



---

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**USO DEL SUELO Y SUS MODIFICACIONES  
EN LA SUBCUENCA “LAGO DE TEXCOCO”**

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**LICENCIADA EN GEOGRAFÍA**

PRESENTA  
**ERICKA LÓPEZ GARCÍA**

DIRECTORA DE TESIS  
MAESTRA. ANGÉLICA M. FRANCO GONZÁLEZ



Ciudad de México.

Abril 2016



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

## *Agradecimientos*

A Dios, por darme la fuerza, la fe, los medios, las personas y todo lo necesario para culminar esta etapa porque sin él nada es posible.

A la UNAM por abrirme las puertas, por compartir toda su sabiduría desde la prepa y por darme todos los conocimientos necesarios para ser una profesional en mi rubro y ser mejor persona.

A mi familia: a esos señores que me dieron todo el apoyo moral, económico y anímico; que nunca criticaron mi decisión y al contrario hasta fueron participes de toda mi formación. A mis hermanos que no solo me ayudaron en el aspecto académico sino también hacían de ésta una travesía única, irrepitible y muy divertida.

A mi directora de tesis, a la cual le debo infinitas cosas, le agradezco por cada corrección, por cada consejo, por toda la paciencia, por todas sus horas de entrega, por sus palabras de aliento, por cada uno de sus días de trabajo: Gracias Maestra Angélica M. Franco González.

A mis sinodales: el profesor Víctor Manuel Martínez L. y a la profesora Blanca González M: por todos los consejos y aportes que me ayudaron a mejorar mi tesis, por todas esas aportaciones que enriquecieron mi trabajo, fueron de vital importancia e hicieron que mi trabajo mejorará.

A mis sinodales: la Doctora Patricia Olivera y al profesor Jorge J. Mengelle por tomarse el tiempo de leer mi trabajo, y enriquecerlo con sus buenas ideas y atinados consejos.

A mis amigas: Gaby, Mary, Ely, Jess, Ira, Analí, Miriam, Salma, It, Liz, Xio, Paty y Dany que siempre tuvieron fe en mí, y que nunca dudaron que llegaría hasta aquí., porque nunca me dejaron en los momentos de risas, de estrés, de trabajo o hasta de llanto. Gracias por tanto apoyo y por seguir aquí, “Las quiero “.

A mis amigos: César, Diego, Lalo, Gus, Lalo, Aldo, Ale, Luis, Daniel, Charlie, Oziel, Leches, Wero, Pedro, Omar y algún otro que me falte, gracias por ser parte tan esencial no solo en esta etapa sino a lo largo de tantos años, los quiero como a pocos y les debo mucho a cada uno de ustedes.

A mi nena, mi Kadhija porque ella ha sido mi esperanza, mi terapeuta y mi mejor amiga cuando no hay nadie más, y también por cada uno de los besos, ronroneos, araños y abrazos que cada uno de nuestros familiares que no hablan me han dado sin importar lo que pase fuera, son los mejores consejeros sin palabras que puedo tener y son tantos que no caben en este escrito.

Y a las familias Bahena Saldívar, Olea Pineda y Sánchez Sánchez que nunca dudaron en apoyarme cuando la distancia estaba en mi contra y que me abrieron las puertas de su hogar y me hicieron parte de cada una de sus familias.

|  |            |
|--|------------|
| ÍNDICE   |            |
| <b>RESUMEN</b>   | <b>6</b>   |
| <b>INTRODUCCIÓN</b>  | <b>7</b>   |
| <b>CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO</b>                  | <b>10</b>  |
| 1.1. Marco teórico   | 10         |
| 1.2 Antecedentes conceptuales                                  | 13         |
| 1.3 La subcuenca hidrográfica                                  | 15         |
| 1.4. Uso del suelo desde la perspectiva gubernamental          | 17         |
| <b>CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA SUBCUENCA</b> | <b>36</b>  |
| 2.1 Localización y descripción de la zona de estudio           | 36         |
| 2.2 Rasgos naturales del territorio de estudio.                | 37         |
| 2.2.1 Relieve y geología                                       | 37         |
| 2.2.2 Clima  | 40         |
| 2.2.3. Hidrografía y edafología                                | 43         |
| 2.2.4 Flora y fauna  | 46         |
| 2.3 Rasgos sociales de la zona                                 | 49         |
| 2.3.1 Límites políticos- administrativos de la subcuenca       | 49         |
| 2.3.2 Población total de los municipios de la subcuenca        | 51         |
| 2.3.3 Infraestructura  | 59         |
| <b>CAPÍTULO 3 COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO</b>            | <b>65</b>  |
| 3.1 Análisis de las imágenes Landsat de 1989-2014              | 65         |
| 3.3 Uso del suelo  | 70         |
| 3.4 Problemática   | 80         |
| <b>RESULTADOS</b>  | <b>92</b>  |
| Condiciones físicas  | 92         |
| Condiciones sociales   | 94         |
| <b>CONCLUSIONES</b>  | <b>107</b> |
| Fuentes consultadas  | 109        |
| Anexos   | 114        |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. 1. Mapa de ubicación de la subcuenca “Lago de Texcoco” dentro del sistema de cuencas de México. ....          | 17 |
| Figura 1. 2. Superficie urbana y no urbana en la región III Chimalhuacán .....  | 21 |
| Figura 1. 3. Mapa de uso del suelo en la región III Chimalhuacán.....   | 21 |
| Figura 1. 4. Superficie urbana y no urbana en la región V Ecatepec .....  | 22 |
| Figura 1. 5. Mapa de uso del suelo en la región V Ecatepec .....  | 23 |
| Figura 1. 6. Superficie urbana y no urbana en la región IX Nezahualcóyotl .....   | 24 |
| Figura 1. 7. Mapa de uso del suelo en la región IX, Nezahualcóyotl.....   | 25 |
| Figura 1. 8. Mapa de uso del suelo en la región XI Texcoco.....   | 26 |
| Figura 1. 9. Superficie urbana y no urbana de la región XI .....  | 27 |
| Figura 1. 10. Mapa de uso del suelo en la Región XII Tlalnepantla .....   | 28 |
| Figura 1.11. Uso del suelo en la delegación Gustavo A. Madero 1997 .....  | 29 |
| Figura 1. 12. Uso del suelo en la delegación Iztacalco (1996, 2004).....  | 30 |
| Figura 1.13. Uso del suelo en la delegación Iztapalapa 1997 y 2003 .....  | 31 |
| Figura 1. 14. Uso del suelo en la delegación Venustiano Carranza 1997-2003.....   | 32 |
| Figura 1. 15. Mapa de divisoria de aguas y altimetría de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                            | 34 |
|   |    |
| Figura 2. 1. Mapa de localización de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....  | 36 |
| Figura 2. 2. Mapa de la orografía de la región III oriente del Estado de México .....                                   | 37 |
| Figura 2. 3. Mapa de geología de la macro región III Oriente del Estado de México .....                                 | 39 |
| Figura 2. 4. Mapa de regiones climáticas de la macro región III Oriente del Estado de México.....                       | 40 |
| Figura 2. 5. Climograma de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....  | 42 |
| Figura 2. 6. Mapa de tipos de clima en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....  | 43 |
| Figura 2. 7. Mapa del drenaje y cuerpos de agua en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                                  | 44 |
| Figura 2. 8. Mapa de tipos de suelo actuales de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                                     | 46 |
| Figura 2. 9. Mapa de tipos de vegetación en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....   | 49 |
| Figura 2. 10. Mapa de municipios que componen la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                                       | 50 |
| Figura 2. 11. Municipios que conforman la subcuenca “Lago de Texcoco”.....  | 51 |
| Figura 2. 12. Mapa de los 11 estados con población similar a la del Estado de México .....                              | 52 |
| Figura 2. 13. Evolución de la población en el Estado de México.....   | 53 |
| Figura 2. 14. Municipios con mayor porcentaje de población.....   | 55 |
| Figura 2. 15. Mapa de población total de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....  | 57 |
| Figura 2. 16. Mapa de densidad de población en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                                      | 59 |
| Figura 2. 17. Mapa de porcentaje de viviendas que cuentan con servicios en el Estado de México .....                    | 60 |
| Figura 2. 18. Mapa de distribución de hogares en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                                    | 61 |
| Figura 2. 19. Mapa de hogares que cuentan con agua potable por municipios dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco”..... | 62 |
| Figura 2. 20. Mapa de hogares que no cuentan con drenaje por municipios dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....   | 63 |
| Figura 2. 21. Mapa de hogares que no cuentan con luz eléctrica por municipio en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....     | 64 |
|   |    |
| Figura 3. 1. Mapa de cobertura vegetal en la subcuenca “Lago de Texcoco”, 1989.....                                     | 66 |
| Figura 3. 2. Mapa de cobertura vegetal en la subcuenca “Lago de Texcoco”, 2000 .....                                    | 67 |
| Figura 3. 3. Mapa de cobertura vegetal en la subcuenca “Lago de Texcoco”, 2014 .....                                    | 68 |
| Figura 3. 4. Mapa de comparación de las coberturas vegetales de 1989-2014 en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....        | 69 |
| Figura 3. 5. Mapa de cuadrantes de la subcuenca “Lago de Texcoco”.....  | 74 |
| Figura 3. 6. Mapa de uso del suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....   | 79 |
| Figura 3. 7. Días nublados en las estaciones dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                             | 92 |
| Figura 3. 8. Porcentaje década uno de los tipos de climas en la subcuenca “Lago de Texcoco”.....                        | 92 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 3. 9 Porcentaje de cada uno de los tipos de suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                     | 93  |
| Figura 3. 10. Porcentaje de cada uno de los tipos de vegetación en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....              | 93  |
| Figura 3. 11 Porcentaje de población de cada uno de los municipios de la subcuenca “Lago de Texcoco” .....           | 94  |
| Figura 3. 12 Mapa de Hundimientos en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....  | 96  |
| Figura 3. 13 Mapa de la influencia de gasolineras en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                            | 97  |
| Figura 3. 14 Mapa de la influencia de las carreteras en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                         | 98  |
| Figura 3. 15 Mapa de la influencia de ductos en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                                 | 99  |
| Figura 3. 16 Mapa de la influencia del Bordo Xochiaca en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                        | 100 |
| Figura 3. 17 Mapa del área inundable en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....   | 101 |
| Figura 3. 18 Área de mayor problemática de la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                                      | 102 |
| Figura 3. 19 Mapa de relación entre población y problemática en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                 | 104 |
| Figura 3. 20 Mapa de problemática en las zonas de mayor cambio de coberturas en la subcuenca “Lago de Texcoco” ..... | 105 |
| Figura 3. 21 Mapa de problemática en los usos del suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                      | 106 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1. 1.</b> Uso del suelo en la región III Chimalhuacán .....   | 20 |
| <b>Tabla 1. 2.</b> Uso del suelo en la región V Ecatepec .....   | 22 |
| <b>Tabla 1. 3.</b> Uso del suelo en la región IX Nezahualcóyotl .....  | 24 |
| <b>Tabla 1. 4.</b> Uso del suelo en la región XI Texcoco .....   | 26 |
| <b>Tabla 1. 5.</b> Uso del suelo en la delegación Gustavo A. Madero .....  | 29 |
| <b>Tabla 1. 6.</b> Uso del suelo en la delegación Iztacalco .....  | 30 |
| <b>Tabla 1. 7.</b> Uso del suelo en la delegación Iztapalapa .....   | 31 |
| <b>Tabla 1. 8.</b> Uso del suelo en la delegación Venustiano Carranza .....  | 32 |
| <br>   |    |
| <b>Tabla 2. 1.</b> Estaciones meteorológicas localizadas dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco” .....                            | 41 |
| <b>Tabla 2. 2.</b> Tipos de vegetación en la Cuenca de México .....  | 47 |
| <b>Tabla 2. 3.</b> Superficie por km <sup>2</sup> de los municipios que componen la subcuenca “Lago de Texcoco” .....              | 50 |
| <b>Tabla 2. 4.</b> Listado de la población de 11 estados con la misma población que el Estado de México .....                      | 53 |
| <b>Tabla 2. 5.</b> Población total de la Ciudad de México .....  | 56 |
| <b>Tabla 2. 6.</b> Población total por municipio de la subcuenca “Lago de Texcoco” .....   | 57 |
| <b>Tabla 2. 7.</b> Densidad de población en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....   | 58 |
| <br>   |    |
| <b>Tabla 3. 1</b> Variables para trabajo de campo .....  | 70 |
| <b>Tabla 3. 2</b> Tipos de materiales de la vivienda .....   | 72 |
| <b>Tabla 3. 3.</b> Clasificación de los Peligros por tipo y localización en los municipios de la subcuenca “Lago de Texcoco” ..... | 83 |
| <b>Tabla 3. 4.</b> Matriz de análisis de conflicto de la problemática física. ....   | 87 |
| <b>Tabla 3. 5.</b> Matriz de análisis de conflictos de la problemática social-construida en la subcuenca “Lago de Texcoco” .....   | 90 |

## **RESUMEN**

### **USO DEL SUELO Y SUS MODIFICACIONES EN LA SUBCUENCA “LAGO DE TEXCOCO”**

Ericka López García

Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, 2016

Debido a las condiciones del relieve de la Cuenca de México se originó un sistema lacustre comprendido por 5 grandes lagos, uno de ellos fue el Lago de Texcoco, era un lago salino lo que permitió que fuera de los menos explotados pero a su vez propició su desecación; la sobre explotación de los demás lagos y la desecación de éste permitieron asentamientos humanos trayendo consigo modificaciones al medio ambiente que con el paso del tiempo fueron incrementándose. La subcuenca “Lago de Texcoco” está localizada en esta zona por lo que se analizó el uso del suelo actual y las modificaciones que ha sufrido de 1989 al 2014. Cuenta con un área de 564 km<sup>2</sup>, de los cuales para 1989 se contaba con 72 km<sup>2</sup> para uso agrícola y en el 2014 solo se tenían 44 km<sup>2</sup> siendo la cobertura vegetal agrícola la que más afectaciones sufrió en los últimos 25 años debido al crecimiento del 10% del área urbana, esta área se explica a mayor detalle con el uso del suelo. El uso del suelo habitacional alcanza 60 % del total del territorio además del uso de suelo industrial, de equipamiento y comercial que incrementan la superficie de la zona urbana. Este crecimiento urbano ha traído consigo múltiples peligros naturales y sociorganizacionales, los primeros representados por los hundimientos, localizados en el área limítrofe de la Zona Federal Lago de Texcoco principalmente en el municipio de Nezahualcóyotl, en cuanto a los sociorganizacionales el principal fenómeno que representa peligro son los asentamientos en áreas susceptibles a inundación y peligros en vías de comunicación, localizados en las delegaciones y municipios donde la Ciudad de México y el Estado de México colindan. De acuerdo con las matrices de conflicto se obtuvo que las zonas con alta incidencia de peligros se encuentran en gran parte del territorio del municipio de Nezahualcóyotl y una porción importante del municipio de Ecatepec, así como en algunos lugares de los municipios de Chimalhuacán y Texcoco y en las delegaciones Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza; esta incidencia de peligros coincide en los territorios donde existe alta concentración de la población o donde las condiciones naturales son desfavorables, como lo es en suelos no aptos para asentamientos humanos.

