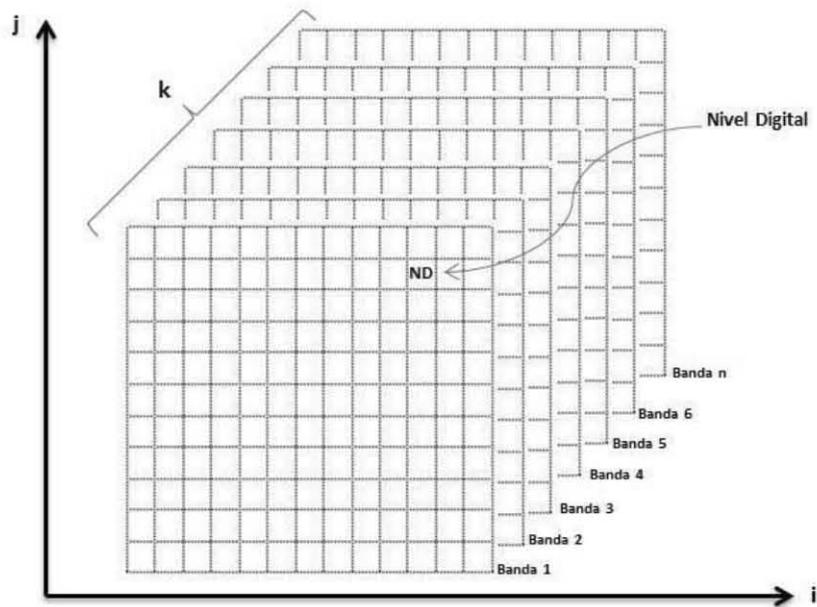


Figura 2.6 Organización de la imagen satelital (i-coordenada espacial horizontal, j-coordenada espacial vertical, k-localización espectral asociada a su Nivel Digital ND). Basado en (Ledezma 2013)

Para poder analizar y modelar los datos capturados, es necesario procesarlos mediante un SIG o software de percepción remota, este proceso comprende generalmente de cuatro etapas:

Preprocesamiento de la imagen. Se refiere a la corrección de errores radiométricos y geométricos encontrados en las imágenes raster. Las correcciones radiométricas se realizan cuando se haya errores por fallas en funcionamiento de detectores y efectos atmosféricos en imágenes en espectro visible e infrarrojo. Las correcciones geométricas se aplican a errores propios del sensor (por ejemplo las cámaras) o a las variaciones del terreno.

Las imágenes pueden requerir correcciones por efectos topográficos dependiendo de las condiciones del terreno, ya sean imágenes ópticas, infrarrojas o de microondas.

Mejora y/o transformación de la imagen. Se aplican con el fin de optimizar el análisis digital, se pueden aplicar realces y filtros a la imagen.

Clasificación. Procedimiento (semiautomático) donde un píxel o grupo de píxeles se asignan a clases espectrales (método no supervisado) o clases informacionales (método supervisado); para esto se utilizan reglas de decisión que pueden basarse en información de origen espectral, contextual, estructural o alguna combinación de éstas.

Postclasificación. Mejora visual final de las imágenes ya clasificadas, probablemente agregando filtros y agrupando clases pequeñas.

CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DEL SITIO

3.1. *Descripción general de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*

Una zona metropolitana es el conjunto de dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio que originalmente la contenía, incorporando municipios vecinos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica.⁶

Las zonas metropolitanas se caracterizan principalmente por la concentración de población, actividades económicas y por gestiones político administrativas.

La globalización y los avances científicos y tecnológicos han transformado y hecho más eficientes los procesos productivos, los transportes y las comunicaciones, alterando los patrones de movilidad y distribución territorial de la población. Uno de los aspectos de mayor relevancia es la formación de grandes ciudades cuyas dimensiones demográficas, geográficas y funcionales desbordan los límites político-administrativos del territorio sobre el que se expanden, dando lugar así a la formación de zonas metropolitanas.⁷

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) engloba el área urbana y sigue los límites político-administrativos, contando con datos estadísticos. Según el censo de población y vivienda del 2010 hecho por el INEGI, se contaba con una población de alrededor 20 millones de habitantes, siendo la tercera ciudad más poblada en el mundo, estimándose que para el año 2015 podría ser la sexta mega ciudad del mundo.

Desde 1940 que se comienza a poblar la periferia de la Ciudad de México, se propone establecer los límites, programas ambientales, pero sólo quedo en futuro proyecto. Es hasta el 2005 cuando el gobierno del Distrito Federal con apoyo del Estado de México, establecen una definición oficial llamándola Zona Metropolitana del Valle de México ZMVM.

La delimitación de la zona metropolitana, facilita apreciar correctamente las dimensiones y características del proceso de metropolización. Este proceso inicia en las ciudades de México, Monterrey, Torreón, Tampico y Orizaba, sin embargo, no se contaba con información sistematizada que permitiera conocer sus características y dimensiones para poder tener un panorama de lo que sucede con este fenómeno.

3.2. *Antecedentes históricos*

Etapa prehispánica

Varios miles de años atrás, la cuenca de México fue el sitio donde se desarrolló una de las más importantes revoluciones agrícolas del mundo, domesticando el maíz, el tomate, la calabaza, el chile, el chocolate, alimentos que se convirtieron con el tiempo la parte fundamental en la dieta de los habitantes del continente americano, de Europa y Asia.

⁶ SEDESOL, CONAPO, INEGI. Delimitación de las zonas metropolitanas de México. 2010. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010

⁷ Ídem.

Alrededor del año 1000 a.C. se veían las primeras villas y aldeas en las riberas del Lago de Texcoco, personas que se dedicaron en un principio a la agricultura y que poco a poco fueron trabajando la cerámica y practicando el comercio.

Años más tarde, cuando ya se sabía a las afueras sobre este lugar, la cuenca empezó a recibir pobladores de otros lugares que tenían como lengua nativa el náhuatl, se establecieron, fueron aprendiendo las costumbres de la región y técnicas agrícolas, estableciendo varias ciudades que con el tiempo formaron una inmensa red de centros productores y de intercambio comercial. Algunas de estas ciudades fueron Azcapotzalco, Culhuacán, Texcoco, Mixcoac; pero la más especial de todas y la que concentraba el poder era México- Tenochtitlan, se convirtió rápidamente en el centro de un imperio que contaba con servicios que no había en ninguna otra ciudad del mundo en ese tiempo, agua potable, drenaje, sus calles eran pavimentadas, canales por donde transportaban mercancías.

En pleno apogeo esta ciudad se ve amenazada por la llegada de habitantes extranjeros, es sitiada junto con la Ciudad de México-Tlatelolco a manos del Imperio español en el año 1521, sufren escasez de agua y comida, llegan enfermedades traídas por los europeos, epidemias que debilitan a Tenochtitlan propiciando su caída el 13 de agosto de 1521, acontecimiento que marca el inicio de la Conquista de México.

Etapas Virreinal

Tras la caída de Tenochtitlan, los españoles comienzan a apoderarse de la ciudad edificando de acuerdo a su estilo y sus necesidades, grandes palacios, iglesias y estilos europeos invadieron la ciudad y la modificaron por completo, por lo que la ciudad de México fue considerada como una de las ciudades más impresionantes construida por los europeos.

Etapas de Independencia

Durante los años más violentos de lucha debido al estallido de la guerra de independencia en 1810, aumenta la migración hacia las grandes ciudades. En el año de 1821 al consumarse la independencia mexicana, el Congreso declara a la Ciudad de México como sede de los poderes federales.⁸ Era de esperarse que la Ciudad de México fuese declarada sede del Distrito Federal, ya que había sido el centro político, económico y social del país, durante y después de la época colonial.

La Ciudad de México comienza oficialmente en 1824, con la creación de la primera Constitución Federal Mexicana.

La independencia de México trajo consigo el restablecimiento de todo el país. La Ciudad de México tuvo un periodo de gran desarrollo económico implementando vías de ferrocarril, grandes comercios y fábricas así como importantes edificaciones públicas como el Palacio de Bellas Artes.

⁸ Gabriela Luna. *El crecimiento Urbano del Distrito Federal (Ciudad de México) y su legislación urbanística*. 2011. www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/85/art/art13.htm

Para 1910, la ciudad se conformaba de una superficie de 40 km², con una población de 471 mil habitantes.⁹ Con la Revolución Mexicana en este mismo año, hay una gran migración hacia la Ciudad de México, gente de provincia que huía de las batallas.

La ciudad crece de 471 mil habitantes en 1910 a 1 millón 29 mil en 1930. El crecimiento urbano de la Ciudad de México comenzó a acelerarse y aparece el fenómeno de descentralización que provoca que el comercio y los servicios se localicen fuera del centro.

Siglo XX

Para los años cuarenta hubo un fuerte desarrollo en la ciudad trayendo consigo inmigrantes, lo que generó el comienzo de la construcción de edificios multifamiliares, casas, departamentos, arrasando con la vegetación tan basta con la que contaba para ese entonces la capital del país.

Para el año de 1941, la Ley Orgánica del Departamento del Distrito Federal determinó que la Ciudad de México fuera la capital del Distrito Federal, por lo cual el Distrito Federal se conformaría por la Ciudad de México junto con sus 12 delegaciones; para 1970 se crean 4 nuevas delegaciones, teniendo el D.F. 16 delegaciones.

En los años cincuenta se comienzan a ver los primeros fraccionamientos urbanos y se sobrepasan los límites de la ciudad. La prioridad para entonces era satisfacer las necesidades de las personas, se crean líneas de transporte urbano, redes del metro, redes de alcantarillado, abastecimiento de agua potable, electricidad, recolección de desechos, etc. Es el comienzo del crecimiento urbano que se fue acelerando exponencialmente debido a la búsqueda de una mejor calidad de vida.

Cabe mencionar que, a mediados de los 50 comienzan invasiones de terrenos a causa de ventas ilegales y no controladas. Por lo que se tiene la necesidad de decretar una política que impida nuevos asentamientos humanos en el Distrito Federal, provocando un desplazamiento poblacional y por lo mismo la mancha urbana hacia los municipios contiguos del Estado de México. Para este entonces la población del Estado de México, apenas representaba el 1% de la población total metropolitana.

Entre 1950 y 1970, se crea el Instituto Nacional de la Vivienda con el objetivo de responder ante las grandes cantidades de vivienda requeridas; en estos años también se inicia el desarrollo habitacional vertical (departamentos) y se crean programas sociales para obtención de viviendas y créditos bancarios para la vivienda.

Los siguientes años, el crecimiento urbano rebasó los límites del Distrito Federal hacia el norte, poblando municipios del estado de México como Tlalnepantla, Naucalpan, Chimalhuacán y Ecatepec.

El motivo por el cual la mancha urbana se expandió principalmente hacia el norte, es la ubicación de nuevas industrias en esta zona, las cuales generaban fuentes de trabajo comprometedoras.

⁹ Hiernaux Daniel. *La planeación de la Ciudad de México: logros y contradicciones*, en Gabriela Luna. *El crecimiento Urbano del Distrito Federal (Ciudad de México) y su legislación urbanística*. 2011. www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/85/art/art13.htm

A partir de 1970, la economía de la ciudad empezó a degradarse, propiciando un proceso de desindustrialización, la mayoría de las industrias obligadas por las nuevas normas y políticas orientadas para trasladar a las industrias con altas emisiones contaminantes o de alto consumo de agua del Distrito Federal, se reubican hacia las periferias de la ciudad.

Entre 1990 y el año 2000, el gobierno deja de construir enfocándose en la promoción habitacional y en su financiamiento.

A pesar de que el fenómeno metropolitano en México tiene más de 70 años, y con el paso del tiempo el crecimiento de la población ha ido desacelerando, la planeación territorial y los servicios públicos son aún insuficientes en relación a las necesidades que tiene la población que vive en las zonas metropolitanas.

3.3. Características físicas y socioeconómicas

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México comprende las siguientes coordenadas geográficas extremas: al norte $20^{\circ} 04' 02''$, al sur $18^{\circ} 55' 08''$ de latitud norte, al este $98^{\circ} 34' 08''$, al oeste $99^{\circ} 39' 06''$ de longitud oeste¹⁰. Su porcentaje territorial es de 0.39¹¹. La ZMCM colinda al norte con los estados de Hidalgo y Estado de México; al este con el Estado de México, Tlaxcala y Puebla; al sur con el Estado de México y Morelos; al oeste con el Estado de México.

En la actualidad la ZMCM está conformada por 16 delegaciones de la Ciudad de México (CDMX) anteriormente conocida como Distrito Federal, 59 municipios del Estado de México y 1 municipio del estado de Hidalgo (Véase figura 3.1 y anexo 1).

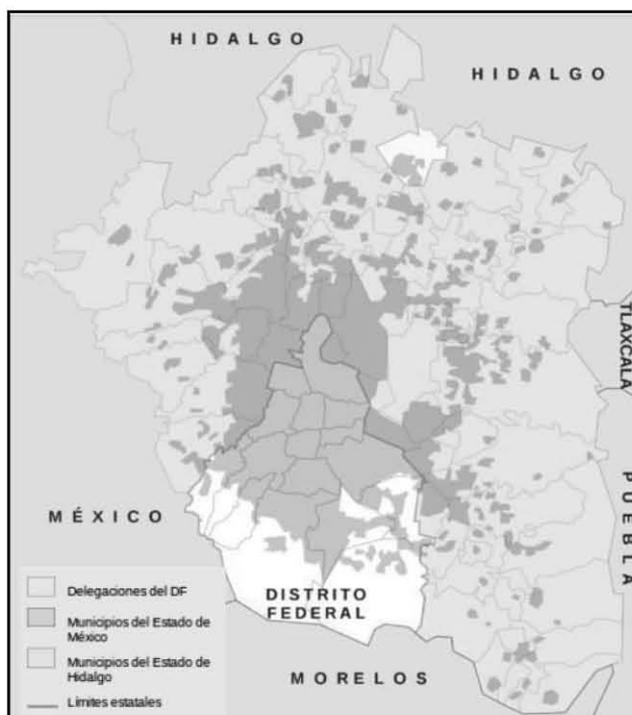


Figura 3.1 Delimitación de la zona Metropolitana de la Ciudad de México ZMCM

¹⁰ INEGI. *Marco Geoestadístico Nacional 2013*.

¹¹ INEGI. Dirección General de Geografía y Medio Ambiente. Porcentaje de la superficie total del País por Entidad y Municipio. 2000. Inédito.