## INTRODUCCIÓN

El análisis de uso del suelo tienen gran importancia geográfica por ser la conjunción de factores físicos que delimitan los espacios y los factores sociales que determinan su utilidad, además ayudan a conocer las transformaciones de espacios a través del tiempo y analizarlas como un referente a la pérdida de recursos naturales para que puedan someterse a un método de control o mitigación con el fin de evitar esta pérdida.

Una representación del espacio donde distintos factores interaccionan es por medio de una cuenca hidrográfica que de igual manera es un espacio delimitado por factores físicos como la topografía y la hidrología, en donde confluyen sistemas físicos, bióticos y socioeconómicos dando como resultado múltiples relaciones y procesos permanentes y dinámicos.

De acuerdo con Valek (2000) antes de la conquista de los españoles el Valle de México constaba de abundante vegetación, extensa variedad de especies animales, además de cinco lagos que constituían el principal ingrediente de este paisaje. A lo largo de 500 años ha sufrido transformaciones continuas que han alterado enormemente su ambiente físico (Figura 1) que señala la desecación del sistema lacustre del imperio

El Valle de México comprendía un área de unos 9,600 km<sup>2</sup> es en realidad una cuenca, sin salidas naturales rodeada por cadenas montañosas y por volcanes. En las zonas bajas estaban los cinco lagos alimentados por el caudal de varios ríos y arroyos provenientes del deshielo y lluvias estacionales. El lago de Texcoco era el mayor de todos, tenía una extensión de aproximadamente 700 km<sup>2</sup> pero era extremadamente salino; se localizaba en la parte más baja de la cuenca y recibía el agua de los demás lagos (Chalco, Xochimilco, Tláhuac y Zumpango).

Los cinco lagos de la Cuenca de México recibían más de 400 millones de m<sup>3</sup> de aguas anualmente. Se desecaron debido a acciones humanas específicas: la urbanización masiva en los antiguos lechos lacustres en las tierras de la cuenca; las complejas obras de drenaje a gran escala, la explotación indiscriminada de los mantos acuíferos de la región, su contaminación; la deforestación de las áreas vecinas, y la erosión de los suelos de la zona. De los aproximadamente 2,000 km<sup>2</sup> que conformaban el sistema lacustre de la cuenca de México en la época prehispánica, en 1970 solo quedaban 13 km<sup>2</sup>.

Los factores que han ocasionado la transformación del paisaje de la región son múltiples pero ninguno tan determinante como la pérdida gradual del drenaje de los cinco lagos que fue lo que permitió a la ciudad expandirse, ocasionó una pérdida irreversible de suministros de agua y el cambio de uso de suelo donde se ubicaban estos grandes lagos. El incesante crecimiento de la mancha urbana, aunado con la construcción de vías de comunicación, el aeropuerto de la Ciudad de México, el bordo Xochiaca y la expansión de algunos municipios como Ecatepec, Netzahualcóyotl y Chimalhuacán, han cambiado las condiciones físicas y el ambiente del área, (Valek, 2000).



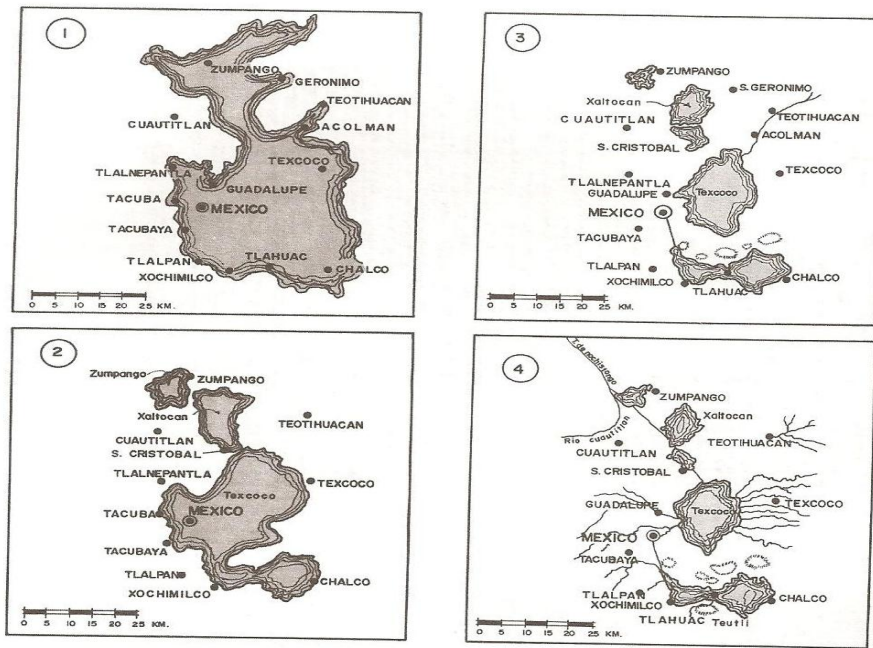


Figura 1. Desecación del sistema lacustre de la cuenca de México, desde que se formó hasta 1889.

Valek, 2000, pág. 64

Este espacio ha sufrido grandes modificaciones, que se hicieron más notorias con la explosión demográfica de la zona metropolitana, acelerando su deterioro y la desaparición de los grandes cuerpos de agua en particular a partir de 1970, debido a diversos factores externos. Se plantea un diagnóstico de las condiciones actuales del uso del suelo para poder determinar la problemática de la zona.

Delimitando el territorio donde se ha asentado la población y las obras que fueron construidas para su beneficio, a través de interpretación de imágenes satelitales, observación en campo, datos estadísticos e históricos, se da a conocer el grado de alteración y el uso actual del suelo, esto para entender la influencia que tiene en el área metropolitana, así como la capacidad que tiene para proporcionar recursos a la población aledaña y las consecuencias que tienen la reutilización del suelo.

El presente trabajo evalúa las consecuencias de urbanización en la zona oriente de la Ciudad de México, en la colindancia con el Estado de México; donde además de ser un espacio considerado de conservación es también un sitio donde se concentra la mayor población tanto del Estado de México como de la Ciudad de México.

Para identificar estas consecuencias se plantea señalar el uso del suelo actual, partiendo de la delimitación de una zona de estudio determinando la subcuenca, lo que le del título a esta tesis: *Uso del suelo y sus modificaciones en la subcuenca "Lago de Texcoco"*

La tesis está conformada por tres capítulos: El primer capítulo se refiere al marco teórico-metodológico en el cual se plantean las teorías y conceptos que se usarán de guía para este trabajo, además de los conceptos principales

como “subcuenca” y “uso del suelo” enfocándolos en la zona de estudio y así también se explica el procedimiento que se llevó en todo el proceso de investigación, es decir, se describe la metodología usada en la tesis.

El segundo capítulo se dan conocer las características geográficas de la subcuenca, en él se muestra los aspectos tanto físicos como sociales que ocurren en la subcuenca: entre los aspectos físicos se señalan la localización, relieve, geología, clima, hidrografía, edafología, flora y fauna y en los aspectos sociales se toman en cuenta los municipios que la conforman, la cantidad de población, su distribución, densidad, distribución de hogares y los servicios con los que cuentan.

El tercer y último capítulo explica los cambios de cobertura y uso del suelo; en cuanto a la cobertura vegetal se presentan los cambios a partir de 1990, analizando cuales han sido las mayores pérdidas de cobertura vegetal, se muestra además el uso del suelo que se obtuvo por medio del trabajo de campo referido a través de cuadrantes con sus respectivas características. Con estos datos se prosigue a determinar la problemática comenzando por analizar los peligros y su distribución en la subcuenca para que mediante un Sistema de Información Geográfico se puedan determinar los lugares con mayores problemáticas y su área de influencia, así como también ver en que usos del suelo y tipos de cobertura son los más afectados por estas problemáticas y poder realizar propuestas para evitar la problemática de la zona.

### **Objetivo general**

Evaluar las consecuencias de las modificaciones del uso del suelo y de cobertura vegetal que ha ocurrido en la subcuenca “Lago de “Texcoco”

### **Objetivos particulares**

Identificar las características físicas actuales de la subcuenca “Lago de Texcoco” para determinar el grado de influencia que tienen en las modificaciones del lugar.

Identificar los cambios de cobertura vegetal.

Detectar los problemas naturales y sociales que han ocasionado las modificaciones de uso del suelo y de cobertura vegetal en la zona.

### **Hipótesis**

Los cambios de cobertura vegetal y uso del suelo generado por el crecimiento demográfico dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco” han producido alteraciones ambientales lo cual genera múltiples problemas que van a continuar o incluso se incrementarán.

## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO-METODOLÓGICO**

En este capítulo se dan a conocer las posturas teóricas que se tomaron en cuenta para la realización de la tesis; así como los conceptos que serán clave a lo largo de la investigación, después se señala las características generales de la subcuenca como base para este estudio, para continuar con el uso del suelo que existe en ella, por último se señala la metodología, es decir, el procedimiento que se siguió a lo largo del trabajo para cumplir los objetivos enunciados.

### **1.1. Marco teórico**

Para el estudio de relaciones ambientales se debe comprender la Teoría General de Sistemas (TGS) ya que se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias. La TGS se caracteriza por su perspectiva holística e integradora, en donde lo importante son las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen, la TGS ofrece un ambiente adecuado para la interrelación y comunicación entre especialistas y especialidades. Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) decía que la Teoría General de Sistemas debería constituirse en un mecanismo de integración entre las ciencias naturales y sociales y ser al mismo tiempo un instrumento básico para la formación y preparación de científicos. (Cathalifaud, *et al.*, 1998).

Spedding (1975) sugiere nueve consideraciones que deben ser tomadas en cuenta para realizar la conceptualización de un sistema; estas son:

1. El propósito
2. El límite
3. El contorno
4. Los componentes
5. Las interacciones
6. Los recursos
7. Los ingresos o insumos
8. Los egresos o salidas
9. Los subproductos

Donde el propósito se refiere a los egresos principales, de manera general y del funcionamiento; los límites, definen la extensión; contorno, es el ambiente externo, físico y económico, es decir, los limitantes externos; los componentes son las partes principales; las interacciones se refieren a las consecuencias y efectos de la interacción de sus componentes; los recursos se refiere a las entradas; las salidas son los productos que salen del sistema y los subproductos, son los productos de la actividad biológica que quedan dentro del sistema y/o posible conversión en otro proceso (FAO, 1993)

Un ejemplo de sistemas se representa en la concepción de cuenca porque todos los factores y características geográficas dentro de su espacio se relacionan. El hecho de enfocar el estudio con base en la cuenca parte de la idea que estas áreas son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico que ahí sucede y concentran la oferta de agua que proviene de las precipitaciones.

Así mismo es donde se realizan las interrelaciones entre el uso y los usuarios del agua, son un área en donde interactúan en un proceso permanente y dinámico el agua con los sistemas físicos y bióticos. Además de los sistemas físicos y bióticos también interactúa el sistema socioeconómico, formado por los usuarios de la cuenca ya sean habitantes o interventores externos, formando un sistema interconectado. Por todo esto la cuenca es la unidad territorial más adecuada para la gestión integrada de los recursos hídricos especialmente en cuanto a su uso, asignación y control de su contaminación.

La subcuenca a su vez tiene como límite una divisoria de aguas; municipios y delegaciones fuera de sus límites que tienen influencia en esta área que funcionan como contorno, así también tiene componentes físicos como la divisoria de aguas o los cauces y los subsistemas bióticos, sociales, económicos por mencionar algunos; las interacciones se explican cuando estos subsistemas se relacionan entre sí; las entradas son energía solar, agua, oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y otros elementos, además de recursos bióticos como seres vivos; las salidas suelen ser calor, nutrientes, dióxido de carbono, emisión de gases y en los subproductos se encuentra la producción de bienes y servicios.

En la Conferencia Internacional sobre el Agua y Medio Ambiente (Dublín, Irlanda 1992) se recalcó que la gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica y que la entidad apropiada para la planificación y gestión de los recursos hídricos, es la cuenca fluvial. En la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce señala que “la clave de la armonía a largo plazo con la naturaleza y con nuestros semejantes reside en arreglos de cooperación a nivel cuenca hidrográfica” (Dourojeanni, *et al.*, 2002).