Tabla 3.1 División geoestadística municipal y delegacional ZMCM, 2016

Entidad	Delegación o Municipio
Ciudad de México	010 Álvaro Obregón
Ciudad de México	002 Azcapotzalco
Ciudad de México	014 Benito Juárez
Ciudad de México	003 Coyoacán
Ciudad de México	004 Cuajimalpa de Morelos
Ciudad de México	015 Cuauhtémoc
Ciudad de México	005 Gustavo A. Madero
Ciudad de México	006 Iztacalco
Ciudad de México	007 Iztapalapa
Ciudad de México	008 Magdalena Contreras, la
Ciudad de México	016 Miguel Hidalgo
Ciudad de México	009 Milpa Alta
Ciudad de México	011 Tláhuac
Ciudad de México	012 Tlalpan
Ciudad de México	017 Venustiano Carranza
Ciudad de México	013 Xochimilco
Hidalgo	069 Tizayuca
Estado de México	002 Acolman
Estado de México	009 Amecameca
Estado de México	010 Apaxco
Estado de México	011 Atenco
Estado de México	012 Atizapán
Estado de México	015 Atlautla
Estado de México	016 Axapusco
Estado de México	017 Ayapango
Estado de México	025 Chalco
Estado de México	028 Chiautla
Estado de México	029 Chicoloapan
Estado de México	030 Chiconcuac
Estado de México	031 Chimalhuacán
Estado de México	020 Coacalco de Berriozábal
Estado de México	022 Cocotitlán
Estado de México	023 Coyotepec
Estado de México	024 Cuautitlán
Estado de México	121 Cuautitlán Izcalli
Estado de México	033 Ecatepec de Morelos
Estado de México	034 Ecatzingo
Estado de México	035 Huehuetoca

Entidad	Delegación o Municipio
Estado de México	036 Hueypoxtla
Estado de México	037 Huixquilucan
Estado de México	038 Isidro Fabela
Estado de México	039 Ixtapaluca
Estado de México	044 Jaltenco
Estado de México	046 Jilotzingo
Estado de México	050 Juchitepec
Estado de México	070 La Paz
Estado de México	053 Melchor Ocampo
Estado de México	057 Naucalpan de Juárez
Estado de México	059 Nextlalpan
Estado de México	058 Nezahualcóyotl
Estado de México	060 Nicolás Romero
Estado de México	061 Nopaltepec
Estado de México	065 Otumba
Estado de México	068 Ozumba
Estado de México	069 Papalotla
Estado de México	075 San Martín de las Prámides
Estado de México	081 Tecámac
Estado de México	083 Temamatla
Estado de México	084 Temascalapa
Estado de México	089 Tenango del Aire
Estado de México	091 Teoloyucán
Estado de México	092 Teotihuacán
Estado de México	093 Tepetlaoxtoc
Estado de México	094 Tepetlixpa
Estado de México	095 Tepotzotlán
Estado de México	096 Tequixquiac
Estado de México	099 Texcoco
Estado de México	100 Tezoyuca
Estado de México	103 Tlalmanalco
Estado de México	104 Tlalnepantla de Baz
Estado de México	125 Tonanitla
Estado de México	108 Tultepec
Estado de México	109 Tultitlán
Estado de México	122 Valle de Chalco Solidaridad
Estado de México	112 Villa del Carbón
Estado de México	120 Zumpango

La delimitación de la ZMCM ha seguido un proceso vinculado al crecimiento de los asentamientos humanos y su conurbación.

Población

A partir de 1970, la economía de la CDMX empezó a tender a la baja y comenzó un proceso de desindustrialización, la mayoría de las industrias se trasladaron hacia los municipios conurbados, debido a la implantación de las normas y políticas orientadas para trasladar las industrias con más altas emisiones contaminantes o de alto consumo de agua a las afueras de la CDMX.

En 1980 la ONU, consideró a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México como una mega ciudad, las cuales son ciudades con más de 8 millones de habitantes.

Para 1983, la ZMCM incluía 16 delegaciones de la CDMX, 53 municipios del Estado de México y 1 municipio del estado de Hidalgo.

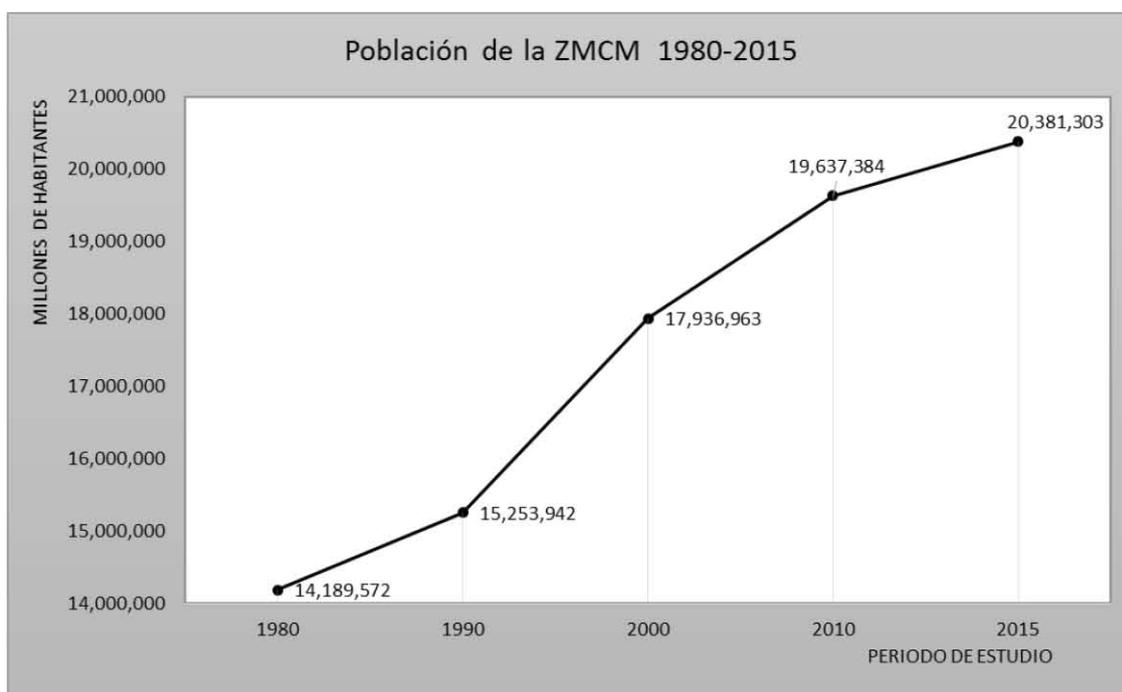


Figura 3.2 Población de la ZMCM 1980-2015¹²

Es importante destacar que el incremento poblacional es diferente para cada una de las delegaciones y municipios de la zona metropolitana, de hecho, el incremento se genera por los nuevos asentamientos y crecimiento poblacional del Estado de México. La población de la Ciudad de México disminuyó entre 1950 y 1990, de 23.59% en 1950, a 19.95% para 1990. Mientras que el Estado de México pasó de 5.4% del total nacional en 1950 al 12.80% para 1990.

En estos años la Ciudad de México se expandió principalmente hacia el norte, donde se asentaron nuevas industrias, hacia el sur y sureste se expande por la construcción de áreas para vivienda.

De los datos estadísticos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se determina para el año 2015 una población total de 20,381,303 millones de habitantes de la ZMCM. Una superficie territorial de 7,954 km² y una densidad de población promedio de 2,559 hab/km².

¹² Elaboración propia con información de INEGI. *Conteos y censos de población y vivienda.*



Figura 3.3 Crecimiento de población de la Ciudad de México¹³.

La ciudad de México concentra el 27% de la población total nacional y es el principal centro urbano del país. Aporta más del 35% del PIB en menos del 1% del territorio nacional.

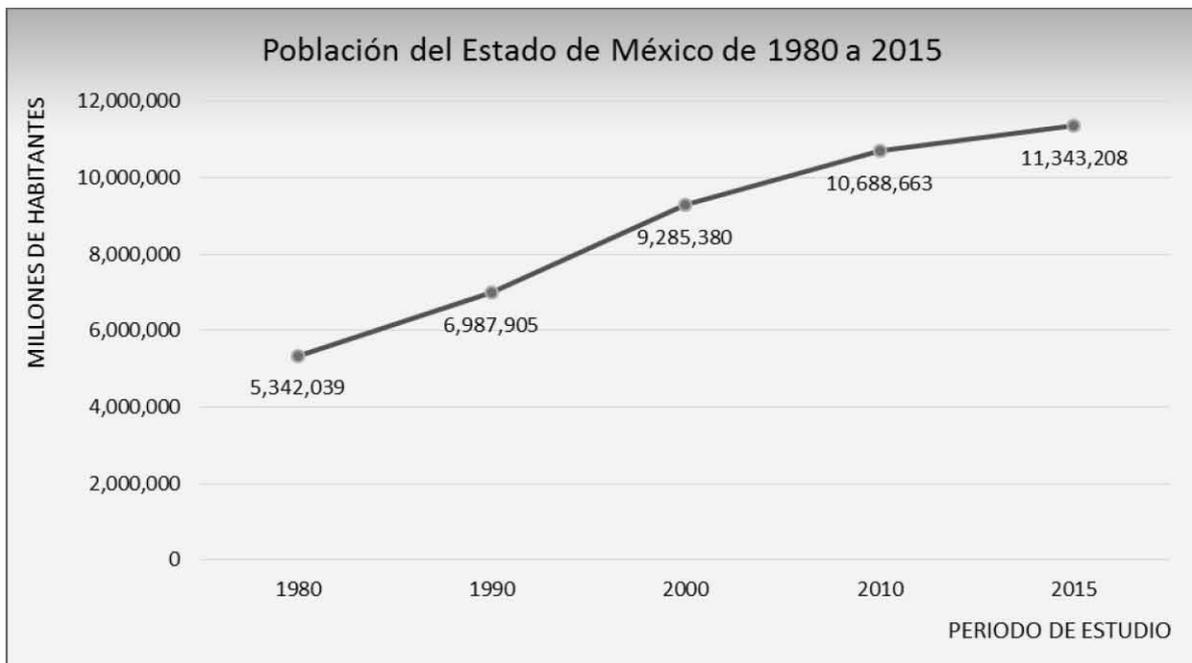


Figura 3.4 Crecimiento de población del estado de México¹⁴.

¹³ Ídem.

¹⁴ Ídem.



Figura 3.5 Crecimiento de población Tizayuca, Hgo¹⁵.

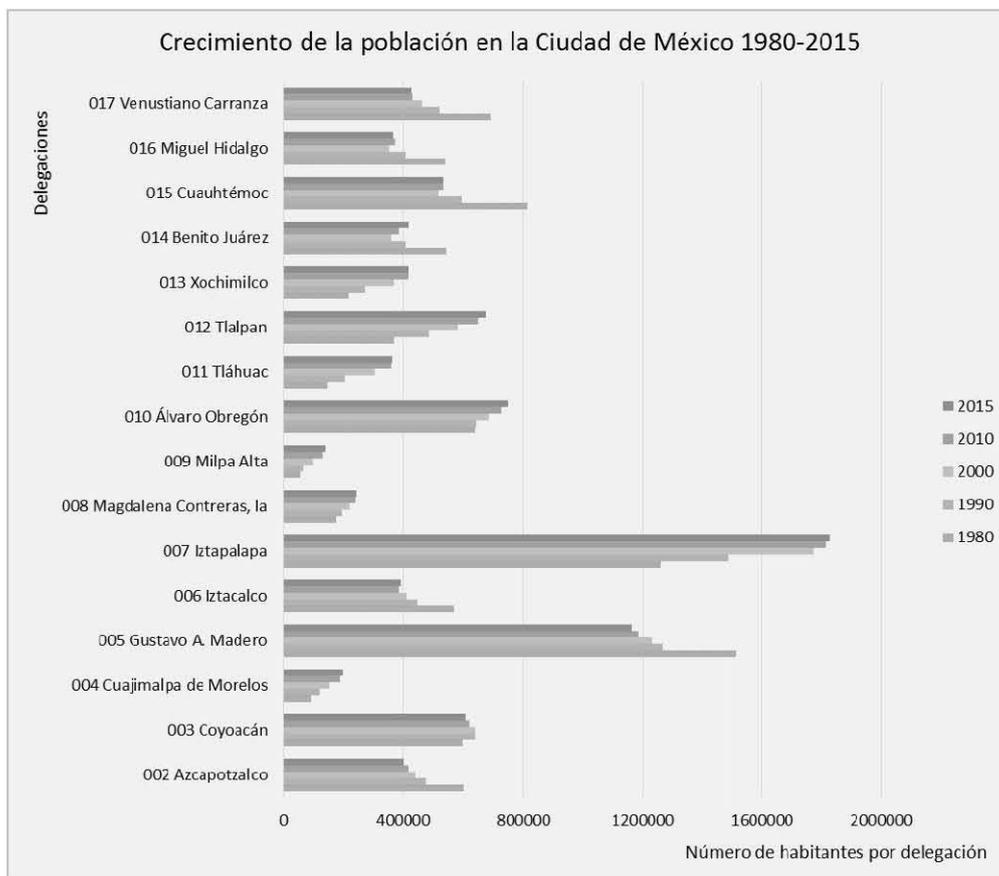


Figura 3.6 Crecimiento de la población en la CDMX¹⁶

En la figura 3.6 pueden observarse las delegaciones con mayor número de habitantes al día de hoy (Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Álvaro obregón, Tlalpan y Coyoacán).

¹⁵ Elaboración propia con información de INEGI. *Conteos y censos de población y vivienda*.

¹⁶ Ídem.

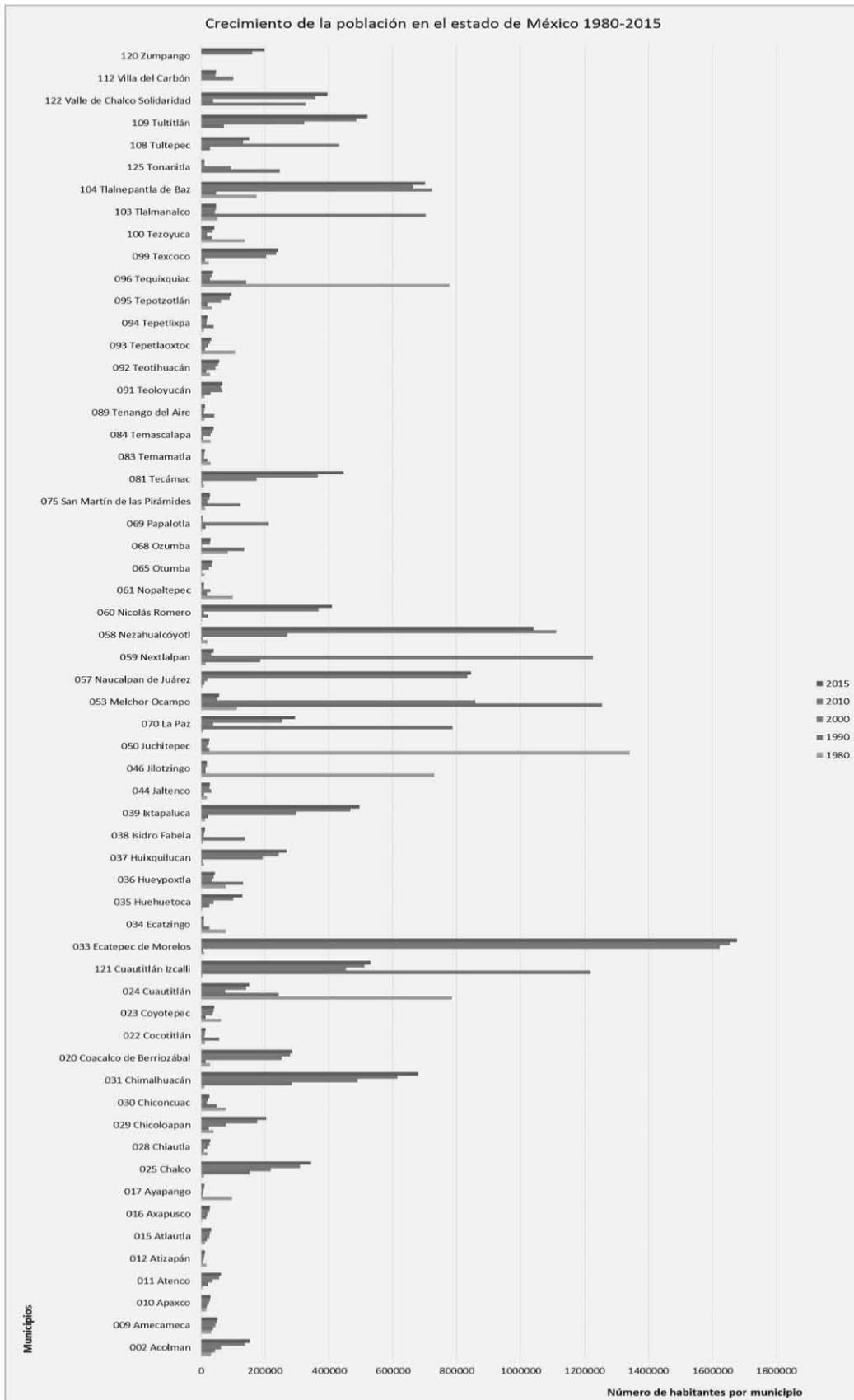


Figura 3.7 Crecimiento de la población de los municipios del Estado de México integrados en la ZMCM¹⁷

¹⁷ Ídem.

En la figura 3.7, se puede observar que el crecimiento de la población en el Estado de México se centraliza principalmente en Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y Tlalnepantla.

Migración

La migración ocurre principalmente con el objetivo de satisfacer plenamente las necesidades buscando una mejor calidad de vida.

La migración hacia la ZMCM de 1980 a 2010, es un fenómeno provocado por el desarrollo urbano-industrial de la zona (véase figuras 3.8 y 3.9). A partir de 2010 decrece considerablemente el número de migrantes en la ZMCM debido a la problemática socioeconómica que se vive en ese momento, sin embargo, aumenta drásticamente el número de nacidos en la entidad, con más de cinco millones de personas tan sólo de 2010 a 2015.

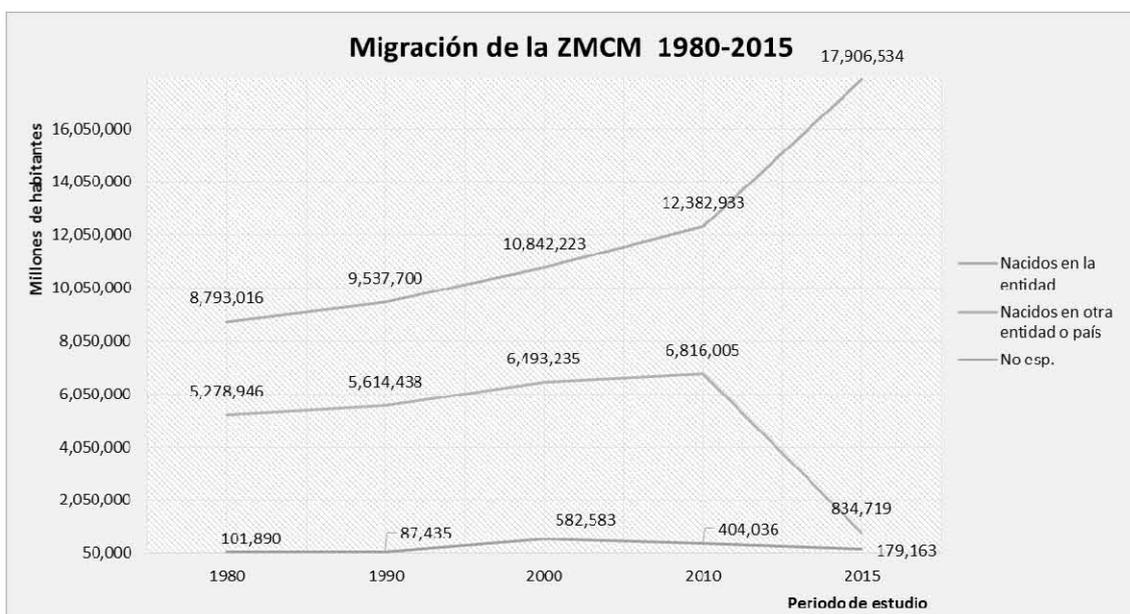


Figura 3.8 Condiciones de migración en la ZMCM¹⁸

¹⁸ Elaboración propia con información de INEGI. *Conteos y censos de población y vivienda*.

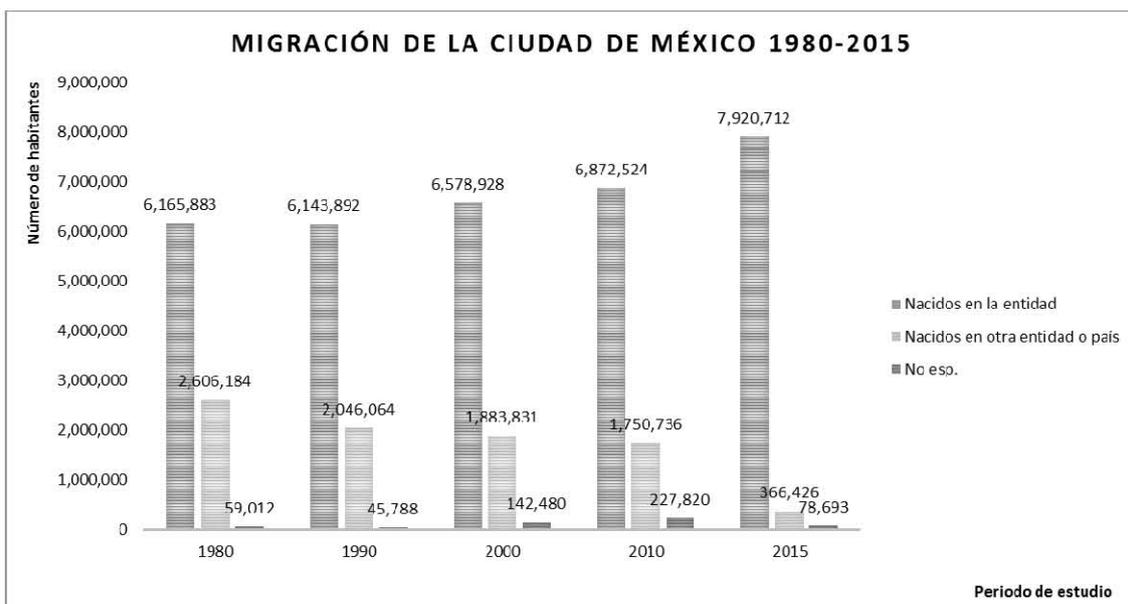


Figura 3.9 Migración de la Ciudad de México¹⁹

Vivienda

El crecimiento de la población ha generado un exceso en la demanda de viviendas. El aumento de viviendas en la ZMCM de 1980 a 1990 fue un poco más de 400 mil (Véase figura 3.10); entre los municipios con más incrementos de vivienda destacan Chalco y Chimalhuacán, debido a que se trata de los municipios con mayor crecimiento de población.

Los datos muestran que la tasa de crecimiento poblacional evoluciona paralelamente a las tasas de crecimiento de la vivienda. Por lo tanto, el aumento de viviendas demanda disponibilidad de servicios básicos e infraestructura.



Figura 3.10 Evolución del crecimiento poblacional y vivienda²⁰

¹⁹ Ídem.

²⁰ Ídem

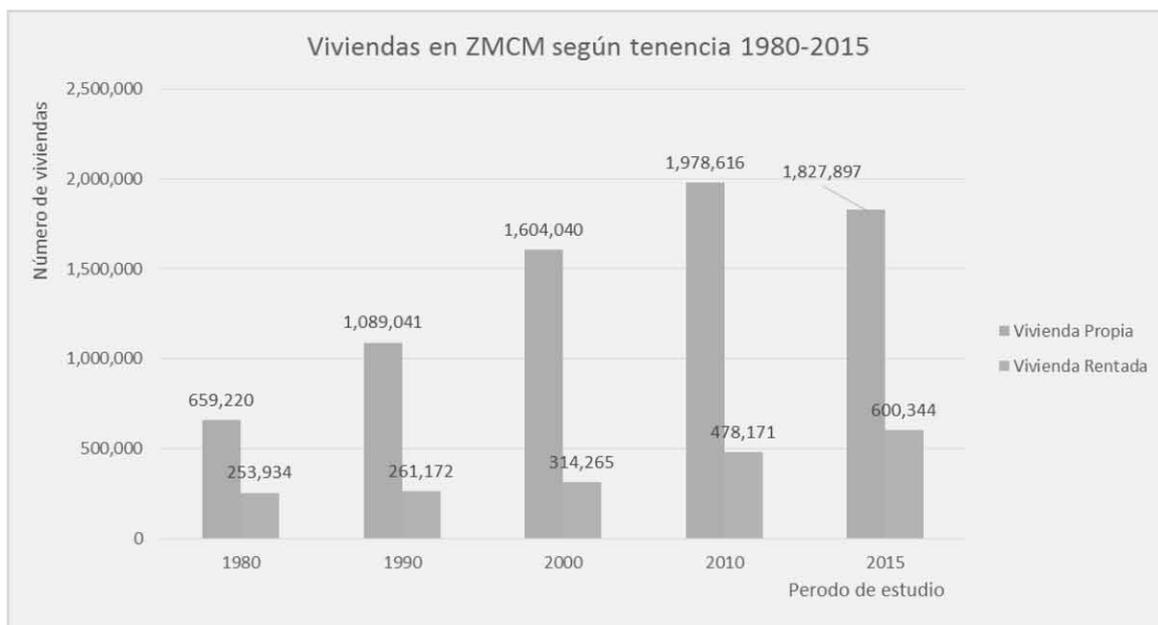


Figura 3.11 Vivienda según tenencia en la ZMCM de 1980 a 2015²¹

Se observa en la figura 3.11 que la principal forma de ocupación habitacional en la ZMCM es la vivienda propia, esto debido un acelerado desarrollo de la vivienda propia autoconstruida en asentamientos irregulares en la periferia de la mancha urbana, aunque para 1990 se limita la aparición de asentamientos irregulares que afecta directamente a la población con bajos recursos, se sigue extendiendo la mancha urbana en la periferia transformando la estructura habitacional de la ZMCM.

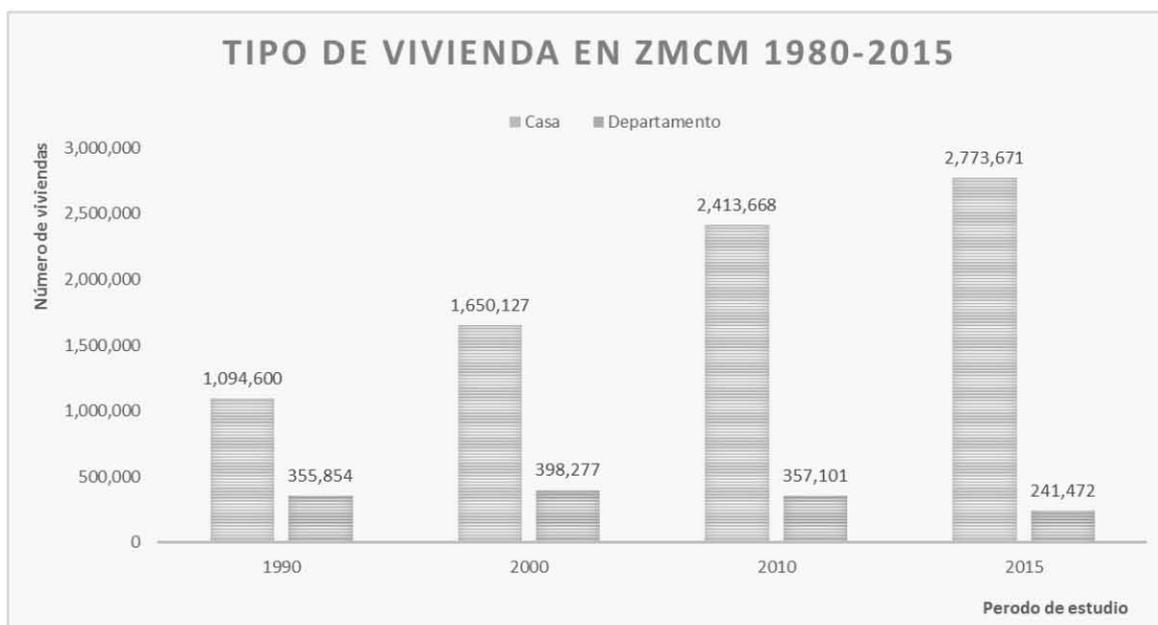


Figura 3.12 Tipo de vivienda en la ZMCM de 1980 a 2015²²

Respecto al tipo de vivienda, se puede observar en la figura 3.12 que, las casas son el principal tipo de vivienda en la ZMCM, éstas se encuentran principalmente en la periferia

²¹ Elaboración propia con información de INEGI. *Conteos y censos de población y vivienda.*

²² Ídem.

de la zona metropolitana ya que el adquirir una casa en el centro comprende un elevado costo.

Sectores principales de empleo

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México es el principal centro industrial, comercial y de servicios del país, el decrecimiento en el sector manufacturero se ha ido compensando con el crecimiento en los sectores de comercio y de servicios (Véase figura 3.13).

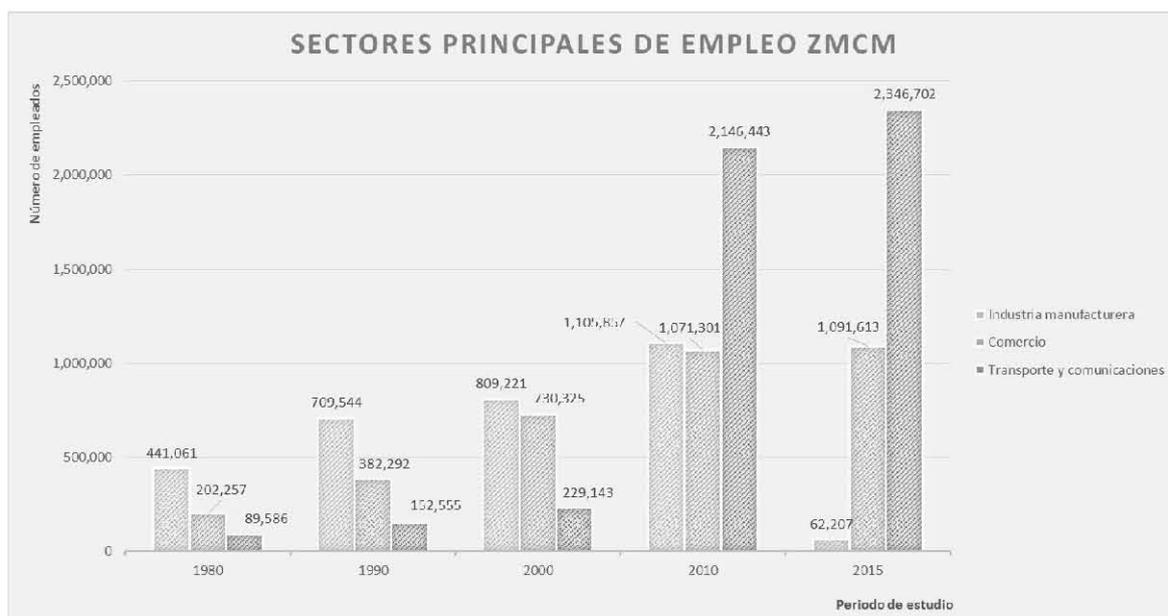


Figura 3.13 Principales sectores de empleo en la ZMCM²³.

3.4. Evolución de crecimiento de la Ciudad de México

En nuestros días

La cuenca de México se encuentra delimitada por la Sierra del Ajusco al Sur y Poniente, en el Norte se encuentra la Sierra de Guadalupe y al Oriente por los volcanes Popocatepetl e Iztaccíhuatl. Se encuentra a 2, 240 metros sobre el nivel del mar, un clima muy suave y una riqueza basta de recursos naturales.

Actualmente, la Ciudad de México es la sede de los Poderes de la Unión y capital de los Estados Unidos Mexicanos.

En la ZMCM vive el 17% de la población del país (año 2015) generando la mayor concentración industrial, comercial y financiera.

La mayor parte del crecimiento urbano de la ZMCM se ha dado en áreas que en principio no estaban destinadas para uso habitacional, arrasando con suelo comunal y ejidal, incluso zonas declaradas reservas ecológicas o parques, se invadieron los terrenos creando asentamientos en zonas no permitidas.