La idea original de “manejo de cuenca” se dio en el sentido de regular la descarga de agua ya sea en convertir los suelos en esponjas para la infiltración o para buscar que el agua no se infiltre y poder captarla en algún receptáculo y así usar la cuenca como captadoras de agua para diferentes fines principalmente el consumo humano. Los alcances del manejo de cuenca ahora se han orientado no solo a la captación sino a niveles más complejos como la protección de los recursos naturales y mitigación de efectos de fenómenos naturales extremos, control de la erosión, control de la contaminación, conservación de suelos y su rehabilitación, recuperación de zonas degradadas y así ha pasado del concepto original de manejo de cuenca al manejo integrado de los recursos naturales hasta llegar a la idea de la gestión ambiental integrada (Dourojeanni, *et al* 1999 ).

Reconociendo que las cuencas son las unidades territoriales más adecuadas para la gestión integrada del agua también se debe tener presente que las mismas no son los únicos espacios requeridos para la gestión de los recursos naturales o del ambiente en general. Existen diferentes límites que se deben tomar en cuenta en la gestión de una cuenca:

- Hidrológicos: los límites naturales superficiales de una cuenca no necesariamente coinciden con los de las cuencas subterráneas.

- Políticos: los límites de las cuencas crean situaciones complejas de administración para los distintos niveles de gobierno quienes por su parte tienen la responsabilidad de dirigir, administrar o facilitar el funcionamiento de proceso de gestión de los recursos naturales y de prestación de servicios, de igual manera deben relacionarse con los otros niveles de gobierno para resolver problemas comunes. Estos límites político-administrativos se sobreponen a los límites determinados por la naturaleza, por ello toda propuesta de gestión del agua y recursos naturales a nivel cuenca debe ser capaz de promover, facilitar y garantizar la participación activa de los niveles de gobierno que corresponde a los diferentes espacios político-administrativos que conforman a la cuenca, a la inversa, los gobiernos deben darle la autonomía necesaria al equipo a cargo de la gestión del agua para aplicar los planes

- Institucionales: la intervención de actores públicos y privados que son exógenos a la cuenca afectan a la misma; en algunas ocasiones la falta de claridad en la definición de funciones, campos de actuación y las contraposiciones institucionales pueden resultar más conflictivos que la superposición de los límites político-administrativos con los límites naturales de la cuenca (Dourojeanni, 2000).

Se utiliza en el desarrollo de la investigación el manejo de cuencas para conocer los lugares de importancia, las áreas con algún factor considerable que haya podido ser el detonante de las modificaciones del espacio, así como zonificar estos lugares de acuerdo a los cambios que han experimentado.

El manejo integral de cuencas está íntimamente relacionado con el “uso del suelo” parte de la idea de conocer las principales causas antrópicas de los cambios ocurridos en los ecosistemas terrestres:

- Conversión o cambio de uso del suelo: esto corresponde a la transformación o reemplazo de la cobertura original.

- Degradación del terreno. Implica una declinación en la condición natural de los recursos terrestres y acuáticos que de este modo afecta directamente la producción de alimentos. Existe una fuerte interacción entre la degradación del terreno, productividad primaria de la vegetación y el clima (Lambin 1997)

- La intensificación del uso del terreno se encuentra asociada con sistemas agrícolas, agroforestales o de pastoreo. Un manejo intensivo puede estar basado en técnicas de irrigación, utilización de fertilizantes, incendios, prácticas de labranza o la integración de diferentes actividades de producción. Esto afecta la composición del ecosistema, los ciclos de nutrientes y la distribución de materia orgánica (Detwiler, 1986).

Un estudio de la cobertura del terreno supone analizar y clasificar los diferentes tipos de esta y los usos asociados que el hombre practica en una zona o región determinada (Anderson et al., 1976). Su importancia radica en que, a escala global, regional y local, los cambios en el uso del terreno están transformando la cobertura a un paso acelerado. Los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación, y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001).

Este proceso se aceleró durante los últimos dos siglos al cuadruplicarse la densidad de la población y desaparecer más superficie forestal que durante toda la historia de la humanidad (Cincotta *et al.*, 2000). Entre las consecuencias más obvias destaca la pérdida del potencial de uso de los múltiples biomas y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas para el bienestar humano, el calentamiento global, la alteración de ciclos hidrológicos y bioquímicos, la introducción de especies exóticas, el exterminio de las especies nativas y la pérdida de hábitat en general (Velázquez *et al.*, 2002).

El procedimiento más confiable para medir el grado de conversión ambiental antropogénica es el estudio de la dinámica espacio temporal de la cubierta vegetal (Berry *et al.*, 1996) o “análisis del cambio de uso/cobertura de suelo”.

## **1.2 Antecedentes conceptuales**

Para tener una idea precisa del trabajo es necesario tener claro los conceptos que se utilizarán en el desarrollo de la tesis con la finalidad de tener un lenguaje entendible y homogéneo, por ello se describen los siguientes conceptos clave.

Como base de la investigación se debe tener claro que un *sistema* es un conjunto de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo (Cathalifaud, *et al.*, 1998).

De manera particular el *sistema fluvial* se define como conjunto de ríos y esteros que conforman una hoya hidrográfica. Se denomina también red hidrográfica; esté junto con otros componentes puede conformar una *cuenca hidrográfica*: ya que está se refiere al área drenada por una corriente fluvial y sus tributarios, sus componentes están definidos por el relieve, es decir, por altitud y cambios en la altitud, canales o cursos principales y tributarios, laderas, divisoria de cuencas y nivel base (Bocco, 2004)

También se le define como el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conduce sus aguas a un río, un lago o mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que el hombre ha creado, donde desarrolla sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no

favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la Tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (World Vision, 2007). Son unidades morfológicas superficiales. En el territorio nacional se han identificado 1471 cuencas hidrográficas (INEGI, 2010c).

Las cuencas hidrográficas se dividen por su tamaño: pueden ser grandes, medianas o pequeñas. De allí en cuanto a su tamaño y complejidad, los conceptos de pequeñas cuencas o subcuencas, pueden ser muy relativos (World Vision, 2007) De acuerdo con Bocco, (2004) la delimitación de *subcuenca* está dada por la organización de los cauces, para efectos de manejo y gestión del recurso agua en forma eficiente.

Las partes que conforman la cuenca son: *divisoria de aguas* la cual es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja y *los cauces* que se entiende como el lecho de los ríos y arroyos (RAE, 2014)

Otro termino importante a considerar es el *uso del suelo* que se refiere al empleo humano de la tierra (asentamientos humanos, cultivos, pastizales cultivados o inducidos, recreación), (Cuevas, García, 2005), también se explica como la manera en la cual los objetos biofisicos que se encuentran en la cubierta terrestre (Lambin, 2006), son utilizados por el hombre para satisfacer sus necesidades materiales y espirituales (Chilar, 2001). De acuerdo con Turner (1993), el uso del suelo está delimitado por factores ambientales, como las características del suelo, clima, la topografía y la vegetación. Pero también refleja la importancia de la tierra como recurso clave y limitado para la mayoría de las actividades humanas como la agricultura, la industria, la silvicultura, la producción de energía, la recreación y la captación y almacenamiento de agua.

Se abordara la concepción de *Manejo integral de cuencas* ya que se entiende como la participación conjunta en un territorio pequeño donde las comunidades tengan intereses en común en donde los actores y usuarios de los servicios y recursos de la cuenca harán posible la aplicación de todas las acciones técnicas que la cuenca requiera, (World Vision, 2007).

También se entiende como la técnica que revisa las herramientas para la adquisición y análisis de datos geográficos y evalúa los requerimientos y disponibilidad de estos datos para poder tener un enfoque integral que considero la cuestión geográfica, territorial en cuanto a la evolución y manejo del recurso hídrico.

Para entender los cambios de uso del suelo o de cobertura vegetal se debe de entender primero a que se refiere con *cobertura del terreno/suelo*: son los objetos que se localizan sobre la superficie del suelo y que pueden ser de origen natural (bosques, glaciares, ríos, lagos, entre otros) o producidos por el hombre (carreteras, ciudades, presas) (Jansen, 2002).

El *cambio de cobertura vegetal* se define como la manifestación espacio-temporal de la vegetación y su expresión evolutiva del agregado de especies vegetales en un lugar y tiempo determinado, que se encuentra caracterizado

por los atributos biofísicos de la superficie terrestre (Velázquez *et al.*, 2010). En cuanto al *cambio de uso del suelo/cobertura* pueden ser de dos tipos: en la conversión, se refiere a un cambio de una clase de cobertura a otra y la modificación, es decir, un cambio de condición dentro de una categoría de cobertura (Turner, 1993). También se refiere a las actividades que ocupan una determinada zona de la ciudad, cuando hay cambios naturales como el aumento de población, el envejecimiento y el deterioro del entorno construido, la aparición de nuevas funciones económicas y el desarrollo y posicionamiento de nuevas áreas (Kunz, 2009).

Para el análisis de resultados se pretende ocupar *las matrices de conflicto* que es la metodología donde se evalúan las unidades político administrativas, los conflictos de competencias, los conflictos relacionados al uso, y los conflictos de valores. Puede considerarse como la metodología más participativa. Podría resumirse la misma en dos fases o etapas a realizar por las comunidades inmersas en un conflicto socio-ambiental. La fase de análisis y la fase de planificación de acciones encaminadas al desarrollo de estrategias de resolución del conflicto. En la primera etapa se reflexiona en torno a diferentes variables y en la segunda etapa se elabora una propuesta colectiva, en base a unos objetivos, diseñados a partir del análisis previo y de los recursos disponibles y los demandados. (San Juan, 2000)

### **1.3 La subcuenca hidrográfica**

En la década de 1960 la Dirección de Hidrología de la Secretaría de Recursos Hídricos (SHR) dividió el país en 37 regiones hidrológicas considerando agrupación de varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial similar.

Cuando dicha secretaria desaparece, la planeación hidráulica del país retoma la idea de los límites hidrológicos, hace modificaciones y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2004) toma como unidades geográficas 13 regiones hidrológicas administrativas las cuales no se delimitan de manera natural, sino con base en municipios completos, estas regiones pueden estar conformadas por una o varias cuencas. De esta manera se garantiza que la cuenca hidrológica se constituya como la base del manejo del agua en 1998.

Conforme a INEGI la región hidrológica administrativa donde se localiza la zona de estudio es la número XIII “Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala” que se integra por 12 cuencas hidrológicas (18029-18043) donde se incluye 99 municipios del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala y las 16 delegaciones de la Ciudad de México. Desde el punto de vista hidrográfico la región hidrológica administrativa XIII se ubica dentro de la Región Hidrográfica número 26 “Panuco”, la cual a su vez se divide en 2 subregiones 26D y 26F, la del Valle de México y Tula; la primera en condiciones naturales es una cuenca cerrada (endorreica), abarca desde la sierra de Chichinautzin hasta el Túnel de Tequisquiac. Esta cuenca no tiene una línea de drenaje general, debido a que originalmente la mayoría de los ríos descargaban en los lagos que actualmente están canalizados o entubados hacia un sistema de drenaje artificial. CONAGUA crea los organismos de cuenca para facilitar su organización entre ellos se encuentran “El Organismo de Cuencas de Aguas del Valle de México”.



Nuestra zona de estudio además de localizarse dentro de la región hidrológica administrativa XIII que a su vez se localiza en la Región Hidrográfica #26, se ubica, basado en la red hidrográfica de INEGI, en la Cuenca del Ciudad de México y en la subcuenca, “Lago de Texcoco y Zumpango” y a su vez tiene 5 de las 11 zonas hidrológicas de la subregión Valle de México (Véase figura 1.1).

La cuenca hidrográfica de la Ciudad de México es una cuenca pequeña en superficie pero con gran cantidad de población y problemas ambientales, al ser una zona lacustre y ahora ser una zona metropolitana los cambios de usos de suelo son bastantes por ello se optó por delimitar las subcuencas, en este caso la zona de estudio se localiza dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco y Zumpango” pero al ser una zona que se extiende al norte hasta la Laguna de Zumpango y salir de los límites de lo que era el Lago de Texcoco, se realizó con ayuda de las curvas de nivel otra subdivisión de la subcuenca y obtener la subcuenca, por ello se concretó una zona denominada “Subcuenca del Lago de Texcoco” para un estudio más particular y concreto de los problemas que afectan este ecosistema, siendo uno de los más importantes el conflicto político- administrativo ya que tan solo la zona federal “Lago de Texcoco” cuenta gran influencia de 4 municipios pero la subcuenca tiene porciones de 13 municipios y 4 delegaciones.