A pesar de que en la ZMCM se presentan las mejores condiciones económicas del país, también se encuentran grandes diferencias como la desigualdad de vivienda.

²³ Elaboración propia con información de INEGI. *Conteos y censos de población y vivienda*.

La expansión territorial de la ZMCM ha sido un proceso evolutivo, pues se han ido incorporando tanto delegaciones del D.F, como municipios del Estado de México y estado de Hidalgo. La población se ha multiplicado en 60 años más de once veces, y su área urbana pasó de alrededor de 1 000 km² a 13 000 km². En este sentido la densidad poblacional tuvo su máximo histórico en el año de 1980 con 1,540 hab/km², reduciéndose a 1,160 hab/km² para 1990 como consecuencia del sismo de 1985. Para el año 2000, se presenta una densidad alrededor de 1,400 hab/km²; en el 2015 se tiene una densidad de población de 2,562 hab/km² (Véase figura 3.14).

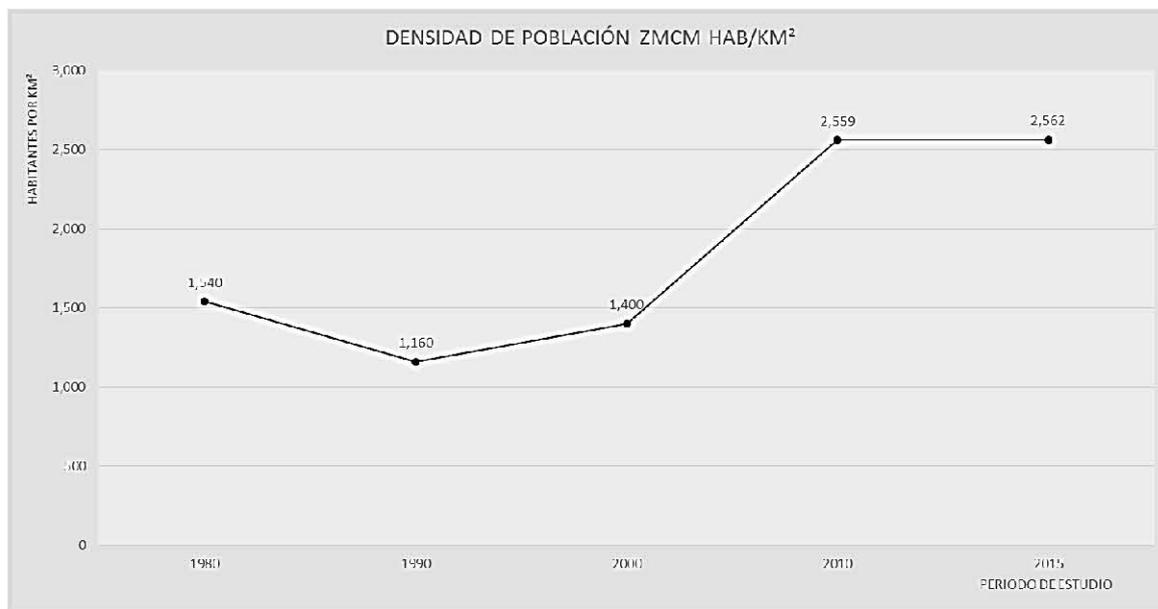


Figura 3.14 Densidad de población ZMCM de 1980 a 2015²⁴

La gran demanda de suelo para urbanizar sigue ejerciendo presión sobre las zonas naturales protegidas, agudizándose los asentamientos irregulares carentes de servicios básicos y la expansión periférica, ocasionando la pérdida de zonas de reserva ecológica fundamentales en la recuperación ambiental de la ciudad.

La cobertura de los servicios básicos para la vivienda es limitada, principalmente el suministro de agua, el 32 % de las viviendas de la ZMCM no cuentan con servicio de agua dentro de ella.

Uno de los principales problemas es el congestionamiento vehicular, cuyos efectos secundarios son el ruido, la contaminación y la pérdida de tiempo.

²⁴ Elaboración propia con información de INEGI. *Conteos y censos de población y vivienda*.

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1. Información estadística y geográfica de la zona metropolitana de la Ciudad de México

Se recopiló información estadística poblacional y geográfica, así como indicadores de migración, vivienda y sectores principales de empleo. Esta información es de utilidad para realizar una comparativa entre la información obtenida a través del procesamiento de las imágenes satelitales y la información numérica obtenida.

4.2. Sitio de estudio

Para este trabajo se selecciona la zona metropolitana de la Ciudad de México, que comprende las 16 delegaciones del Distrito Federal, 59 municipios del estado de México y 1 municipio del estado de Hidalgo.

4.3. Periodo de estudio

Se considera un periodo de estudio de 1980 a 2016, obteniendo información estadística de los censos y conteos de población y vivienda²⁵ de los años 1980, 1990, 2000, 2010 y 2015. Se obtienen imágenes satelitales con buena calidad y lo más libre de nubosidad posible, de los años correspondientes a la información estadística obtenida o lo más cercano posibles; teniendo finalmente imágenes satelitales de los años 1980, 1990, 2000, 2007 y 2016.

4.4. Plataformas seleccionadas

Para este trabajo es necesario seleccionar plataformas no activas y activas, debido al amplio periodo de estudio seleccionado de 1980 a 2016.

Para las imágenes del año 1980, se utiliza la plataforma Landsat 2, que operó de enero de 1975 a julio de 1983. Esta plataforma se consideraba un proyecto experimental y fue operado por la NASA. Contiene los sensores RBV y MSS, su resolución temporal es de 18 días. Su resolución espectral la comprenden las bandas 4, 5, 6 y 7; azul, verde, roja e infrarrojo cercano respectivamente. Tamaño de escena de la imagen de 170x185 km.

En marzo de 1984, la NASA lanzó Landsat 5 que cuenta con los sensores TM y MSS, cobertura de 16 días. Cada imagen adquirida está compuesta por 7 bandas espectrales con un tamaño de escena de 185x185 km. Esta plataforma fue utilizada para adquirir las imágenes de los años 1990, 2000 y 2007.

Para las imágenes de 2010, se cuenta con la plataforma Landsat 7, la cual fue lanzada con éxito el 15 de abril de 1999, es el satélite de observación terrestre calibrado con mayor precisión. Tiene una cobertura de 16 días, 8 bandas espectrales, una banda pancromática con una resolución espacial de 15 metros.

Finalmente para 2016, se dispone de información obtenida de Landsat 8 el cual fue lanzado el 11 de febrero de 2013, cobertura de 16 días, 11 bandas, sensores OLI y TIRS.

²⁵ INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, "Censos y conteos de población y vivienda". <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/default.aspx>

4.5. Adquisición de las imágenes

Las imágenes Landsat se adquieren desde el servidor de la USGS (United States Geological Survey) a través de su página de internet <http://earthexplorer.usgs.gov/> que permite seleccionar la región en estudio deseada y realizar la descarga gratuitamente.

4.6. Procesamiento de imágenes satelitales

Se emplea un programa especializado en percepción remota llamado IDRISI Selva, el cual cuenta con las herramientas necesarias para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Se adquieren imágenes de la zona de estudio, lamentablemente seccionadas, por lo que es necesario unir las imágenes para poder visualizar la zona requerida unificada.



Figura 4.1 Zona metropolitana de la Ciudad de México parte Norte

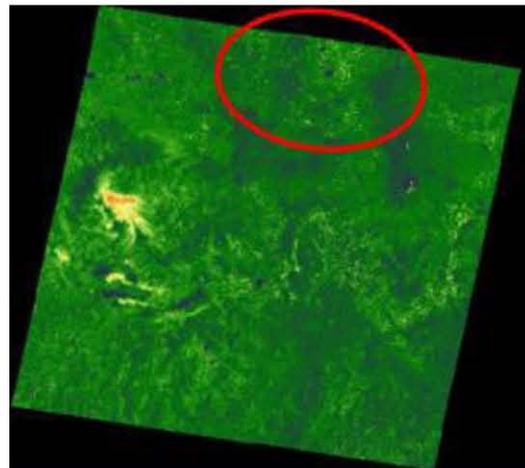


Figura 4.2 Zona metropolitana de la Ciudad de México parte Sur

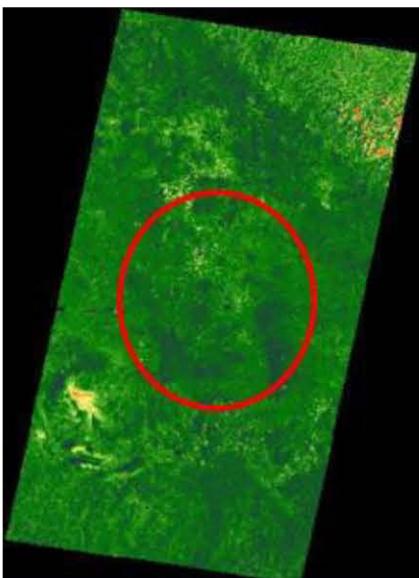


Figura 4.3 Unión de imágenes Norte y Sur de la ZMCM (herramienta CONCAT IDRISI).

Una vez unificadas las imágenes, se procede a recortar específicamente la zona de estudio; esto ayuda a procesar menos información y con mayor velocidad, así como visualizar eficazmente el área de interés.

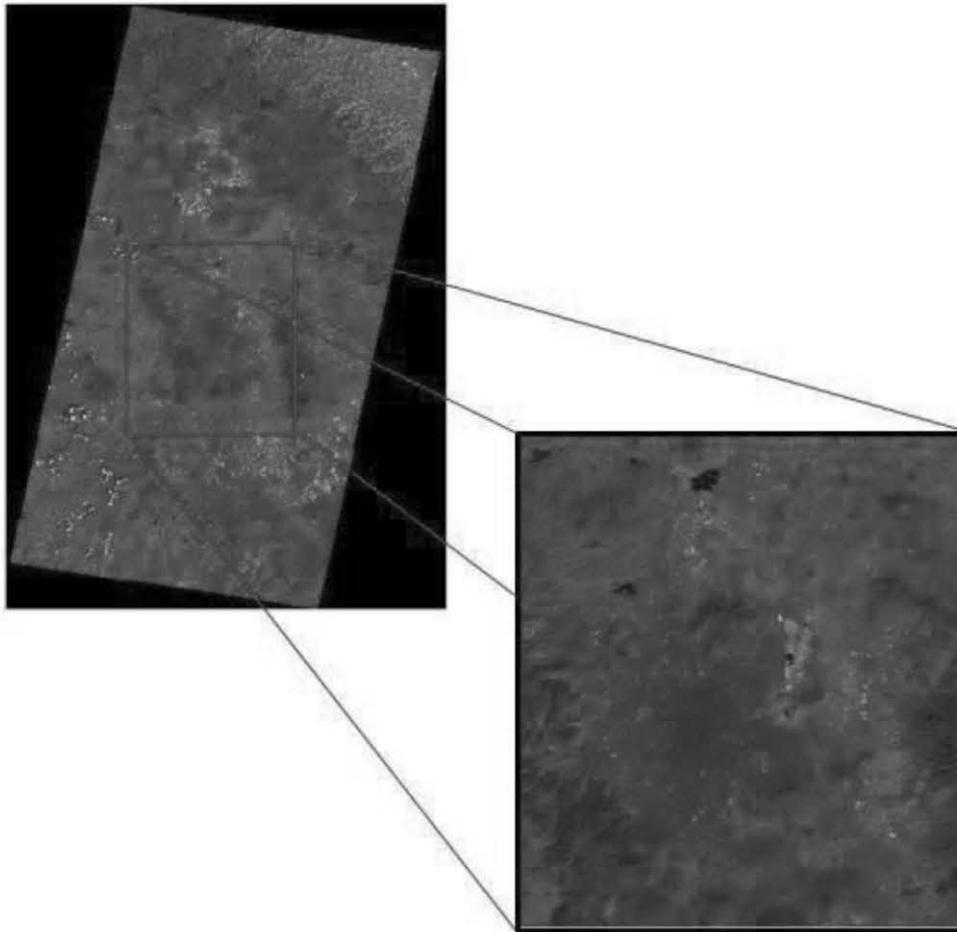


Figura 4.4 Realización de ventanas para recortar área de estudio ZMCM (herramienta WIN IDRISI).

Posteriormente se realizan composiciones en falso color, que permiten visualizar ciertas características de interés en las imágenes creadas, como cuerpos de agua, vegetación y zonas urbanas. El objetivo es interpretar la imagen de satélite mediante la comparación de imágenes de distintas combinaciones espectrales.

El análisis visual de imágenes implica un conocimiento previo de la zona en estudio, para ubicar ciertos aspectos físicos que puedan ayudar a mejorar o referenciar el estudio y análisis de la zona.

La combinación en color verdadero, es la más parecida a la percepción de la tierra por el ojo humano desde el espacio.

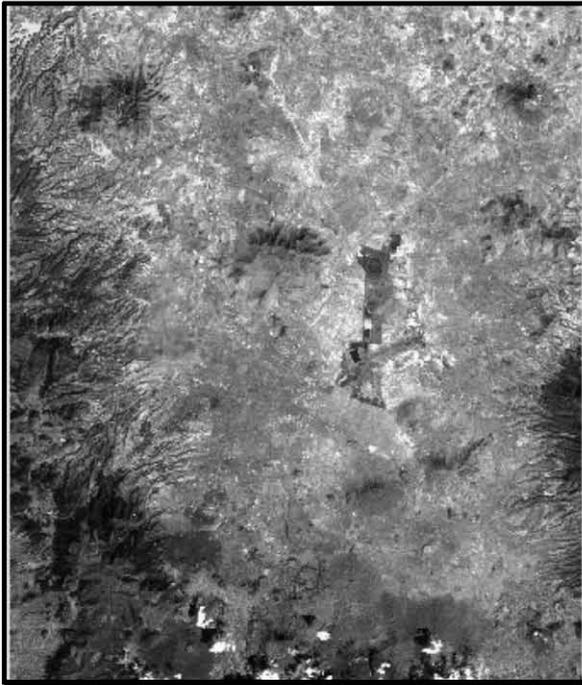


Figura 4.5 Color verdadero Composición_321_1980



Figura 4.6 Color verdadero Composición_321_2016



Figura 4.7 Falso color (urbano) Composición_764_2016

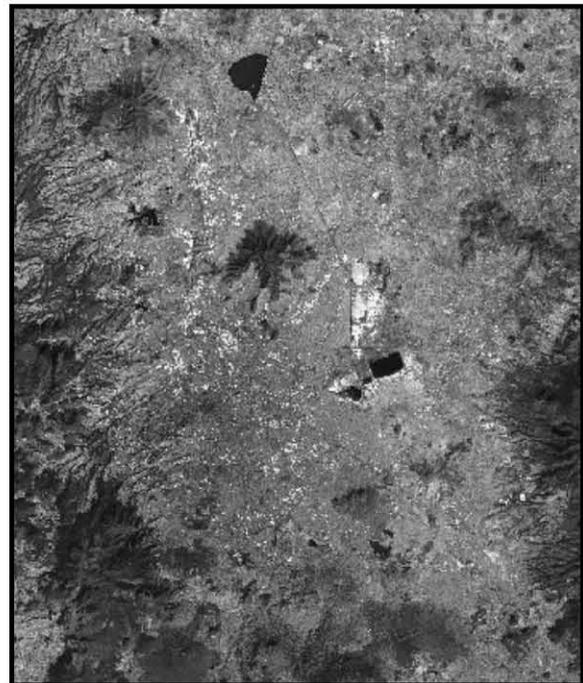


Figura 4.8 Color infrarrojo (vegetación) Composición_543_2016

Las diferentes composiciones para este estudio, fueron de gran utilidad para determinar los límites de la zona en estudio visualmente y obtener posteriormente las coordenadas.

Una vez realizadas las composiciones, se realiza una clasificación supervisada, en donde se desarrollan firmas espectrales de categorías conocidas, es decir, identificar en la imagen sitios de entrenamiento por ejemplo bosque, cuerpos de agua, urbano, etc.

Para identificar cada cubierta se realiza digitalización de polígonos asignando una identificación única para cada tipo de cobertura.

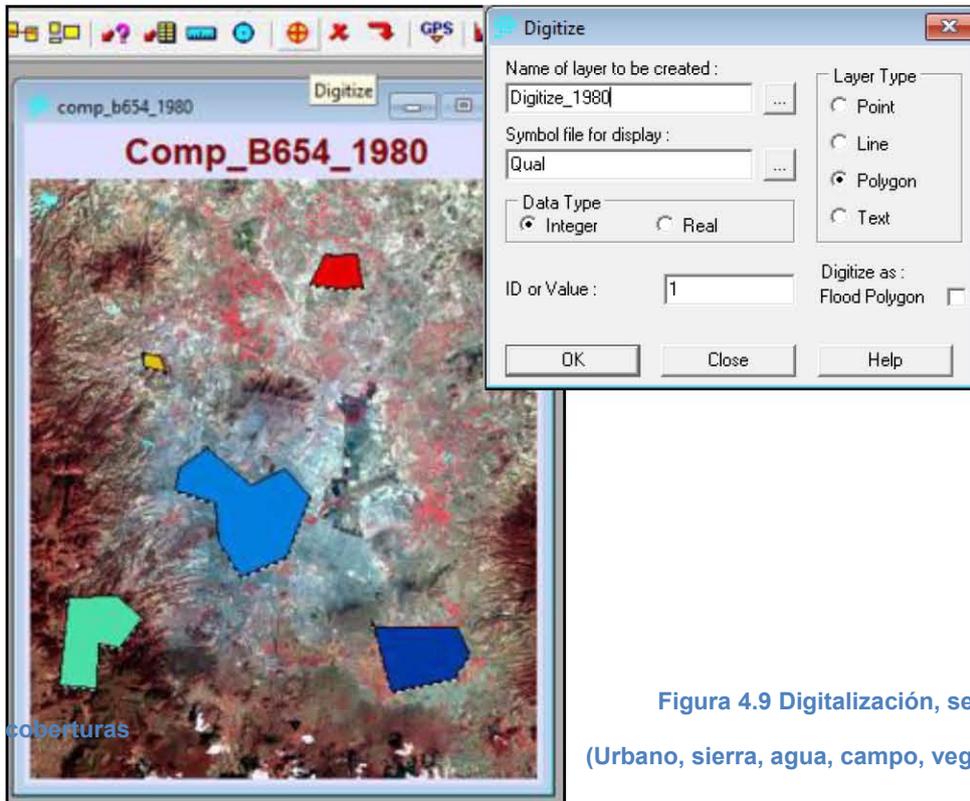


Figura 4.9 Digitalización, se identifican 5 (Urbano, sierra, agua, campo, vegetación).

Una vez que se tienen los archivos de firmas para las clases de cobertura requeridas, el programa relaciona a cada pixel de la imagen con el tipo de cubierta a la que su firma es más similar. Para la clasificación de las imágenes se utilizó el clasificador de máxima verosimilitud (Maxlike) ya que se tiene un conocimiento previo del sitio en estudio.

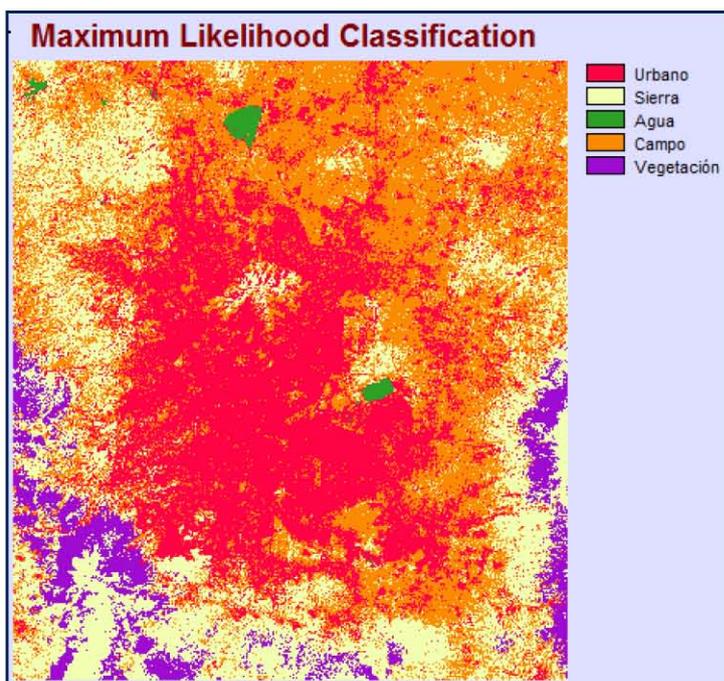


Figura 4.10 Clasificador Maxlike con 5 clases de cobertura. ZMCM, año 2016

Para estar seguros de la información proporcionada por el clasificador anterior, se utiliza el procedimiento Mindist, en particular para verificar la uniformidad.

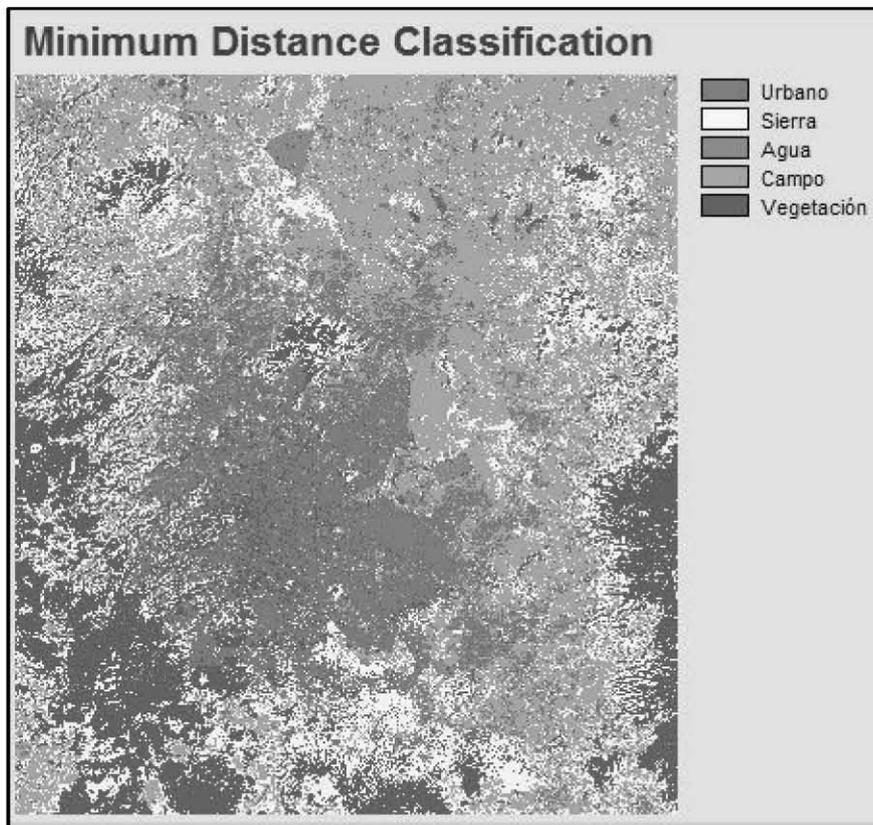


Figura 4.11 Clasificador Mindist para 5 coberturas, ZMCM, año 2016

Posteriormente se realiza una reclasificación para crear dos capas de esencial interés, suelo urbano y no urbano; la capa resultante se conoce como capa Booleana, ya que muestra sólo aquellas áreas que cumplen la condición 0= verdadero, y las que no cumplen 1=falso, para este estudio se utilizará 0 = urbano con valores de 1 a 2 y no urbano con valores de 2 a 99. Esta operación de superposición, permite la producción de nuevas capas sobre la base de una combinación lógica o matemática de dos o más capas de entrada.

Una vez que hecha la reclasificación, interviene el índice de vegetación, el cual, se basa en las diferentes interacciones entre la vegetación y la energía electromagnética en las longitudes de onda rojo e infrarrojo cercano. Es importante identificar la plataforma de la cual fue obtenida la imagen, para saber a qué banda le corresponde el color rojo e infrarrojo cercano, para poder obtener el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) que se calcula a partir de la reflectancia de la energía solar en las regiones roja e infrarroja de longitud de onda de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$NDVI = \frac{Bi - Br}{Bi + Br}$$

Donde:

Bi es la energía reflejada en el infrarrojo cercano

Br es la energía reflejada en el rojo

Con el NDVI, las áreas de vegetación normalmente se encuentran valores que van del 0.1 al 0.6, dependiendo de la cantidad de biomasa presente.

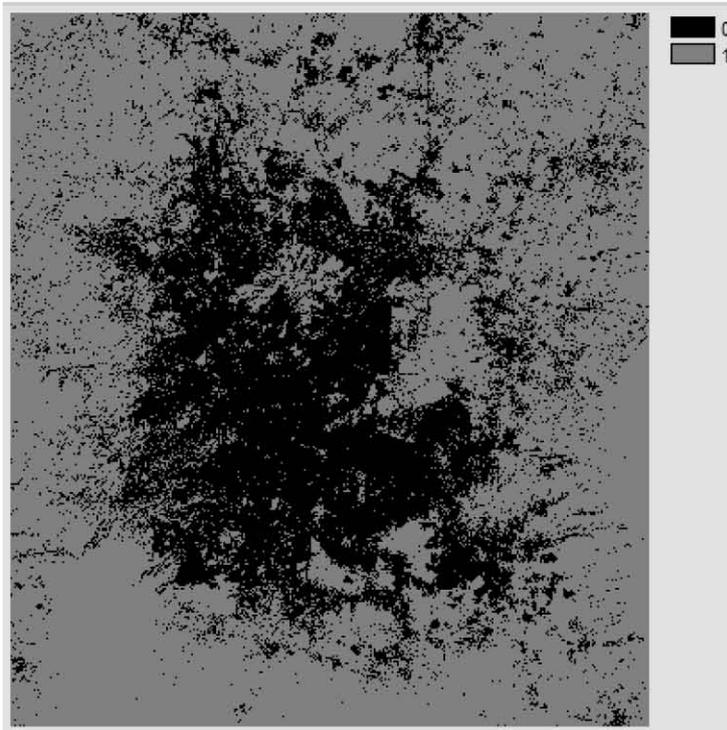


Figura 4.12 Reclasificación dos capas urbano (0) y no urbano (1) año 2016

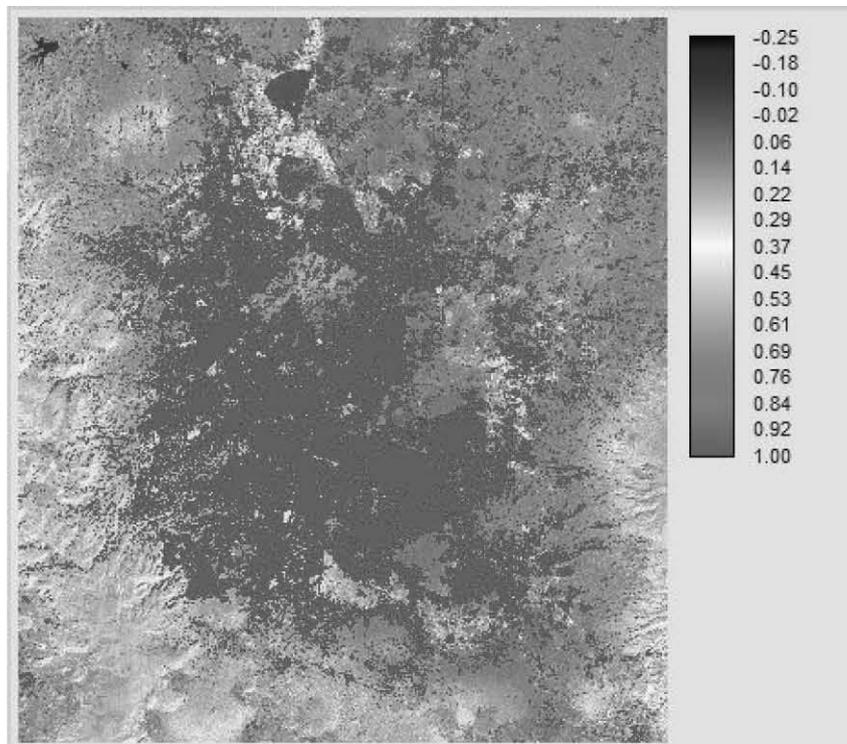


Figura 4.13 Obtención del NDVI año 2016.

Una vez obtenido el índice de vegetación, se crea una nueva capa a partir de tres condiciones esenciales:

1. Suelo urbano valor 0 para todos los valores de 1
2. Suelo no urbano valor 1 para todos los valores de -1 a 0.20
3. Suelo sano valor 2 para todos los valores de 0.20 a 0.99

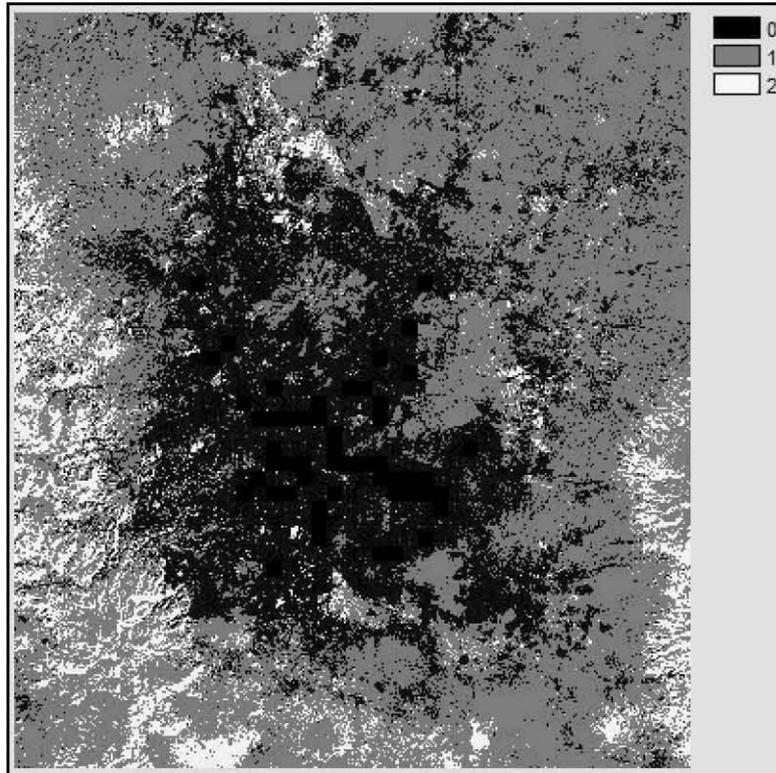


Figura 4.14 Reclasificación del NDVI para obtener tres condiciones (suelo urbano, no urbano, sano)

CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1. Análisis digital de imágenes

Ya ejecutado el procesamiento de las imágenes, es posible obtener más información a partir de las imágenes generadas.

Las herramientas de procesamiento utilizadas previamente, son primordiales para determinar qué áreas constituyen el suelo urbano, suelo no urbano y suelo sano.