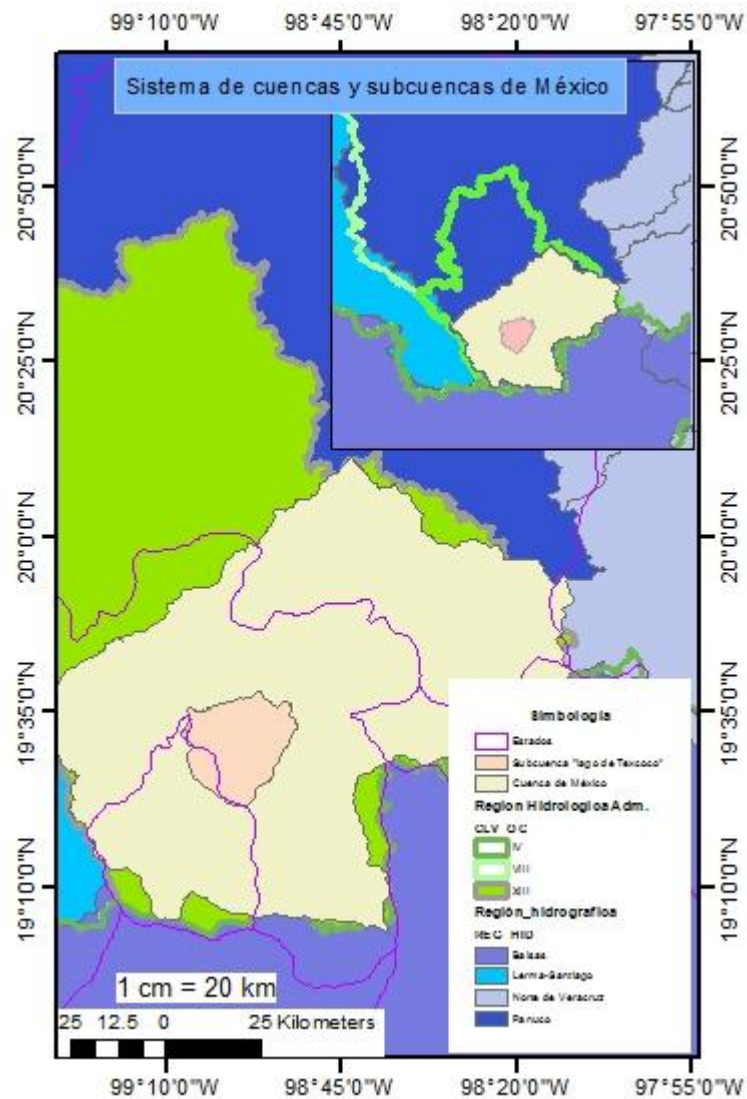


Figura 1 1. Mapa de ubicación de la subcuenca “Lago de Texcoco” dentro del sistema de cuencas de México.

Elaborado por la autora con información de INEGI, 2010

#### 1.4. Uso del suelo desde la perspectiva gubernamental

De acuerdo a la Secretaria de Desarrollo Urbano y Metropolitano del Estado de México (2003) la edafología que determina el uso del suelo de la región se representa en 6 tipos de suelo.

Phaeozms (feozem), suelos fértiles que puedan ser usados para la agricultura tanto de pastizales como gramíneas o algodón, debido a que se localiza en regiones húmedas también es apto para uso forestal. Se localizan principalmente en los Valles de Cuautitlán y de Texcoco, al noroeste y este de la Ciudad de México.

Solonchak, debido a la condición salina de estos suelos tienen un uso agrícola limitado, principalmente se usa para pastoreo extensivo, se localiza en zonas áridas y semiáridas. Se localizan principalmente en los ex lagos de Texcoco y Chalco

Vertisoles son suelos expansivos y se les ha dado un uso agricultura mecanizada y bajo riego, se cultiva principalmente gramíneas y algodón aunque también se usan para el pastoreo y en menor medida uso forestal. Estos se distribuyen en las zonas bajas y en los lomeríos suaves del Valle Cuautitlán. Texcoco.

Cambisol son suelos fértiles donde concentra un amplio rango de vegetación no solo agrícola sino también para el uso forestal y de pastoreo; se localizan principalmente al oriente del municipio de Texcoco.

Regosol, su uso para la agricultura es mínimo ya que tiene baja retención de humedad, suelen ser usado para el cultivo de granos pequeños que a su vez sirven para el pastoreo extensivo, se ubica en las zonas al sur de la Región de Texcoco.

Andosoles se les ha dado un uso agrícola debido a su fácil enraizamiento, a su fijación de fosfato y almacenamiento de agua, se cultivan caña, té, gramíneas y también hortalizas. El inconveniente de este tipo de suelo es que tiene mayor adhesividad lo cual dificulta el labrado agrícola y también tienen baja capacidad de carga.

El Estado de México realiza una regionalización de los municipios del estado; en cuanto a la zona de estudio todos los municipios están comprendidos dentro de la macro región III “Oriente”, que tiene una superficie estimada de 62,100 hectáreas, en la que el uso agrícola de temporal aun representa el 50.9 % y uso urbano el 16.67 %, donde la aptitud del suelo se presenta distribuida de la siguiente manera:

#### Agrícola

La aptitud agrícola sin restricciones se presenta en áreas de riego en la planicie lacustre aluvial, dichas áreas son irrigadas principalmente por aguas superficiales provenientes de las presas de Guadalupe y la Concepción, y benefician a los municipios de Coacalco de Berriozábal, Tultitlán, Cuautitlán Izcalli, Tepotzotlán, Teoloyucan y Cuautitlán de Romero Rubio.

La zona de Chiconautla es irrigada por aguas negras del Gran Canal, que corresponde al distrito de riego del mismo nombre (088) y que incluye a los municipios de Ecatepec de Morelos y Tecámac.

Por último, las tierras del oriente, al pie de la Sierra Nevada y los cerros Telapón, Tláloc y sus estribaciones son irrigadas por aguas del subsuelo extraídas mediante pozos que abastecen parcialmente a los municipios de Temamatla, Cocotitlán, Chalco, Chicoloapan, Texcoco, Chiconcuac, Chiautla, Papalotla, Tezoyuca, Atenco, Tepetlaoxtoc, Acolman y Teotihuacán.

## Forestal

Las tierras forestales se encuentran en las sierras arboladas de las Cruces, Monte Alto, Nevada, de Guadalupe, otros cerros aislados e incluso lomeríos en proceso de erosión. Para preservar este uso, la mayoría de las cimas de los cerros y montañas de la macro región han sido declaradas por decreto como zonas para su manejo, conservación y aprovechamiento.

También se incorporan otras áreas que por sus condiciones climáticas tienen una respuesta vegetal diferente, como es el caso de la zona de Cerro Gordo, pero que guardan potencial para uso forestal. Debe tomarse en cuenta que no sólo en las sierras y lomeríos de la macro región se aprecia aptitud para el uso forestal. En las áreas planas, actualmente con usos agrícolas de bajo rendimiento, podría producirse madera bajo esquemas novedosos de alto rendimiento.

## Pecuaría

La aptitud pecuaría se presenta sin ninguna restricción donde las actividades agrícolas no son propias, pero sólo las que son intensivas logran competir con la agricultura.

## No urbanizable

El suelo que debe destinarse a la conservación de áreas de alta productividad agropecuaría, indicadas por la existencia de infraestructura para riego, así como aquellas que por su cobertura forestal deben excluirse de los usos urbanos.

Esto conlleva a un conflicto entre uso urbano y uso agrícola, que demandan condiciones similares para efectos de planeación del territorio, la preferencia debe ser para la actividad agrícola cuando ésta cuenta con infraestructura para riego, excepto en los casos en que el riego sea de baja calidad y este sujeto a altas presiones de urbanización.

Las zonas de recarga de acuíferos también constituyen espacios no aptos para la urbanización, puesto que las fuentes subterráneas de agua son las más importantes en la Región. También quedan excluidas de la urbanización las áreas colapsables, que se encuentran fundamentalmente en las montañas, en condiciones naturales, con cobertura boscosa y que con frecuencia corresponden a áreas naturales protegidas.

Las zonas arqueológicas. Éstas se presentan de manera puntual: la principal de ellas en el municipio de Teotihuacán, el cerro de Los Melones y Tetzcotzinco en Texcoco, Tenayuca y Santa Cecilia en Tlalnepantla de Baz, y Tlapacoya en Ixtapaluca.

## Urbana y Urbanizable

En este contexto, los usos del suelo con aptitud para el desarrollo urbano se encuentran ubicados en las siguientes zonas:

- Al norte y norponiente de la macro región, donde se ubican las mayores áreas con aptitud física para usos urbanos.
- En el interior de las áreas urbanas existentes y que cuentan con áreas susceptibles de ser urbanizadas, por presentar aptitud física y contar con la infraestructura de servicios necesaria. Se exceptuarán, las áreas urbanas al oriente de la Cuenca de México, los cuales tuvieron un acelerado crecimiento que saturó la infraestructura para la dotación de agua y redes de saneamiento. Sin embargo el interior de dichas áreas urbanas puede ser apto para el establecimiento de usos no habitacionales que resuelvan sus requerimientos de agua y de drenaje con sistemas autosuficientes o mediante la ejecución de un programa de ahorro de la demanda actual de agua (SDUM, 2003).

En forma particular el gobierno del Estado de México crea subcomités regionales donde agrupa distintos municipios con similares características, generalmente cada región cuenta con más de un municipio; la zona de la subcuenca “Lago de Texcoco” tiene municipios que se localizan dentro de estas 5 regiones:

\*III Chimalhuacán

\*V Ecatepec

\*IX Nezahualcóyotl

\*XI Texcoco

\*XII Tlalnepantla

-Los usos del suelo de la región III Chimalhuacán son predominantemente no urbanos, concentrándose la superficie tipo urbano en los municipios de La Paz y Chimalhuacán. El uso urbano predominante los constituye el de tipo habitacional, el cual representa la mitad de la superficie urbana de la Región III, esto se representa en la tabla 1.1 y figuras 1.2 y 1.3 (SDUM, 2011a).

**Tabla 1. 1.** Uso del suelo en la región III Chimalhuacán

| Región III Chimalhuacán, 2010 |                                     |                 |       |                 |       |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|
|                               | Superficie total<br>km <sup>2</sup> | No urbana       |       | Urbana          |       |
|                               |                                     | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %     |
| Región III Chimalhuacán       | 452.22                              | 343.23          | 75.90 | 108.99          | 24.10 |
| Chicoloapan                   | 41.94                               | 34.39           | 82.00 | 7.55            | 18.00 |
| Chimalhuacán                  | 55.06                               | 27.31           | 49.60 | 27.75           | 50.40 |
| Ixtapaluca                    | 318.27                              | 273.08          | 85.80 | 45.19           | 14.20 |
| La Paz                        | 36.95                               | 8.35            | 22.60 | 28.60           | 77.40 |

Fuente: Planes Municipales de Desarrollo 2011-2017, Gobierno del Estado de México, pág. 37.

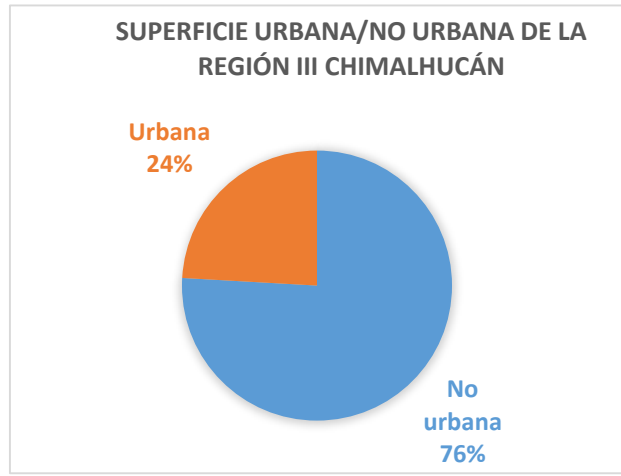


Figura 1. 2. Superficie urbana y no urbana en la región III Chimalhuacán

Elaboró la autora con información de SDUMa

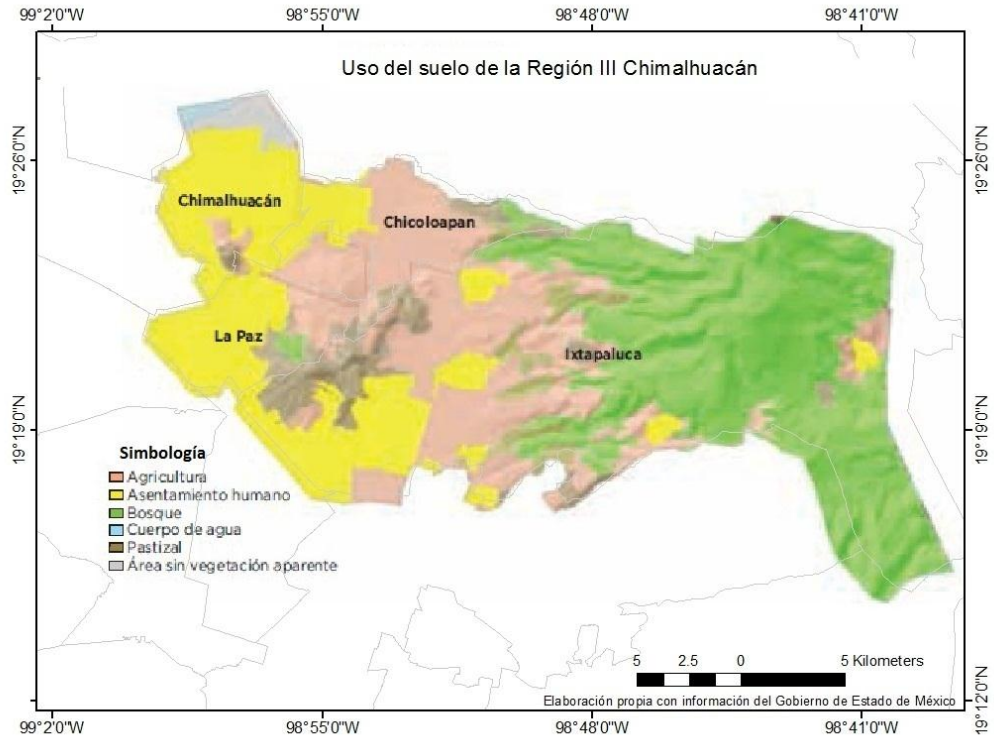


Figura 1 3. Mapa de uso del suelo en la región III Chimalhuacán

Fuente: SDUM 2011a, pág. 37.

En la Región V Ecatepec, a excepción del municipio de Ecatepec de Morelos, donde la totalidad de la superficie es urbana, en las otras demarcaciones predominan los usos no urbanos. Es decir, tres cuartas partes de la superficie total de la Región V están dedicadas a usos mayoritariamente agropecuarios. En este sentido, se puede considerar que una gran parte de los municipios se encuentra en un periodo de transición de lo rural a lo urbano. Al respecto, los usos urbanos predominantes son el habitacional. En el caso del municipio de Ecatepec de Morelos, la superficie de uso urbano es cercana a 100 %, en Tecámac es de 41.81 % y, finalmente, en Acolman es de 25.62 % (tabla 1.2 y figura 1.4 y 1.5) (SDUM, 2011b).

**Tabla 1. 2.** Uso del suelo en la región V Ecatepec

| Región V Ecatepec, 2010     |                                  |                 |       |                 |        |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------|-------|-----------------|--------|
|                             | Superficie total km <sup>2</sup> | No urbana       |       | Urbana          |        |
|                             |                                  | km <sup>2</sup> | %     | km <sup>2</sup> | %      |
| Región V Ecatepec           | 1226.60                          | 924.61          | 75.38 | 301.99          | 24.62  |
| Acolman                     | 87.10                            | 64.78           | 74.38 | 22.32           | 25.62  |
| Axapusco                    | 267.30                           | 256.61          | 96.00 | 10.69           | 4.00   |
| Ecatepec de Morelos         | 156.30                           | 0.00            | 0.00  | 156.30          | 100.00 |
| Nopaltepec                  | 87.30                            | 60.47           | 69.27 | 26.83           | 30.73  |
| Otomba                      | 143.80                           | 136.81          | 95.14 | 6.99            | 4.86   |
| San Martín de las Pirámides | 70.30                            | 65.41           | 93.04 | 4.89            | 6.96   |
| Tecámac                     | 154.30                           | 89.79           | 58.19 | 64.51           | 41.81  |
| Temascalapa                 | 177.30                           | 164.14          | 92.58 | 13.16           | 7.42   |
| Teotihuacán                 | 83.10                            | 62.19           | 74.84 | 20.91           | 25.16  |

Fuente: SDUM 2011b pág. 37

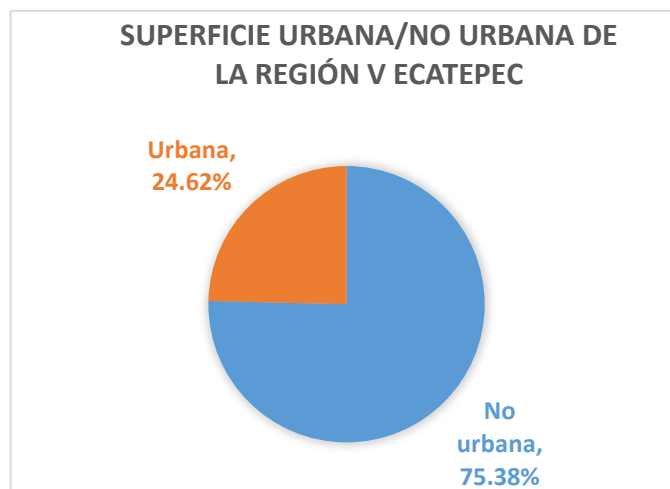


Figura 1. 4. Superficie urbana y no urbana en la región V Ecatepec

Elaboró la autora con información de SDUM 2011b

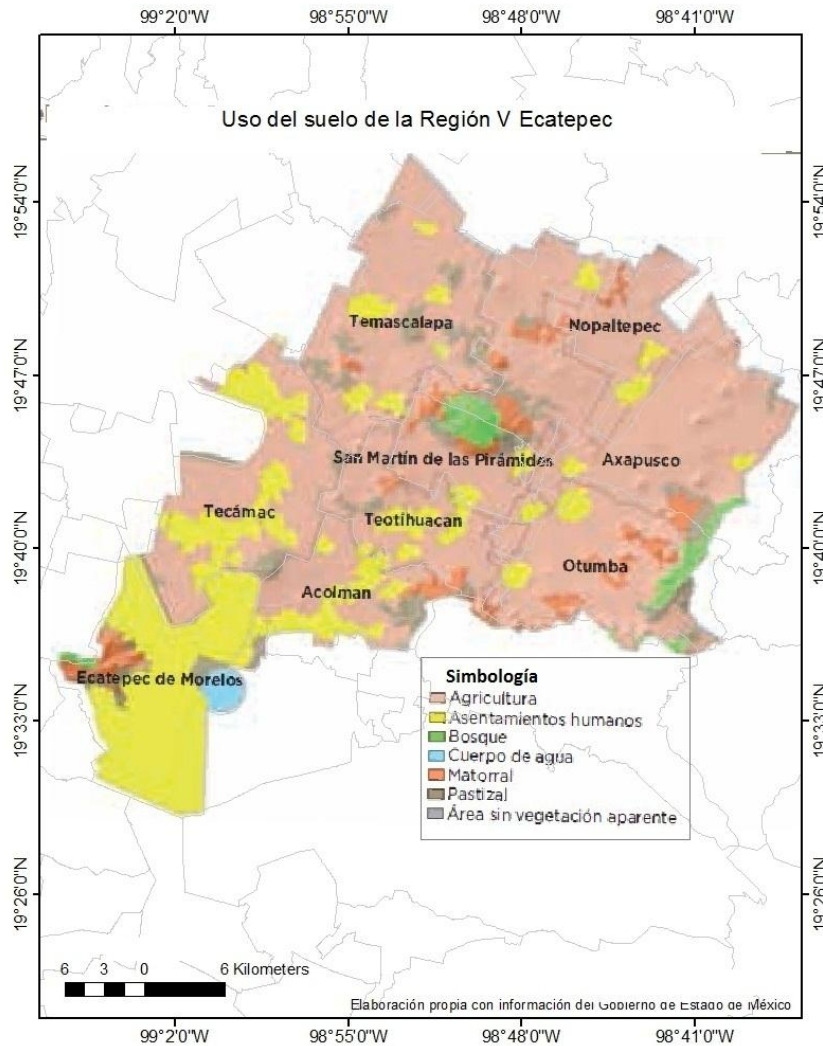


Figura 1. 5. Mapa de uso del suelo en la región V Ecatepec

Fuente: SDUM 2011b.

-En lo que respecta a la Región IX Nezahualcóyotl, cabe señalar que debido a no tener posibilidad de crecimiento, su superficie urbana está considerada en 81.19 %, equivalente a 1193 ha del total, y solo 18.80 % (1193ha) se clasifica como superficie no urbana, la cual pertenece a la zona de rescate federal, así como a las áreas estatales y municipales, representado en la tabla 1.3.

El uso de suelo de la Región se encuentra distribuido de la siguiente manera (Véase figura 1.6):

- Uso urbano 86.63 %
- Uso industrial 0.37 % y,
- Suelo erosionado 15 %



Los usos específicos que predominan en el municipio de Nezahualcóyotl son, en primer lugar, el urbano-habitacional con comercio donde se ubican siete localidades que componen su municipio, aglutinando un conjunto de 220,000 predios distribuidos en estas y, en segundo los usos industrial y de reserva federal correspondiente al ex Vaso de Texcoco (figura 1.7), (SDUM, 2011c).

**Tabla 1. 3.** Uso del suelo en la región IX Nezahualcóyotl

| Región IX Nezahualcóyotl, 2010 |                                     |                      |      |                   |       |
|--------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------|-------------------|-------|
|                                | Superficie total (km <sup>2</sup> ) | superficie no urbana |      | superficie urbana |       |
|                                |                                     | km <sup>2</sup>      | %    | km <sup>2</sup>   | %     |
| Región IX Nezahualcóyotl, 2010 | 63.44                               | 11.93                | 18.8 | 51.51             | 81.19 |

Fuente: SDUM 2011c, pag.45

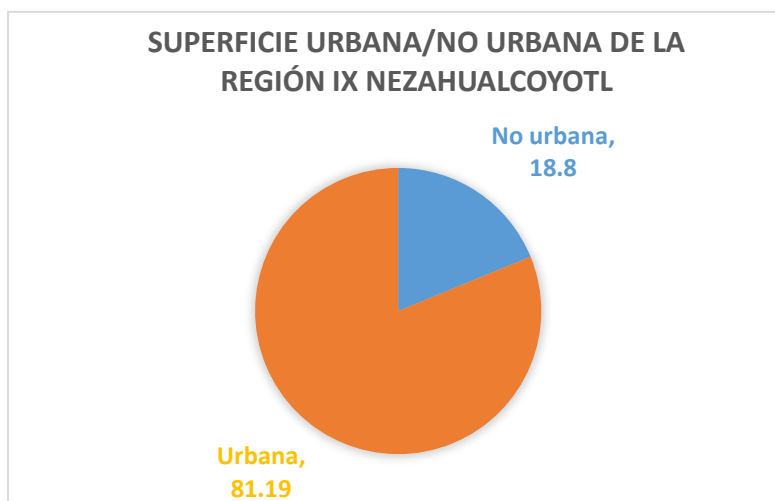


Figura 1. 6. Superficie urbana y no urbana en la región IX Nezahualcóyotl

Elaboró la autora información de SDUM 2011c

A sí mismo la superficie del área urbana de la Región IX clasificada de uso habitacional comprende 60 % aproximadamente con una extensión de casi 3844.4 ha, en cuanto al equipamiento con el que cuenta, este representa alrededor de 7 % de la superficie total con 476.99 ha. Mientras que el uso industrial solo es de 0.21 %.

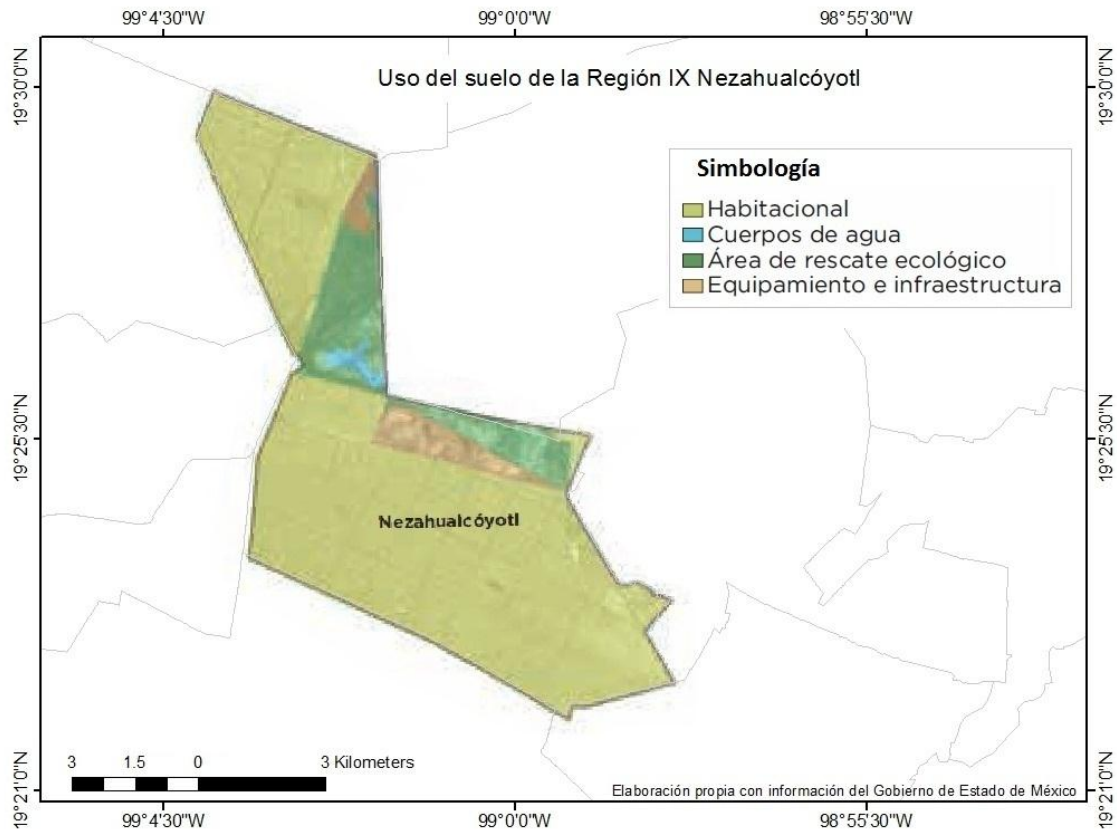


Figura 1. 7. Mapa de uso del suelo en la regi6n IX, Nezahualc6yotl

Fuente SDUM 2011c, p1g. 46.