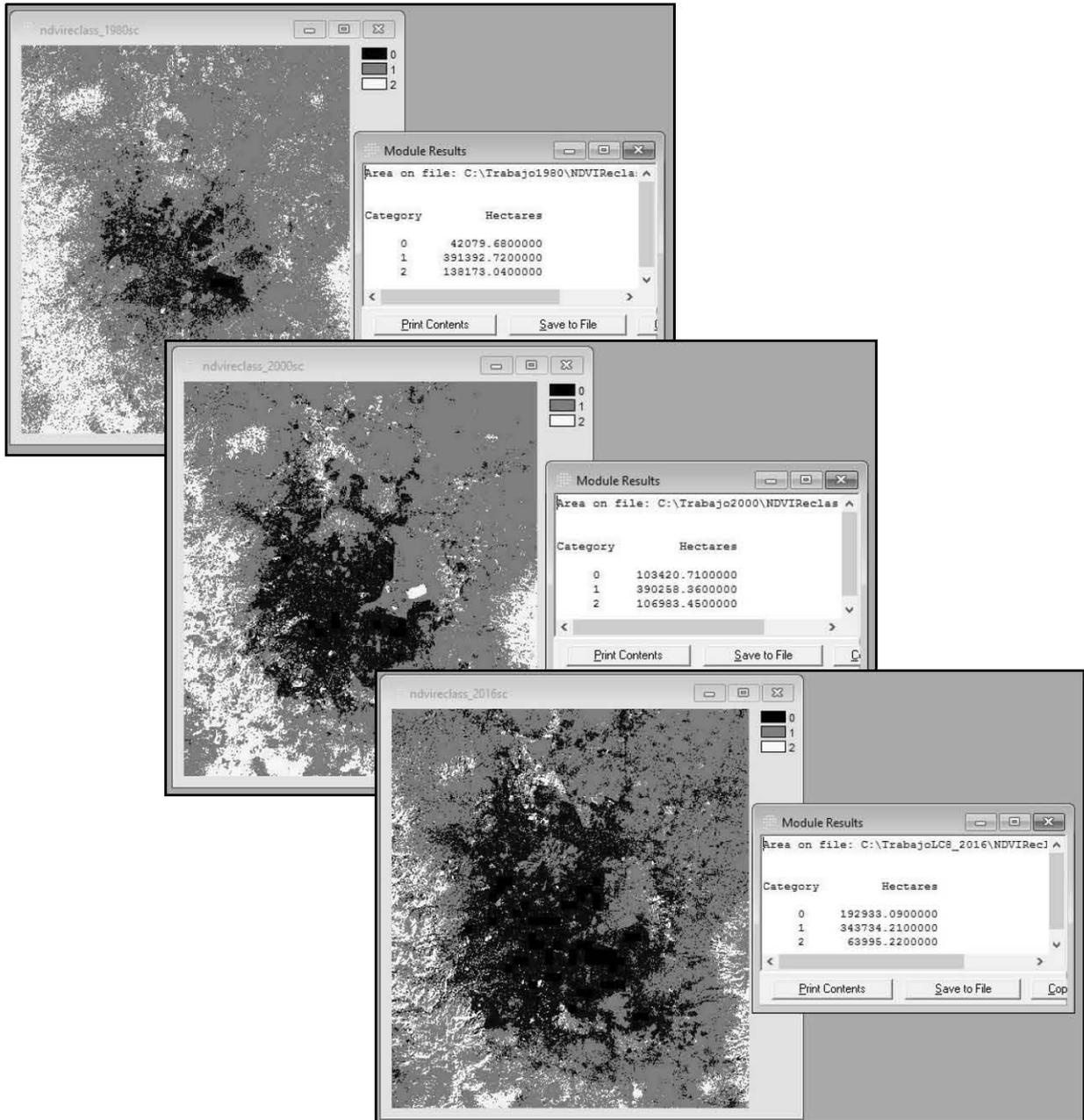


Figura 5.1 Área urbana de la ZMCM en diferentes años 1980, 2000 y 2016.

La reclasificación del NDVI, muestra claramente el crecimiento espacial por década de la mancha urbana (color negro) perteneciente a la zona metropolitana, también es visible cómo las áreas naturales sanas van disminuyendo (color amarillo).

Para poder analizar el crecimiento urbano de la ZMCM, se utilizan imágenes de la mancha urbana despreciando la vegetación y así visualizar con facilidad hacia dónde se expande el suelo urbanizado.

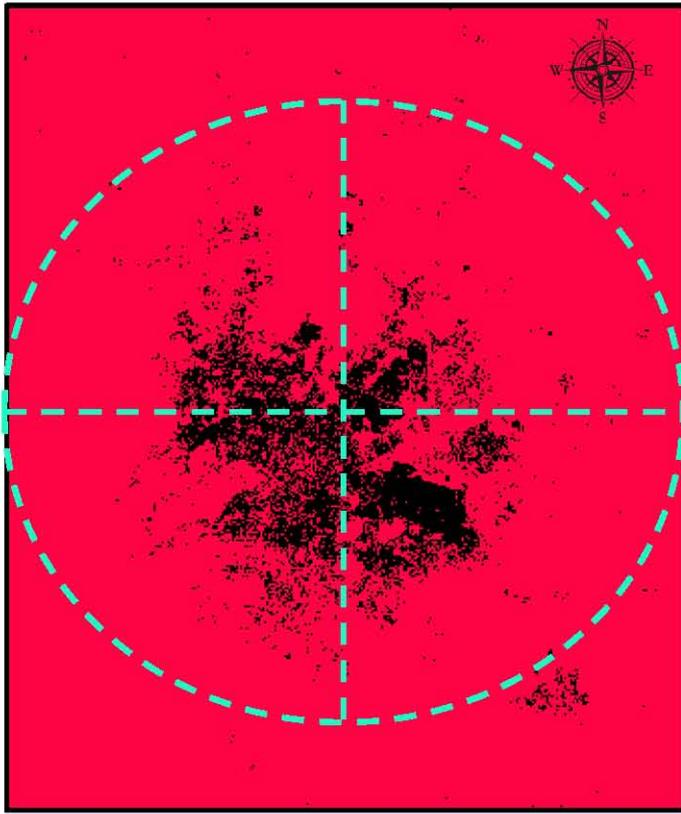


Figura 5.2 Cuadrante de mancha urbana de la ZMCM en 1980

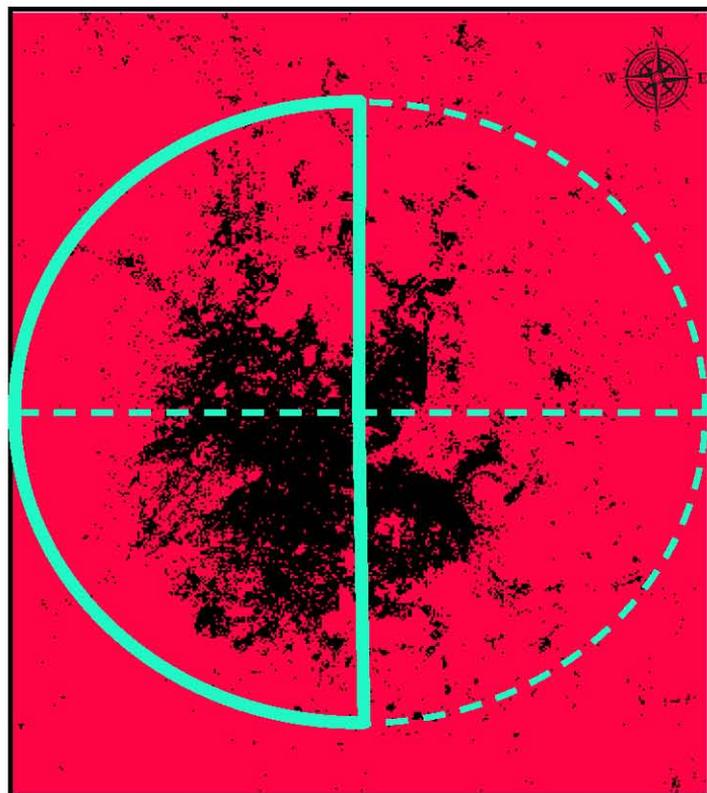


Figura 5.3 Cuadrante de mancha urbana de la ZMCM en 1990

Se observa en las figuras 5.2 y 5.3 la dirección del crecimiento de la mancha urbana del año 1980 a 1990 en su mayoría hacia el noreste y sureste de la ZMCM.

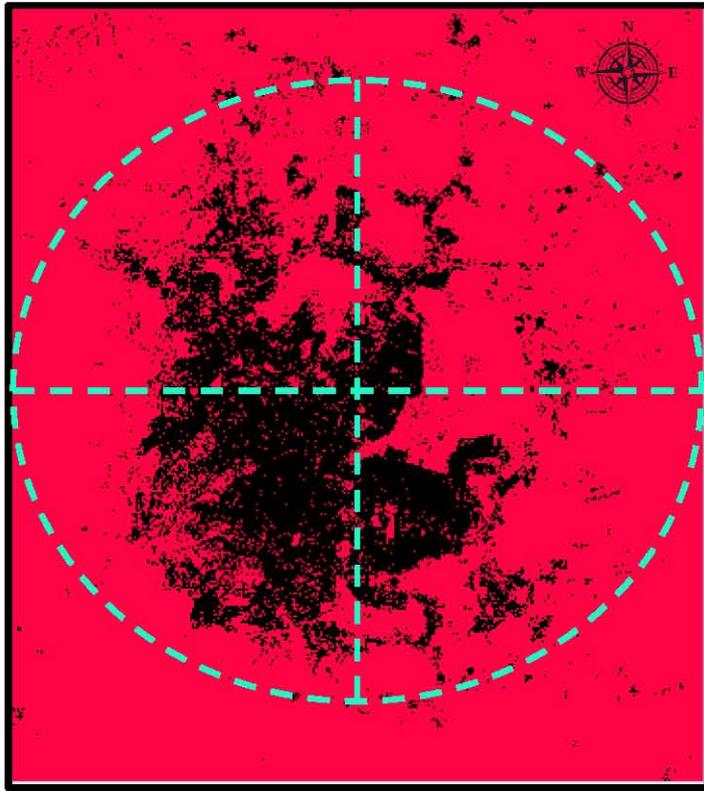


Figura 5.4 Cuadrante de mancha urbana ZMCM en 2000

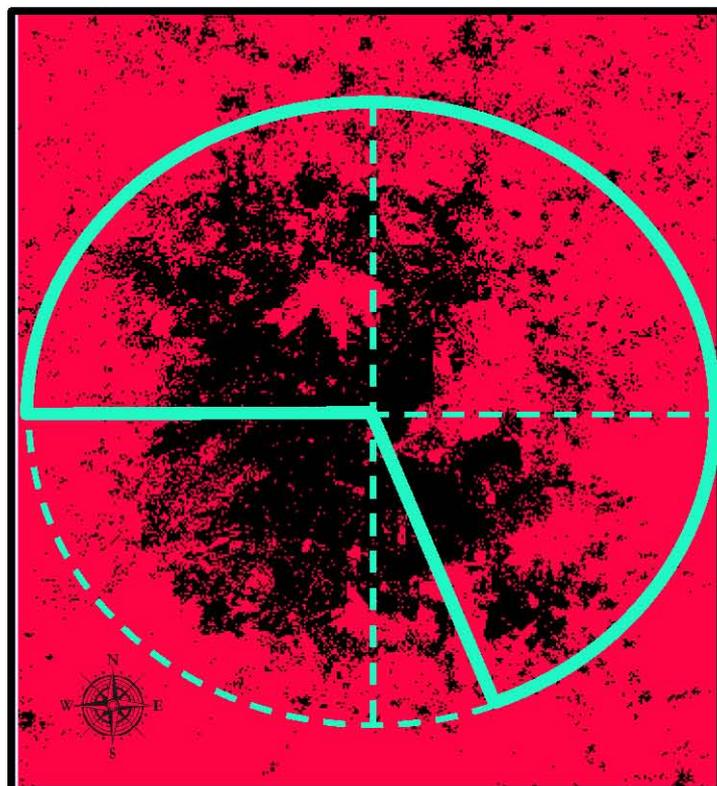


Figura 5.5 Cuadrante de mancha urbana ZMCM en 2007

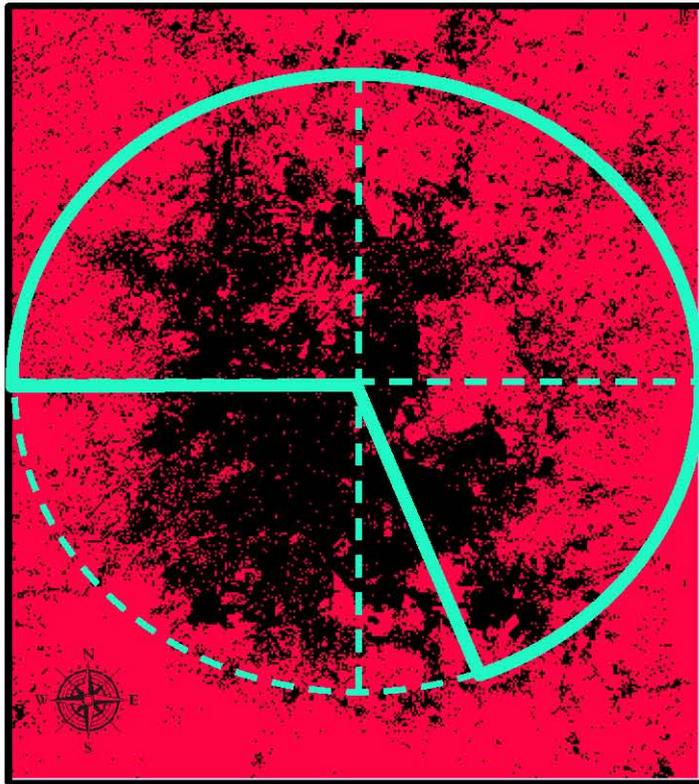


Figura 5.6 Cuadrante de mancha urbana ZMCM en 2016

Del año 2000 al año 2007, el crecimiento de la mancha urbana se manifiesta en la zona norte y noreste de la ZMCM; sin embargo, del 2007 al 2016 visualmente no se notan cambios considerables, se puede decir que se detienen la expansión territorial para uso de suelo urbano. Estos resultados pueden compararse con la figura 3.14 donde se observa que la densidad de población a partir del año 2010 se mantiene estable, sin aumento significativo.

5.2. Interpretación de los resultados

La siguiente tabla muestra el área de suelo urbano y suelo sano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, en los diferentes años de estudio.

Tabla 5.1 Crecimiento del área de la ZMCM de 1980 a 2016 (km²)²⁶

AÑO	Suelo Urbano km²	Suelo no urbano km²	Suelo sano km²
1980	420	3914	1381
1990	893	3735	1295
2000	1034	3903	1070
2007	1621	3403	983
2016	1929	3437	640

Analizando la tabla 5.1, se puede observar que, para 1990 la mancha urbana era el doble del área que en el año 1980, pues como se mencionó anteriormente, la economía del D.F (ahora CDMX) empezó a tender a la baja, comenzando un proceso de desindustrialización, donde las industrias se vieron en la necesidad de trasladarse a los municipios conurbados lo que genera el crecimiento de la zona metropolitana agregando gran cantidad de municipios del estado de México.