-Los usos del suelo de la regi6n XI Texcoco son predominantemente no urbanos con 91.6 % de la superficie total de la regi6n, concentr1ndose la superficie urbana en Texcoco, Tepetlaoxtoc, Atenco y Tezoyuca (figura 1.9.) Los usos urbanos predominantes son lo habitacionales, los cuales representan 79 % de la superficie urbana. En Texcoco la superficie con este uso es de 86 %, en Atenco es de 75 % y en Tepetlaoxtoc este uso representa 74 % de la superficie urbana de la demarcaci6n, v6ase tabla 1.4 y figura 1.8 (SDUM, 2011d)

**Tabla 1. 4.** Uso del suelo en la región XI Texcoco

| Región XI Texcoco, 2010 |                                     |                      |       |                   |       |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------|-------------------|-------|
|                         | Superficie total (km <sup>2</sup> ) | superficie no urbana |       | superficie urbana |       |
|                         |                                     | km <sup>2</sup>      | %     | km <sup>2</sup>   | %     |
| Región XI Texcoco       | 727.43                              | 666.39               | 91.60 | 61.04             | 8.39  |
| Atenco                  | 94.67                               | 87.00                | 91.90 | 7.67              | 8.10  |
| Chiautla                | 20.13                               | 18.78                | 93.28 | 1.35              | 6.71  |
| Chiconcuac              | 6.94                                | 5.88                 | 84.68 | 1.06              | 15.32 |
| Papalotla               | 3.59                                | 2.66                 | 74.06 | 0.93              | 25.93 |
| Tepetlaoxtoc            | 172.38                              | 162.50               | 94.26 | 9.68              | 5.62  |
| Texcoco                 | 418.69                              | 385.51               | 92.07 | 33.18             | 7.92  |
| Tezoyuca                | 11.03                               | 4.06                 | 36.84 | 6.97              | 63.16 |

Fuente: SDUM 2011d, pag.36

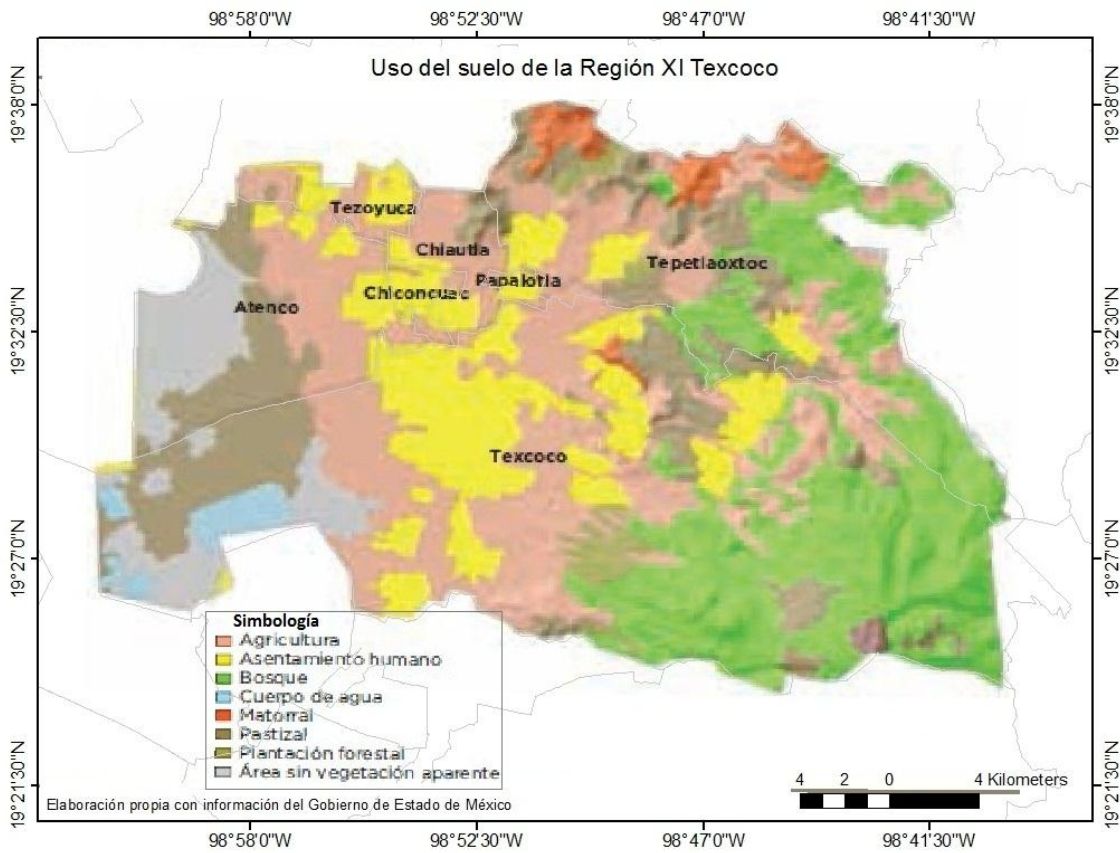


Figura 1. 8. Mapa de uso del suelo en la región XI Texcoco

Fuente: SDUM 2011d, pág. 34.

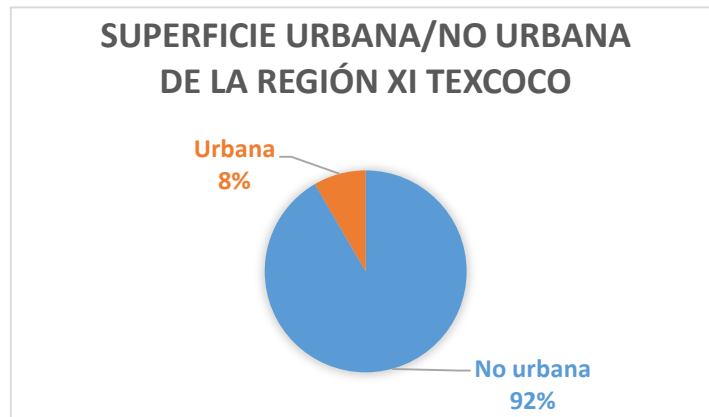


Figura 1 9. Superficie urbana y no urbana de la región XI

Elaboró la autora información SDUM 2011d

-Los municipios que integran la región XII Tlalnepantla (Atizapán de Zaragoza y Tlalnepantla de Baz) tienen altas concentraciones de población, así como de infraestructura y equipamiento. La distribución de los asentamientos humanos se presenta equilibrada debido a que mantiene una fuerte tendencia hacia la concentración de población, actividades económicas, servicios e infraestructura.

El uso del suelo predominante es el urbano, el cual abarca 45 % del territorio municipal de Atizapán de Zaragoza y 80 % de Tlalnepantla de Baz. En el caso de Atizapán de Zaragoza el resto de los usos del suelo son bosques en 22 % y 33 % de pastizal; mientras que en el caso de Tlalnepantla de Baz, 16 % del resto de su territorio es pastizal y 4 % es matorral; en ambos casos estos usos del suelo se localizan en las inmediaciones de la Ciudad de México, representado en la figura 1.10 (SDUM, 2011e).

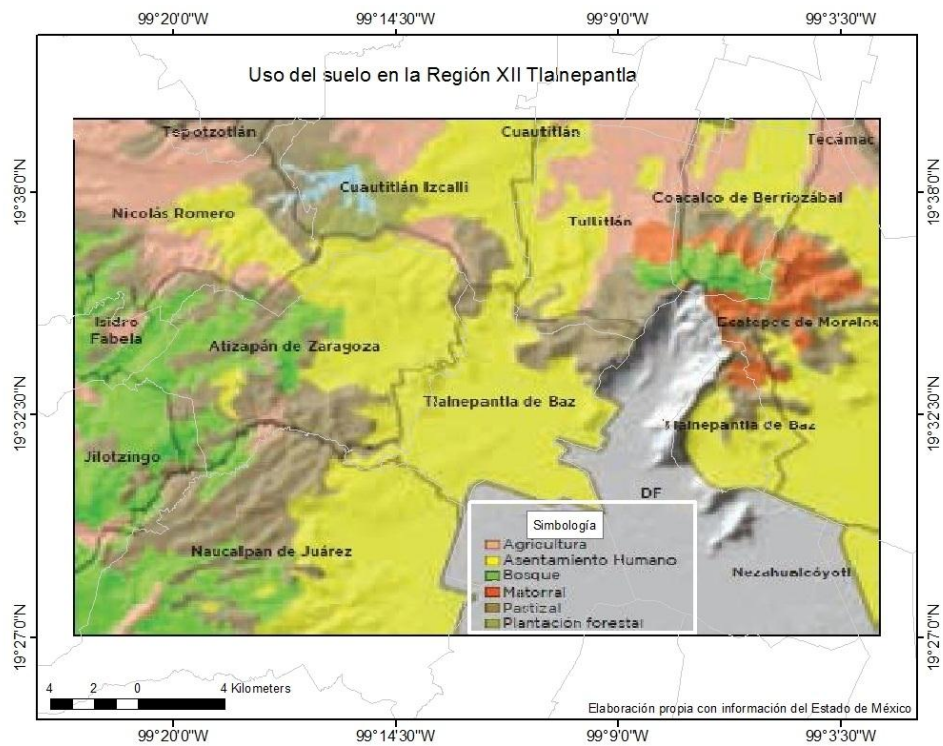


Figura 1. 10. Mapa de uso del suelo en la Región XII Tlalnepantla

Elaboró la autora información de SDUM 2011e, pág. 36.

En cuanto a la porción de la Ciudad de México la zona de estudio comprende 4 delegaciones:

- \*Gustavo A. Madero
- \*Iztacalco
- \*Iztapalapa
- \*Venustiano Carranza

- La delegación Gustavo A. Madero se extiende en 87.08 km<sup>2</sup> de los cuales 74.35 km<sup>2</sup> corresponden a suelo urbano y 12.73 km<sup>2</sup> a suelo de conservación, es decir, el 85.38 % y 14.62 % respectivamente.

La distribución de los usos del suelo son respecto a los registrados en el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de 1997, señala las modificaciones de ciertos usos de suelo en el territorio delegacional, específicamente en lo que corresponde al habitacional con comercio en planta baja, al habitacional mixto en zonas específicas, a habitacional con oficinas, principalmente con corredores urbanos, así como a la definición de aquellas colonias que por sus propias características e inclusive desde su origen con el uso exclusivo habitacional, tal es el caso de las colonias Lindavista Norte y Sur, Montevideo, San Bartolo Atepehuacán y las 7 secciones de San Juan Aragón, entre otras (Véase tabla 1.5 y figura 1.11)

Para 1995 el uso industrial representaba el 6 % de la superficie de la Delegación, aunque en algunas Direcciones Territoriales aún subsisten grandes predios con dicho uso, las industrias han emigrado, cerrado o presentan diversos grados de obsolescencia por lo que se encuentran construcciones en estado de abandono y sus predios tienden a ser adquiridos por empresas inmobiliarias para construir conjuntos de vivienda

En lo que concierne al comercio de barrio y a los servicios complementarios, se han seguido dos criterios diferentes tanto en las colonias como en las unidades habitacionales. Por un lado se encuentran aquellas en las que el uso es exclusivamente habitacional y en las que se detecta una marcada tendencia a la apertura formal o clandestina de servicios complementarios y; por otro, las zonificaciones que incluyen otros usos.

De acuerdo al Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito Federal 2003, en el año 2000 la Delegación contaba con 1, 426 ha de áreas verdes, por lo tanto, a cada habitante de la demarcación le corresponde 11.5m<sup>2</sup> de área verde, dato que se encuentra por debajo de la media de la Ciudad de México, es decir, 15 m<sup>2</sup> (SEDUVI, 2010).

**Tabla 1. 5.** Uso del suelo en la delegación Gustavo A. Madero

| Gustavo A. Madero  |      |
|--|------|
| Uso del suelo  | 1997 |
| Habitacional   | 35%  |
| Mixtos   | 35%  |
| Equipamiento   | 8%   |
| Espacios abiertos  | 16%  |
| Industria  | 6%   |
| Total  | 100% |
| Fuente: Programa delegacional de desarrollo urbano en GAM. |      |



Figura 1.11. Uso del suelo en la delegación Gustavo A. Madero 1997  
Elaboró la autora información SEDUVI 2010

-El uso del suelo en la delegación Iztacalco no ha variado de manera importante, los cambios han sido graduales y la única tendencia identificable con claridad es la pérdida de viviendas que se traduce en una disminución de los usos habitacionales.

La disminución poblacional afecta directamente los usos habitacionales y al mismo tiempo coincide con el aumento en la superficie de los usos mixtos (vivienda con comercio y/o servicios). Lo anterior se puede constatar en el aumento de los establecimientos comerciales de 7495 a 7779 y en lo que respecta a las unidades económicas de servicios que pasaron de 4951 a 6223 entre 1994 y 1999.

El ligero aumento de las actividades industriales no se refleja en la dosificación del uso del suelo correspondiente, en 1994 estaban registrados 1937 establecimientos manufactureros que para 1999 aumentaron a 2151 (véase tabla 1.6 y figura 1.12).

**Tabla 1. 6.** Uso del suelo en la delegación Iztacalco

| Iztacalco                             |      |      |
|---------------------------------------|------|------|
| Uso del suelo                         | 1996 | 2004 |
| Habitacional                          | 54%  | 50%  |
| Habitacional con comercio y servicios | 17%  | 21%  |
| Equipamiento                          | 16%  | 16%  |
| Áreas verdes                          | 2%   | 2%   |
| Industria                             | 11%  | 11%  |
| Total                                 | 100% | 100% |

Fuente: Programa delegacional de desarrollo urbano en Iztacalco

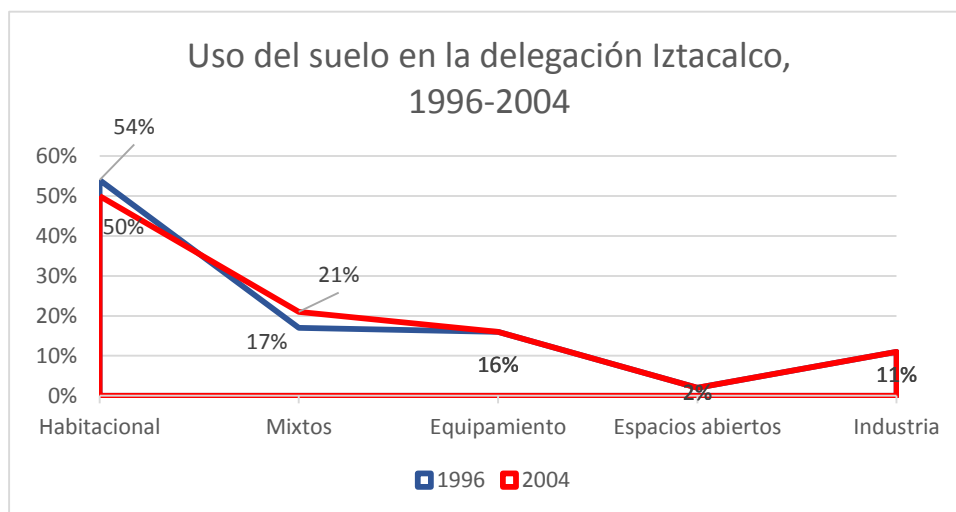


Figura 1. 12. Uso del suelo en la delegación Iztacalco (1996, 2004)

Elaboró la autora información SEDUVI 2008a

Cabe señalar que la normatividad permite el establecimiento de grandes unidades económicas, por lo que podemos concluir que la normatividad es excesivamente permisiva y puede dar lugar a usos de gran intensidad (SEDUVI, 2008a).

-El territorio de la delegación Iztapalapa tiene una extensión de 1,1667 ha, de las cuales el 92 % se encuentra en el suelo urbano, es decir, 10815.30 ha y el 7.3 % (851.69 ha) como suelo de conservación, este último se encuentra ubicado en el Cerro de la Estrella y la parte alta de la Sierra de Santa Catarina.

**Tabla 1. 7.** Uso del suelo en la delegación Iztapalapa

| Iztapalapa        |      |      |
|-------------------|------|------|
| Uso del suelo     | 1997 | 2003 |
| Habitacional      | 61%  | 46%  |
| Mixto             | 2%*  | 13%  |
| Equipamiento      | 9%   | 19%  |
| Espacios abiertos | 6%   | 12%  |
| Industria         | 15%  | 3%   |
| Conservación      | 7%   | 7%   |
| Total             |      | 100% |

Fuente: Programa delegacional de desarrollo urbano en Iztapalapa.

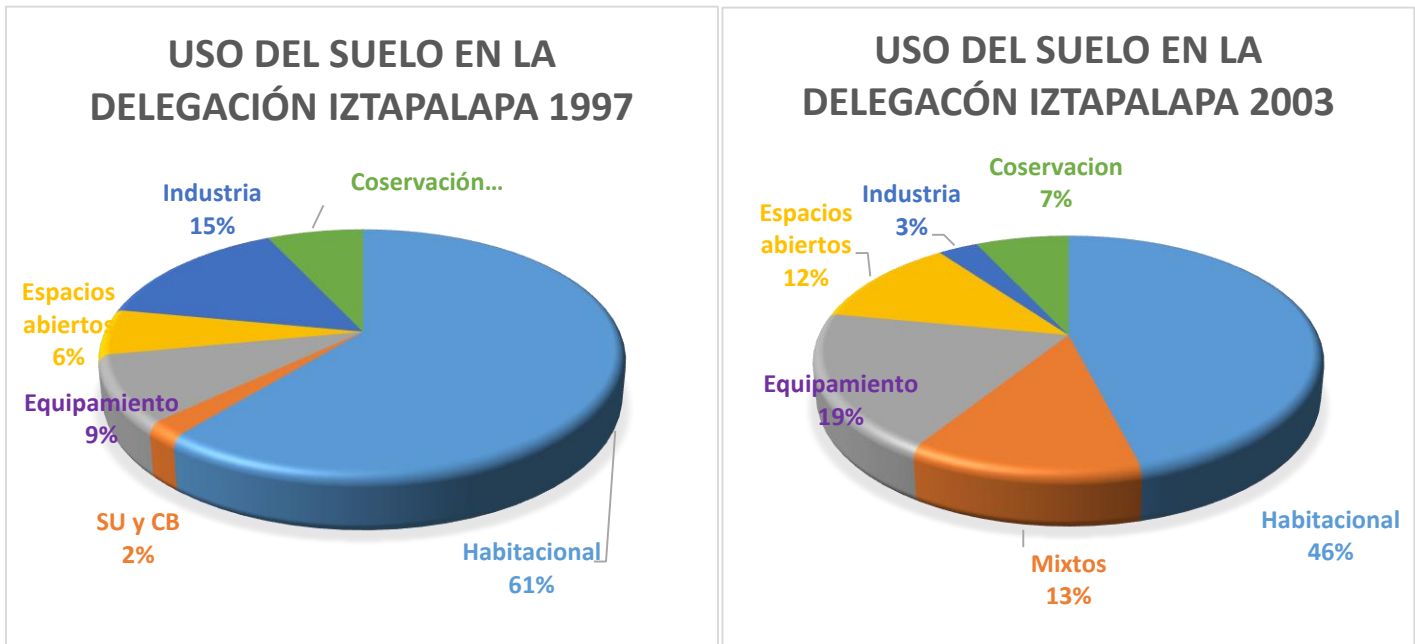


Figura 1.13. Uso del suelo en la delegación Iztapalapa 1997 y 2003

Elaboró la autora información de SEDUVI 2008b



Se observan modificaciones en los usos de suelo de 1997 a la revisión actual ya que la superficie de uso habitacional presenta decremento del 15 %; el habitacional/industrial disminuyo en un 12 %; el equipamiento, por el contrario aumento su superficie un 10 %; del mismo modo los espacios abiertos aumentaron un 6 %; no así el suelo de conservación (véase tabla 1.7 y figura 1.13) (SEDUVI, 2008b)

-La delegación Venustiano Carranza es producto de la segregación de espacios, por lo menos en la mayor parte de la demarcación, esto condiciona en gran medida la organización del uso del suelo (Véase tabla 1.8 y figura 1.14) La distribución del uso del suelo en el año 2003 con respecto a la del año 1997, nos advierte la modificación de ciertos usos de la estructura urbana, destacando principalmente el uso habitacional, dando lugar al incremento de la mezcla de usos, como es el caso del habitacional con comercio y servicios (SEDUVI, 2005).

**Tabla 1. 8.** Uso del suelo en la delegación Venustiano Carranza

| Venustiano Carranza  |      |      |
|--|------|------|
| Uso del suelo  | 1997 | 2003 |
| Habitacional   | 37%  | 34%  |
| Mixto  | 25%  | 28%  |
| Equipamiento*  | 8%   | 8%   |
| Espacios abiertos  | 6%   | 6%   |
| Industria  | 4%   | 2%   |
| Total*   | 100% | 100% |
| *sin contemplar el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México         |      |      |
| Fuente: Programa delegacional de desarrollo urbano en Venustiano Carranza. |      |      |

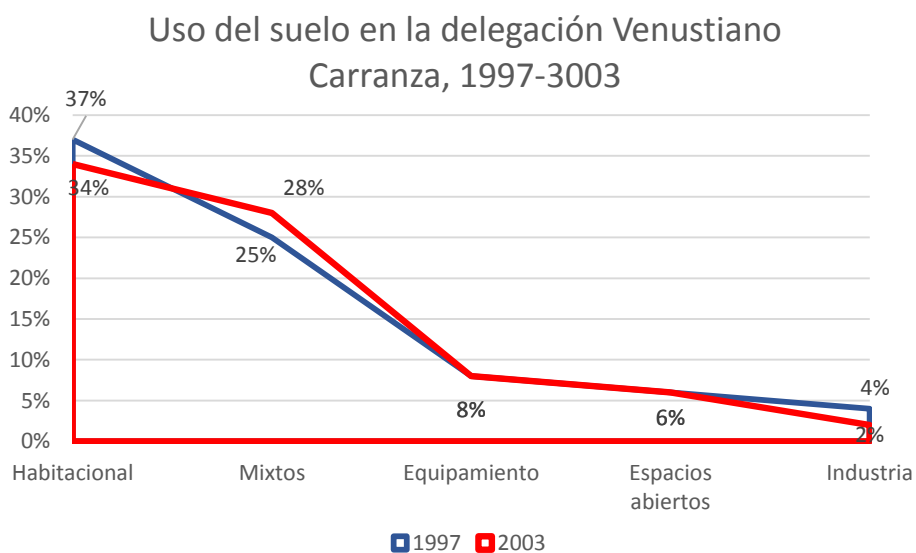


Figura 1. 14. Uso del suelo en la delegación Venustiano Carranza 1997-2003

Elaboró la autora información SEDUVI 2005

## **1.5. Metodología**

Se delimitó la subcuenca hidrográfica del Lago de Texcoco por medio de la carta topográfica proporcionada por INEGI a escala 1:250 000 Ciudad de México, para después dar paso a una escala más grande 1:50000 y observar a detalle todos los afluentes que desembocan en este Lago, se utilizaron las cartas E14A29 Cuautitlán , E14A39 Ciudad de México, E14B21 Texcoco y E14B31 Chalco Díaz de Covarrubias, señalando de color azul todo el drenaje, después se localizaron los puntos más altos y se señalaron de color rojo, ya que estos ayudan a identificar la dirección de los ríos y saber si desembocaron en la zona del Lago, así se obtuvo el límite de subcuenca y su respectivo drenaje.

Ayudado de un archivo digital de curvas de nivel de INEGI (2010c) se traza una línea que pasa por los puntos más altos y conjuntamente de las cartas topográficas se trazó la divisoria de aguas para poder determinar la zona de estudio y ubicar las imágenes satelitales que se utilizarán (Véase figura 1.15).

Se recopiló información para conocer las condiciones físicas, sociales y económicas de la zona de estudio y con esta información se elaboraron los mapas temáticos del segundo capítulo.

Por medio del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) se obtuvieron imágenes Landsat y a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y de la herramienta de falso color se señalaron los polígonos de las distintas coberturas vegetales y así obtener los mapas de cobertura vegetal de 1989, 2000 y 2014 y con ello el mapa de cambio de cobertura vegetal.

Con la información obtenida de las cartas topográficas de INEGI (2010a) y de los Planes de Desarrollo Urbano de cada municipio se obtuvo el uso del suelo, el cual se verificó con trabajo en campo y de igual manera en un SIG se plasmaron los polígonos de los diferentes uso del suelo, los cuales se homologaron para la realización de un mapa al que se denominó “Uso del suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Con la información recabada previamente y la información obtenida en campo se identificaron lo peligros tanto físicos como sociorganizativos que por medio de matrices de conflicto se evaluaron y se plasmaron en un mapa para poder determinar las zonas donde coexistieran más peligros; para después confrontarlos en las zonas donde existiera mayor cambio de cobertura y uso del suelo, además de las áreas más pobladas y así señalar las zonas con alta incidencia de peligros que representaría una alza en la problemática de la subcuenca, esto representado en el tercer capítulo. Con los resultados obtenidos donde se relacionaron las variables sociales y naturales; se da paso al análisis de la problemática, que dará lugar a las propuestas del trabajo.