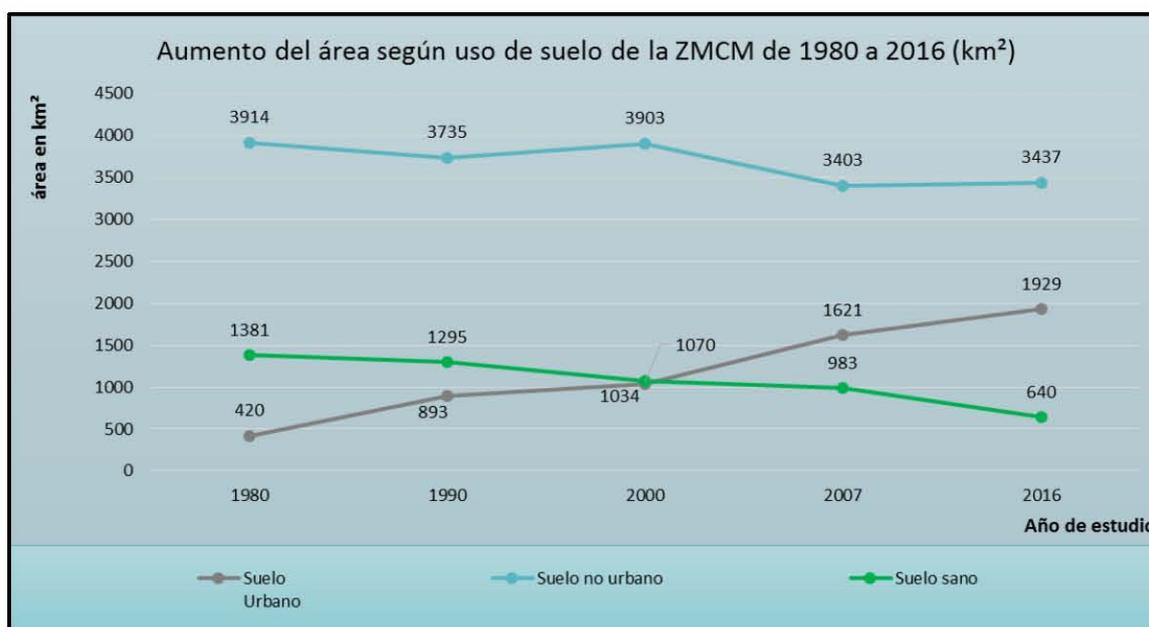


Figura 5.7 Área de la ZMCM según uso de suelo, (de acuerdo a tabla 5.1)

En esta gráfica se observa la pérdida de áreas naturales mientras el suelo urbano va en aumento década tras década; el suelo no urbano referido principalmente a suelo para agricultura y ganadería, del año 2007 hasta el 2016 se ha mantenido estable aunque también se observa que, de los tres parámetros que se estudian en esta gráfica, la mayor parte del área total correspondiente a la ZMCM desde el año 1980 es suelo dañado,

²⁶ Áreas obtenidas del análisis digital de las imágenes de la ZMCM con IDRISI Selva.

áreas destinadas para agricultura y ganadería, deforestación para usar la madera como combustible y para uso doméstico.



Figura 5.8 Crecimiento poblacional comparado con la superficie de la ZMCM

Es claro visualizar en la figura 5.8 así como en las imágenes obtenidas (Véase figura 5.9), que el crecimiento espacial de la zona metropolitana es directamente proporcional al crecimiento poblacional.

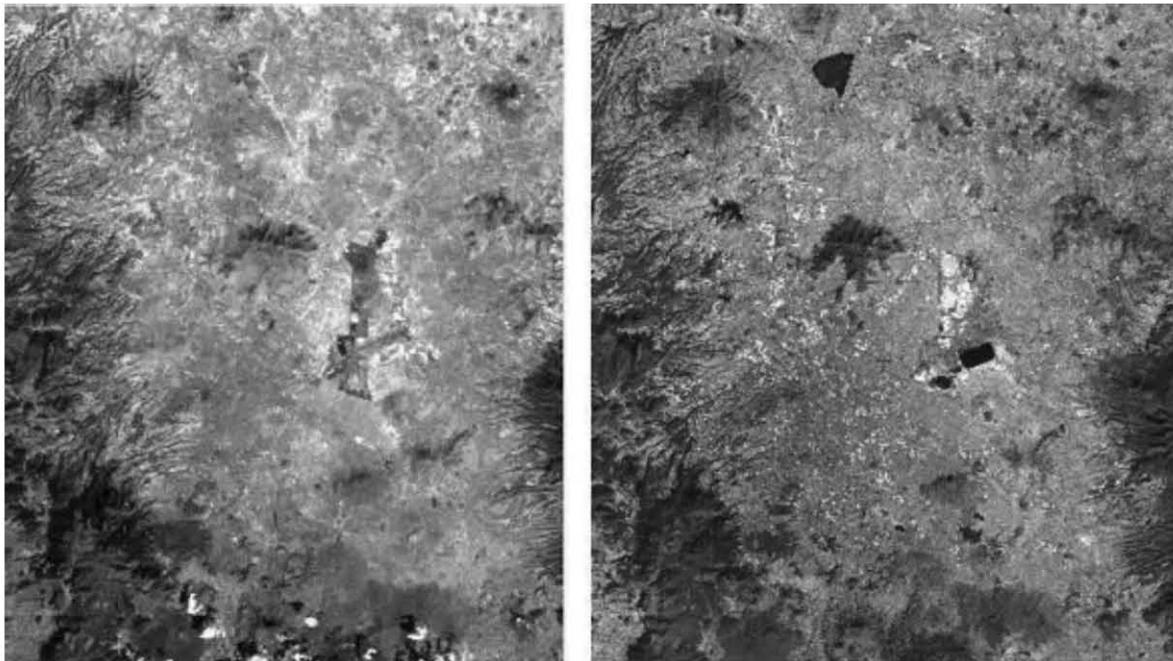


Figura 5.9 La ZMCM en el año 1980 a la izquierda y en el año 2016 a la derecha, con una población de 14, 189, 572 y 20, 381, 303 millones de habitantes respectivamente.

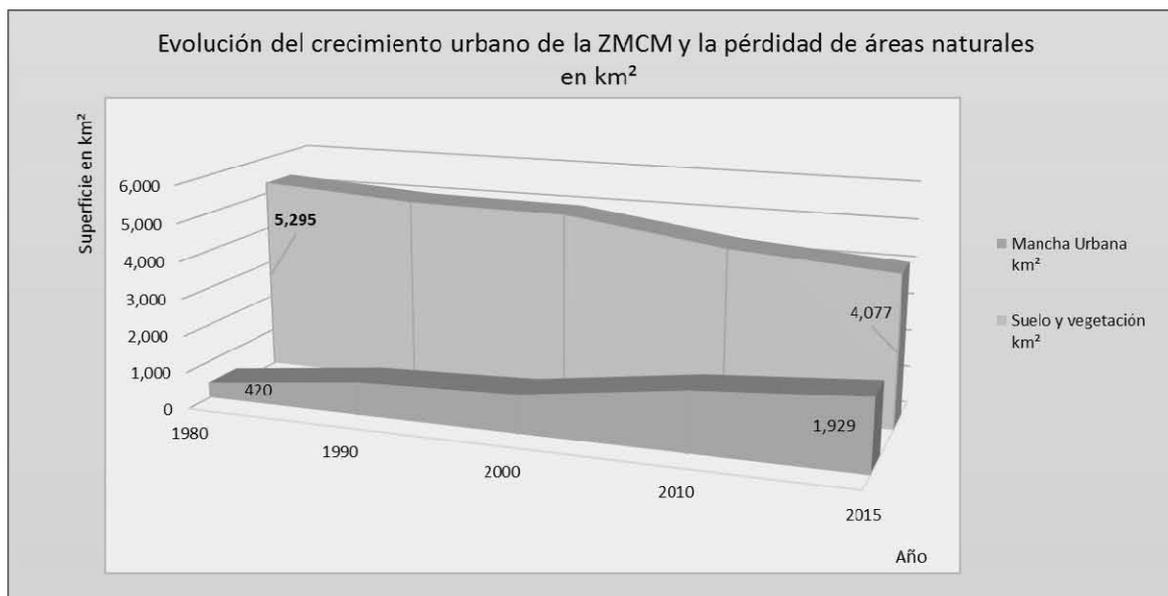


Figura 5.10 Evolución del crecimiento espacial de zona urbana y pérdida de áreas naturales de la ZMCM²⁷

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

Fue posible evidenciar de manera satisfactoria la pérdida de áreas naturales debido al crecimiento urbano en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México aplicando la técnica de percepción remota. Visualmente los resultados obtenidos permitieron analizar e interpretar el comportamiento del crecimiento de la mancha urbana, las áreas obtenidas del procesamiento de las imágenes fueron cotejadas con la información estadística obtenida del INEGI del mismo periodo de estudio que las imágenes satelitales encontrando, relación concreta entre ambas fuentes.

El lapso de estudio considerado, fue suficiente para determinar el ritmo de crecimiento de la zona metropolitana y la pérdida de las áreas naturales.

Sin embargo, se encuentra que, el ritmo de crecimiento en los últimos años se ha mantenido bajo, debido a que la ZMCM en la parte suroeste se encuentra limitada por la Sierra de las Cruces y la Sierra de Ajusco, en el sureste limitada por el Iztaccíhuatl-Popocatepetl y Monte Tláloc, direccionando el crecimiento de la mancha urbana hacia el norte con dirección al estado de Hidalgo.

Frente a esta problemática, al no tener más área de expansión en el Valle de México, y con la demanda de vivienda originada por la sobrepoblación que existe en la CDMX; la vivienda vertical se ha convertido en la opción para vivir en el centro o muy cerca del núcleo de la Ciudad. En la actualidad, los departamentos tienen un alto costo, a tal grado que están prácticamente fuera del alcance de la mayoría de los ciudadanos, obligándolos a desplazarse hacia las periferias comprando viviendas en el Estado de México, Puebla, Querétaro e Hidalgo.

²⁷ Áreas obtenidas del análisis digital de las imágenes de la ZMCM con IDRISI Selva.

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se enfrenta hoy en día a serios problemas ambientales, contaminación excesiva del aire, suelo y agua así como una generación descomunal de desechos, se tienen alteraciones climáticas más críticas con el paso del tiempo.

El crecimiento demográfico desmedido de la zona metropolitana, ha generado que se haga uso irracional de los bosques, al realizar tala inmoderada para uso de suelo agrícola, asentamientos humanos o carreteras, afectando directamente a la biodiversidad con la desaparición de distintas especies animales.

Aunque la erosión del suelo es un proceso natural, la actividad humana en la zona metropolitana ha acelerado su aparición provocando el deterioro acelerado de nuestros recursos naturales.

Para evitar que siga el aumento de la pérdida de áreas naturales, es necesario frenar la explotación de los recursos naturales, crear sistemas, programas o políticas que ayuden a la recuperación de áreas naturales y que estabilicen las funciones de los ecosistemas alterados.

Proyección de la ZMCM 2020

Para satisfacer las necesidades de suelo urbano se requieren 3,500 km², 700 km² en la CDMX y 2,800 km² en los municipios metropolitanos. El déficit tenderá a incrementarse en los próximos 25 años. Se requiere la construcción de 25,500 viviendas nuevas anuales. Además, se estima en 314,000 viviendas precarias y 465,000 en franco deterioro.

El sector de la construcción mantendrá una baja producción de vivienda, principalmente en las de interés social. Por lo que no bastan acciones para contar con reserva territorial.

El hecho de haber detectado y evidenciado mediante el procesamiento de imágenes satelitales el uso desmedido de las áreas naturales para fines de urbanización, da pie a buscar soluciones a los problemas ambientales ya presentes, frenar el uso desmedido de las áreas naturales con el fin de recuperar la calidad de vida que se pretendía en un principio.

BIBLIOGRAFÍA

Campbell James. Introduction to Remote Sensing. The Guilford Press. New York. 5ta Ed. 2011.

Khorrarn Siamak, et. al. Remote Sensing. Springer. 2012.

Eastman Ronald. Idrisi Selva Manual. Clark University, 2012.

Gabriela Luna. *El crecimiento Urbano del Distrito Federal (Ciudad de México) y su legislación urbanística*. 2011.

www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/85/art/art13.htm.

Recuperado el 20/02/2015.

Hiernaux Daniel. *La planeación de la Ciudad de México: logros y contradicciones*, en Gabriela Luna. *El crecimiento Urbano del Distrito Federal (Ciudad de México) y su legislación urbanística*. 2011.

www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/85/art/art13.htm

Recuperado el 20/02/2015.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, “Censos y conteos de población y vivienda”. <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/default.aspx>.

Recuperado el 21/02/2016.

Brambila Paz, Carlos. Expansión Urbana en México. El Colegio de México, Centro de Estudios Demográficos y de Desarrollo Urbano. México, 1a. ed. 1992.

Merino José. Ensayos sobre la Zona Metropolitana del valle de México. Instituto de administración pública del Estado de México, 1996.

Primeras fotografías de la historia.

<http://www.verfotografias.com/2009/10/08/las-primeras-fotografias-de-la-historia/>.

Recuperado el 15/01/2016.

Colección Gilman, New York, 1984.

<http://www.metmuseum.org/art/collection/search/283189>

Recuperado el 13/04/2016.

Galería histórica, patrimonio mundial UNAM.

<http://www.patrimoniomundial.unam.mx/contenidoEstatico/galeria/verGaleria/22/galeria-historica>. Recuperado el 18/03/2016.

SEDESOL, CONAPO, INEGI. Delimitación de las zonas metropolitanas de México. 2010. http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010. Recuperado el 22/03/2016.

Zonas Metropolitanas CONAPO

http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010

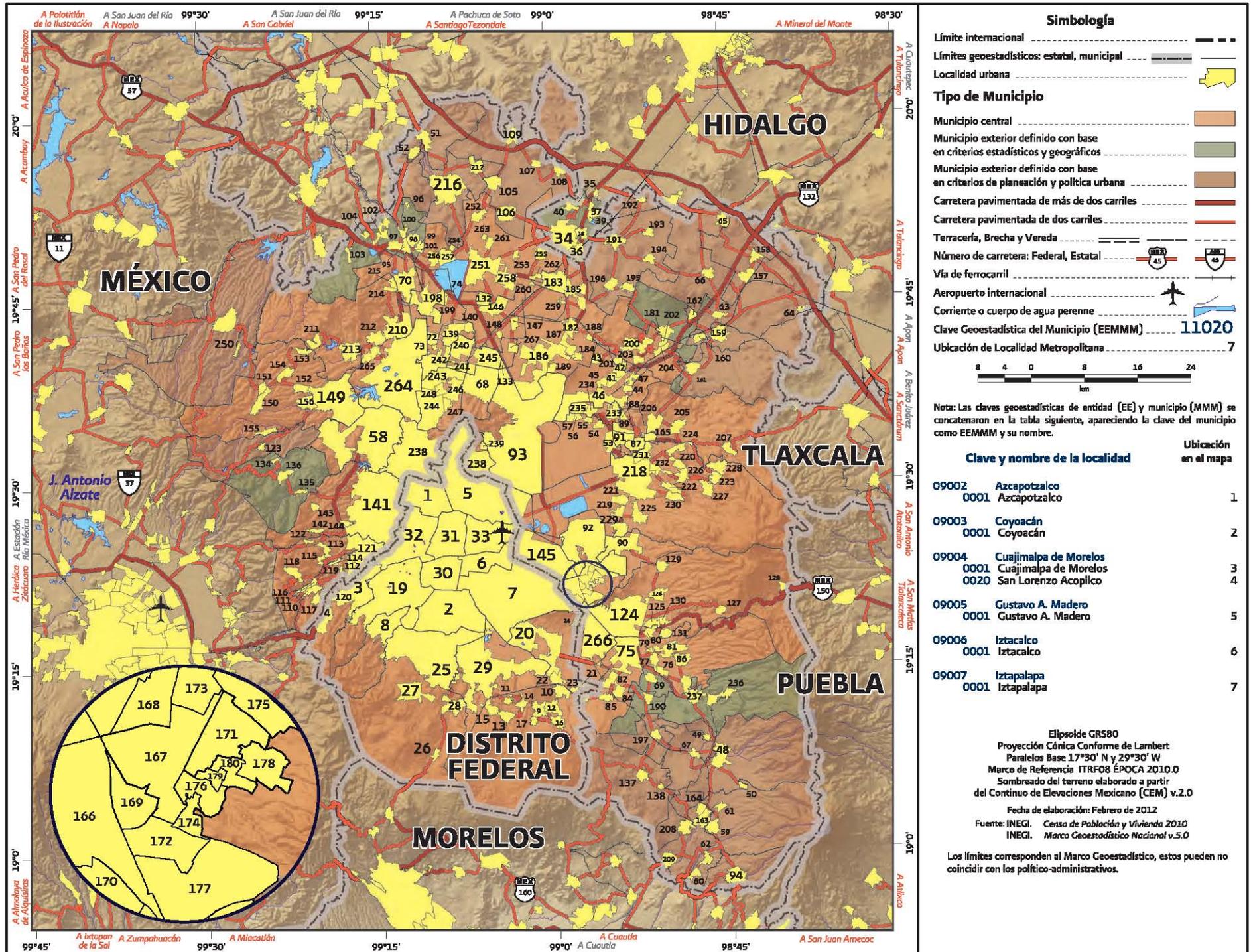
Recuperado el 25/03/2016.

INEGI. *Marco Geoestadístico Nacional 2013*.

<https://www.inegi.org.mx>. Recuperado el 03/02/2016.

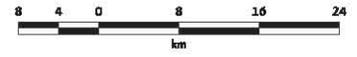
ANEXO 1.

13. ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO



Simbología

- Límite internacional -----
- Límites geoestadísticos: estatal, municipal -----
- Localidad urbana
- Tipo de Municipio**
- Municipio central
- Municipio exterior definido con base en criterios estadísticos y geográficos
- Municipio exterior definido con base en criterios de planeación y política urbana
- Carretera pavimentada de más de dos carriles
- Carretera pavimentada de dos carriles
- Terracería, Brecha y Vereda
- Número de carretera: Federal, Estatal
- Vía de ferrocarril
- Aeropuerto internacional
- Corriente o cuerpo de agua perenne
- Clave Geoestadística del Municipio (EEMMM) ----- **11020**
- Ubicación de Localidad Metropolitana ----- **7**



Nota: Las claves geoestadísticas de entidad (EE) y municipio (MMM) se concatenaron en la tabla siguiente, apareciendo la clave del municipio como EEMMM y su nombre.

Clave y nombre de la localidad		Ubicación en el mapa
09002	Azcapotzalco	1
09003	Coyoacán	2
09004	Cuajimalpa de Morelos	3
09005	Gustavo A. Madero	5
09006	Iztacalco	6
09007	Iztapalapa	7

Elipsoide GRS80
 Proyección Cónica Conforme de Lambert
 Paralelos Base 17°30' N y 29°30' W
 Marco de Referencia ITRF08 ÉPOCA 2010.0
 Sombreado del terreno elaborado a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) v.2.0
 Fecha de elaboración: Febrero de 2012
 Fuente: INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010
 INEGI. Marco Geoestadístico Nacional v.5.0

Los límites corresponden al Marco Geoestadístico, estos pueden no coincidir con los político-administrativos.

13. ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (1/2)

09008	La Magdalena Contreras		15011	Atenco		15035	Huehuetoca	
0001	La Magdalena Contreras	8	0001	San Salvador Atenco	53	0001	Huehuetoca	95
09009	Milpa Alta		0002	San Cristóbal Nexquipayac	54	0006	El Dorado Huehuetoca	96
0001	Villa Milpa Alta	9	0004	Santa Isabel Ixtapán	55	0008	Salitrillo	97
0011	San Antonio Tecómitl	10	0013	Nueva Santa Rosa	56	0009	San Bartolo	98
0015	San Bartolomé Xicomulco	11	0029	Granjas Ampliación Santa Rosa	57	0012	San Pedro Xalpa	99
0017	San Francisco Tecoxpa	12	15013	Atizapán de Zaragoza		0013	Santa María	100
0024	San Pablo Oztotepec	13	0001	Ciudad López Mateos	58	0019	Ex-Hacienda de Jalpa	101
0029	San Pedro Atocpan	14	15015	Atlatzaco		0027	Colonia Santa Teresa	102
0033	San Salvador Cuauhtenco	15	0001	Atlatzaco de Victoria	59	0028	Unidad San Miguel Jagüeyes	103
0036	Santa Ana Tlacotenco	16	0005	San Andrés Tlalamac	60	0030	Villa URBÍ del Rey	104
0152	San Lorenzo Tlacoyucan	17	0006	San Juan Tehuixtítlan	61	15036	Hueyapoxtla	
0300	San Nicolás Tetelco	18	0007	San Juan Tepecoculco	62	0001	Hueyapoxtla	105
09010	Álvaro Obregón		15016	Axapusco		0006	Jilotzingo	106
0001	Álvaro Obregón	19	0001	Axapusco	63	0007	Nopala (Guadalupe Nopala)	107
09011	Tláhuac		0006	Jaltepec	64	0008	San Francisco Zacacalco	108
0001	Tláhuac	20	0016	Santa María Aticpac	65	0009	Santa María Ajoloapan	109
0011	San Andrés Mixquic	21	0017	Santo Domingo Aztacameca	66	15037	Huixquilucan	
0021	San Juan Ixtayopan	22	15017	Ayapango		0001	Huixquilucan de Degollado	110
0024	San Nicolás Tetelco	23	0001	Ayapango de Gabriel Ramos M.	67	0005	Dos Ríos	111
0026	Santa Catarina Yecahuitzotl	24	15020	Coacalco de Berriozábal		0009	Jesús del Monte	112
09012	Tlalpan		0001	San Francisco Coacalco	68	0013	Magdalena Chichicapa	113
0001	Tlalpan	25	15022	Cocotitlán		0018	San Bartolomé Coatepec	114
0019	Parres (El Guarda)	26	0001	Cocotitlán	69	0019	San Cristóbal Texcalucan	115
0026	San Miguel Ajusco	27	15023	Coyotepec		0021	San Francisco Ayotuzco	116
0027	San Miguel Topilejo	28	0001	Coyotepec	70	0023	San Juan Yautepec	117
09013	Xochimilco		15024	Cuautitlán		0024	Santa Cruz Ayotuzco	118
0001	Xochimilco	29	0001	Cuautitlán	71	0025	Santiago Yancuitalpan	119
09014	Benito Juárez		0088	San Mateo Ixtacalco	72	0026	Zacamulpa	120
0001	Benito Juárez	30	0111	Galaxia Cuautitlán	73	0071	Naucalpan de Juárez	121
09015	Cuauhtémoc		0124	La Providencia	74	0089	El Hielo	122
0001	Cuauhtémoc	31	15025	Chalco		15038	Isidro Fabela	
09016	Miguel Hidalgo		0001	Chalco de Díaz Covarrubias	75	0001	Tlazala de Fabela	123
0001	Miguel Hidalgo	32	0002	La Candelaria Tlalpa	76	15039	Ixtapaluca	
09017	Venustiano Carranza		0005	San Gregorio Cuautzingo	77	0001	Ixtapaluca	124
0001	Venustiano Carranza	33	0010	San Juan Tezompa	78	0003	San Buenaventura	125
13069	Tizayuca		0012	San Lucas Amalinalco	79	0004	Coatepec	126
0001	Tizayuca	34	0013	San Marcos Huixtoco	80	0007	General Manuel Ávila Camacho	127
0002	El Carmen	35	0014	San Martín Cuautlalpan	81	0011	Río Frio de Juárez	128
0008	Huitzila	36	0016	San Mateo Huitzilzingo	82	0012	San Francisco Acuautila	129
0010	El Cid	37	0017	San Mateo Tezoquipan	83	0064	Jorge Jiménez Carrón	130
0019	Tepojaco	38	0019	San Pablo Atlazalpan	84	0151	San Jerónimo Cuatro Vientos (San Jerónimo)	131
0042	Don Antonio	39	0020	Santa Catarina Ayotzingo	85	15044	Jaltenco	
0044	Haciendas de Tizayuca	40	0021	Santa María Huexoculco	86	0001	Jaltenco	132
15002	Acolman		15028	Chiautla		0020	Alborada Jaltenco	133
0001	Acolman de Nezahualcóyotl	41	0001	Chiautla	87	15046	Jilotzingo	
0005	San Bartolo	42	0004	Ocopulco	88	0001	Santa Ana Jilotzingo	134
0008	San Marcos Nepantla	43	0006	Santiago Chimalpa (Chimalpa)	89	0003	San Luis Ayucan	135
0011	San Pedro Tepetitlán	44	15029	Chicoloapan		0005	Santa María Mazatla	136
0012	Santa Catarina	45	0001	Chicoloapan de Juárez	90	15050	Juchitepec	
0015	Tepexpan	46	0001	Chiconcuac		0001	Juchitepec de Mariano Rivapalacio	137
0016	San Miguel Xometla	47	0001	Chiconcuac de Juárez	91	0002	San Matías Cuijingo	138
15009	Amecameca		15030	Chimalhuacán		15053	Melchor Ocampo	
0001	Amecameca de Juárez	48	0001	Chimalhuacán	92	0001	Melchor Ocampo	139
0005	San Francisco Zentlalpan	49	15031	Chimalhuacán		0005	San Francisco Tenopalco	140
0006	San Pedro Nexapa	50	0001	Chimalhuacán	92	15057	Naucalpan de Juárez	
15010	Apaxco		15033	Ecatepec de Morelos		0001	Naucalpan de Juárez	141
0001	Apaxco de Ocampo	51	0001	Ecatepec de Morelos	93	0088	San Francisco Chimalpa	142
0007	Santa María Apaxco	52	15034	Ecatzingo		0098	Santiago Tepatlaxco	143
			0001	Ecatzingo de Hidalgo	94	0267	Ejido de San Francisco Chimalpa	144
						15058	Nezahualcóyotl	
						0001	Ciudad Nezahualcóyotl	145

13. ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (2/2)

15059	Nextlalpan		15089	Tenango del Aire		0025	San Pablo de las Salinas	245
0001	Santa Ana Nextlalpan	146	0001	Tenango del Aire	197	0068	Fuentes del Valle	246
0017	San Miguel Jaltocan	147	15091	Teoloyucan		0069	Ampliación San Mateo (Colonia Solidaridad)	247
0058	Ex-Hacienda Santa Inés	148	0001	Teoloyucan	198	0072	Colonia Lázaro Cárdenas (Los Hornos)	248
15060	Nicolás Romero		0010	San Bartolo	199	15112	Villa del Carbón	
0001	Villa Nicolás Romero	149	15092	Teotihuacán		0001	Villa del Carbón	249
0003	Quinto Barrio (Ejido Cahuacán)	150	0001	Teotihuacán de Arista	200	0011	Loma Alta	250
0004	Santa María Magdalena Cahuacán	151	0002	Atlantongo	201	15120	Zumpango	
0016	Progreso Industrial	152	0013	San Francisco Mazapa	202	0001	Zumpango de Ocampo	251
0018	San Francisco Magú	153	0019	San Lorenzo Tlalmimilolpan	203	0013	Santa María Cuevas (Cuevas)	252
0020	San José el Vidrio	154	0020	San Sebastián Xolalpa	204	0014	Arbolada los Sauces	253
0025	Transfiguración	155	15093	Tepetlaotoc		0023	Colonia Lázaro Cárdenas del Río	254
0082	Veintidós de Febrero	156	0001	Tepetlaotoc de Hidalgo	205	0041	San Bartolo Cuautlalpan	255
15061	Nopaltepec		0003	Concepción Jolalpan	206	0045	San José de la Loma	256
0001	Nopaltepec	157	0014	Santo Tomás Apipilhuasco (Santo Tomás)	207	0046	San Juan Zitlaltepec	257
0004	San Felipe Teotitlán	158	15094	Tepetlixpa		0054	San Sebastián	258
15065	Otumba		0001	Tepetlixpa	208	0056	Santa Lucía	259
0001	Otumba de Gómez Farías	159	0002	Nepantla de Sor Juana Inés de la Cruz	209	0057	Colonia Santa Lucía	260
0007	Cuatlacingo	160	15095	Tepotzotlán		0175	Fraccionamiento la Trinidad	261
0011	Oxtotipac	161	0001	Tepotzotlán	210	0198	Paseos de San Juan	262
0019	Santiago Tolman	162	0005	Cañada de Cisneros	211	0204	Villas de la Laguna	263
15068	Ozumba		0021	San Mateo Xoloc	212	15121	Cuatitlán Izcalli	
0001	Ozumba de Alzate	163	0026	Santiago Cuautlalpan	213	0001	Cuatitlán Izcalli	264
0007	San Mateo Tecalco	164	0073	Santa Cruz del Monte	214	0020	Huilango	265
15069	Papalotla		0074	Ejido de Coyotepec	215	15122	Valle de Chalco Solidaridad	
0001	Papalotla	165	15096	Tequixquiac		0001	Xico	266
15070	La Paz		0001	Tequixquiac	216	15125	Tonanitla	
0001	Los Reyes Acaquilpan	166	0008	Tlapanaloya	217	0001	Santa María Tonanitla	267
0005	La Magdalena Atlicpac	167	15099	Texcoco				
0008	San Sebastián Chimalpa	168	0001	Texcoco de Mora	218			
0009	Tecamachalco	169	0012	Montecillo	219			
0013	Emiliano Zapata	170	0016	La Purificación Tepetitla	220			
0017	Profesor Carlos Hank González	171	0020	San Bernardino	221			
0019	El Pino	172	0022	San Dieguito Xochimanca	222			
0036	Arenal	173	0024	San Jerónimo Amanalco	223			
0037	Bosques de la Magdalena	174	0025	San Joaquín Coapango	224			
0038	Lomas de San Sebastián	175	0029	San Miguel Coatlinchán	225			
0039	Lomas de Altavista	176	0030	San Miguel Tlaixpán	226			
0040	San Isidro	177	0035	Santa Catarina del Monte	227			
0041	San José las Palmas	178	0041	Santa María Tecuanulco	228			
0042	Techachaltitla	179	0042	Santiago Cuautlalpan	229			
0043	Unidad Acaquilpan	180	0043	Tequexquihahuac	230			
15075	San Martín de las Pirámides		0045	Santa María Tulantongo	231			
0001	San Martín de las Pirámides	181	0048	Xocotlán	232			
15081	Tecámac		15100	Tezoyuca				
0001	Tecámac de Felipe Villanueva	182	0001	Tezoyuca	233			
0004	Los Reyes Acozac	183	0002	Tequisistlán	234			
0009	San Pablo Tecalco	184	0007	Ejido de Tequisistlán Primero	235			
0012	Santa María Ajoloapan	185	15103	Tlalmanalco				
0019	Ojo de Agua	186	0001	Tlalmanalco de Velázquez	236			
0025	San Martín Azcatepec	187	0005	San Rafael	237			
0050	Fraccionamiento Santa Cruz Tecámac	188	15104	Tlalnepantla de Baz				
0098	Fraccionamiento Social Progresivo Santo Tomás Chiconautla	189	0001	Tlalnepantla	238			
15083	Temamatla		0105	Puerto Escondido (Tepeoluco Puerto Escondido)	239			
0001	Temamatla	190	15108	Tultepec				
15084	Temascalapa		0001	Tultepec	240			
0001	Temascalapa	191	0014	Santiago Teyahualco	241			
0004	Ixtlahuaca de Cuauhtémoc	192	0063	Fraccionamiento Paseos de Tultepec II	242			
0011	San Bartolomé Actopan	193	15109	Tultitlán				
0013	San Juan Teacalco	194	0001	Tultitlán de Mariano Escobedo	243			
0014	San Luis Tecuahuatlán	195	0003	Buenavista	244			
0017	Santa Ana Tlachihualpa	196						