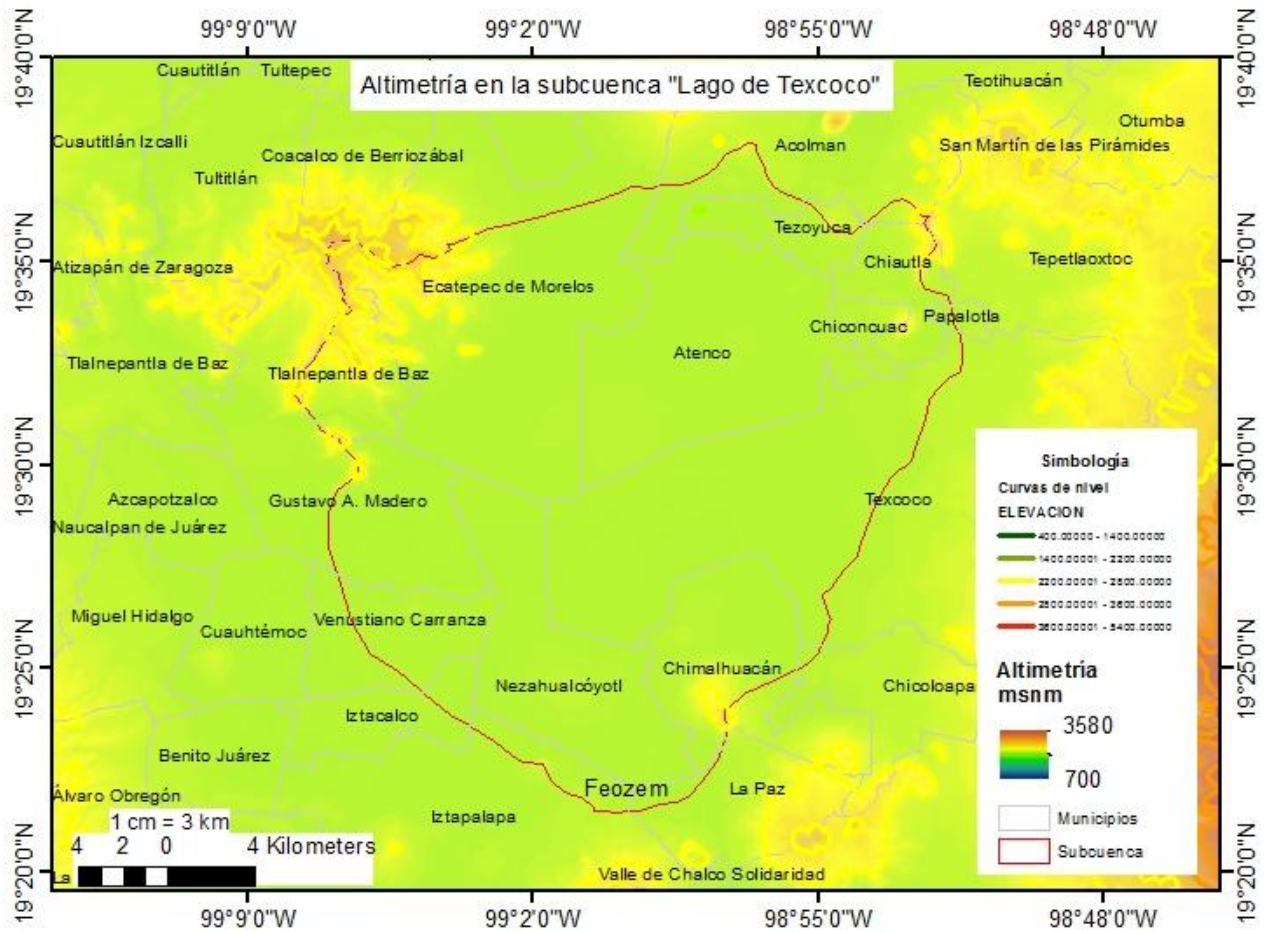
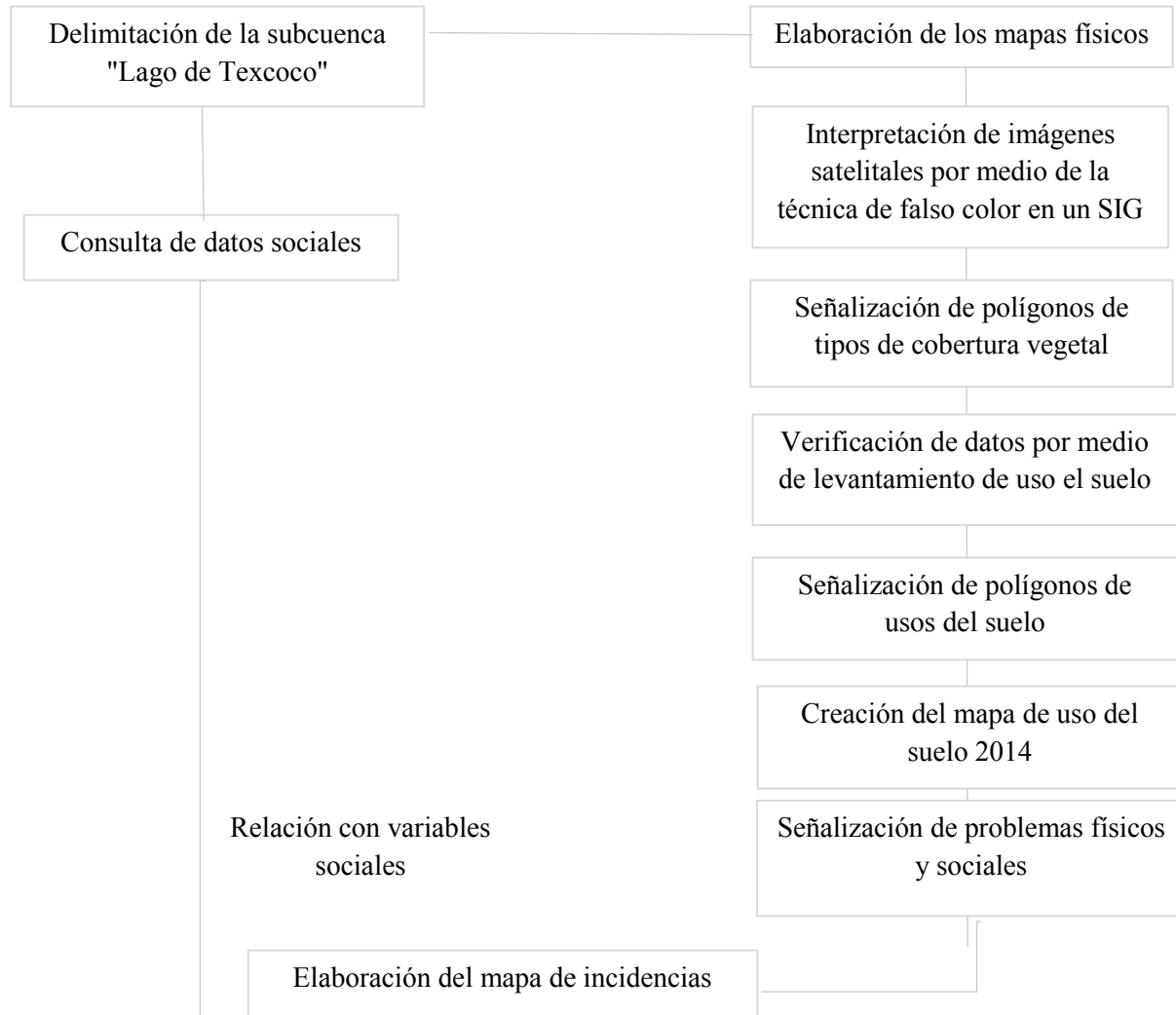


Figura 1. 15. Mapa de divisoria de aguas y altimetría de la subcuenca "Lago de Texcoco"

Elaboró la autora información de INEGI 2010c

## Esquema Metodológico



## CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE LA SUBCUENCA

En el segundo capítulo se presentan las características particulares de la subcuenca, la localización, descripción física como el relieve, el clima, la hidrología, edafología, flora y fauna así como también los aspectos sociales como los límites administrativos, la población y la infraestructura que hay en ellos.

### 2.1 Localización y descripción de la zona de estudio

La subcuenca está localizada en su totalidad en el Estado de México y una porción de la Ciudad de México, entre los paralelos  $19^{\circ}21'00''$  y  $19^{\circ}38'00''$  norte y entre los meridianos  $99^{\circ}10'0''$  y  $98^{\circ}50'0''$  oeste, con una longitud máxima de norte a sur de 30 km y de este a oeste de 28 km aproximadamente, y un área total de 564 km<sup>2</sup> (Véase figura 2.1). Abarca en su totalidad los municipios de Nezahualcóyotl, Atenco y Chiconcuac, grandes porciones de los municipios de Texcoco, Ecatepec, Acolman, Chimalhuacán, Tezoyuca, Chiautla y delegaciones como Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero (GAM) y porciones pequeñas de los municipios de La Paz, Tlalnepantla, Chicoloapan Papalotla y Coacalco.



Figura 2. 1. Mapa de localización de la subcuenca "Lago de Texcoco"

Elaboró la autora con información de INEGI, 2010c



## 2.2 Rasgos naturales del territorio de estudio.

En cuanto a los aspectos naturales a estudiar, se toma en cuenta el relieve, la geología, el clima, la edafología la hidrología, la flora y la fauna; factores determinantes para la delimitación de la subcuenca así como para conocer las condiciones naturales que dieron origen al Lago de Texcoco.

### 2.2.1 Relieve y geología

El Plan de Desarrollo Regional del Estado de México 2006 (PDR) en la macro región III Oriente del Estado de México indica que el relieve es básicamente plano, domina la llanura lacustre con una altura promedio de 2240 metros sobre el nivel del mar (msnm), que se interrumpe por algunas elevaciones como la Sierra de Guadalupe, al norte de la Ciudad de México.

La parte de la Cuenca de México que corresponde al Estado de México se caracteriza por la presencia de regiones montañosas, con escasa pendiente, partes abruptas y escarpadas, valles interiores, lomeríos y llanuras. Al oriente destacan las sierras de Río Frío y Nevada, donde sobresalen por su altitud los volcanes Iztaccíhuatl con 5,386 msnm y Popocatepetl con 5,452 msnm, representados en la figura 2.2 (SDUM, 2003).

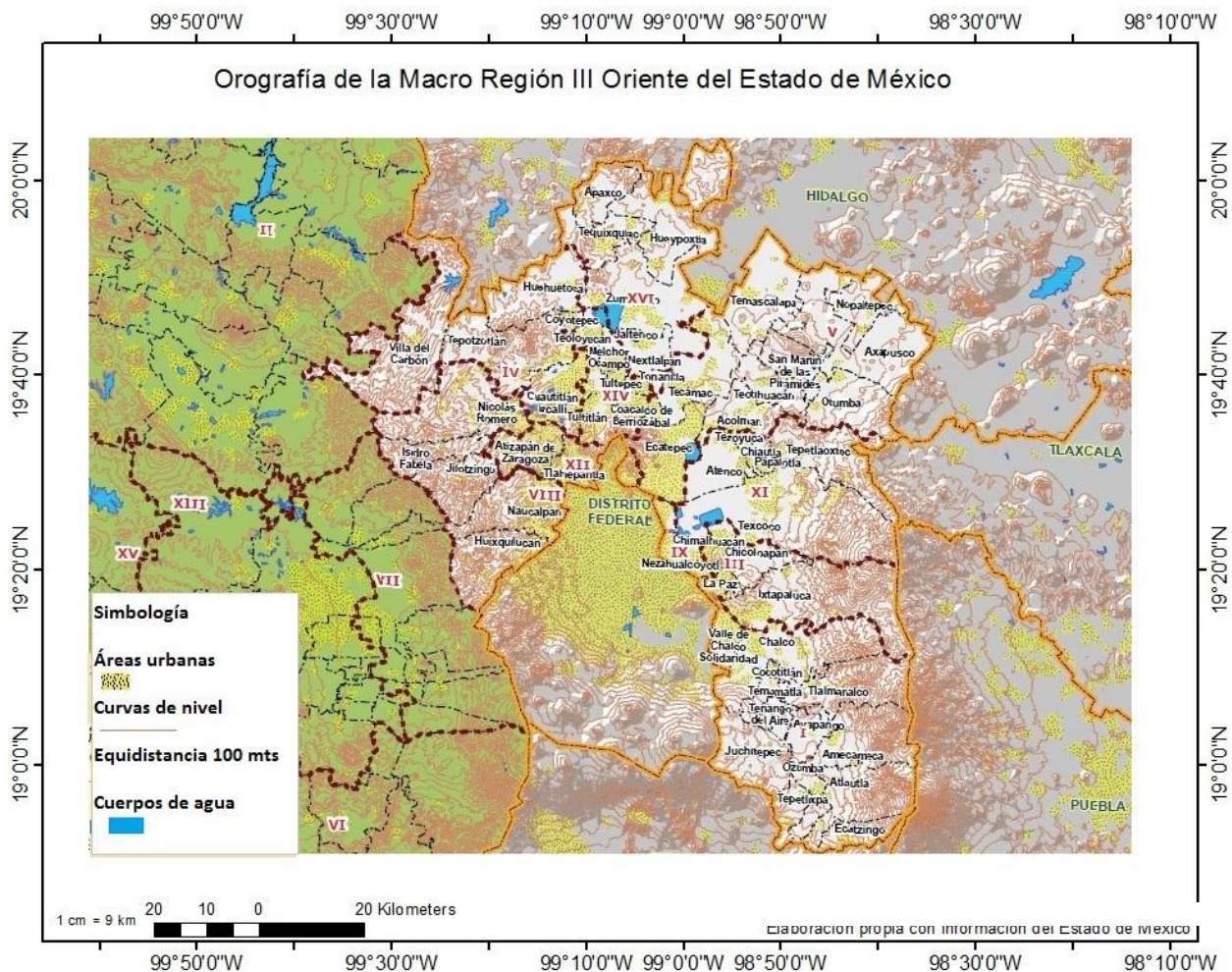


Figura 2. 2. Mapa de la orografía de la región III oriente del Estado de México

Fuente: SPR, Estado de México, 2005

En cuanto a la porción de la Ciudad de México ésta es muy similar ya que también está localizada en una altitud alrededor de los 2240 msnm, el relieve es plano correspondiente a una fosa o depresión tectónica que fue el resultado de procesos orogénicos, tectónicos y volcánicos. Esta región se caracteriza por ser reciente, donde predomina la roca basáltica y no existen elevaciones superiores a los 1000 msnm sobre el plano de relieve regional. Las topofomas que caracterizan la zona son la llanura lacustre salina y la llanura lacustre ya que se encuentra en las 4 delegaciones, pero también se presenta la sierra volcánica y la llanura aluvial en Iztapalapa y los lomeríos y sierra escudo volcán en la Gustavo A. Madero.

La subcuenca se ubica en el centro del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) que atraviesa el territorio nacional de oeste a este desde la costa del Pacífico hasta el Golfo de México, ha estado sujeta a grandes movimientos tectónicos, así como erupciones volcánicas, desde el terciario hasta épocas recientes

### Geología

El Estado de México está constituido principalmente por rocas volcánicas, pero también existen depósitos sedimentarios fluviales y lacustres en las porciones centro, norte y oeste; a una profundidad de 2065m aparecen las rocas calizas marinas. Las estructuras volcánicas más notables se encuentran en el complejo volcánico de la Sierra Nevada, domos volcánicos de los cerros Telapón y el Mirador o Tláloc, en los municipios de Ixtapalapa y Texcoco (SDUM, 2003)

La cuenca de México se formó al cerrarse el valle de México, por el sur, como resultado de la actividad volcánica, que dio origen a la Sierra de Chihinautizin, estructura compuesta por rocas andesítico- basálticas, la cual interrumpió el drenaje existente, debido a la acumulación de lavas y productos volcanoclásticos; estas nuevas condiciones favorecieron la existencia de lagos, (Gutiérrez, 2005)

Los sustratos rocosos más antiguos que forman parte de este piso inicial son de origen sedimento-marinos y de edad cretácica. Su existencia se conoce por sondeos subterráneos, a partir de los cuales ha sido posible caracterizarlo en tres Formaciones principales: Formación Morelos, Cuautla y Mezcala (Fries, 1960)

El origen de la cuenca de México está vinculado con la tectónica regional que controla la disposición y los mecanismos eruptivos del CVTM. Mooser (1975) explica en siete fases la evolución que este territorio ha tenido a lo largo del Tiempo Geológico. Una vez que los depósitos sedimentarios marinos fueron plegados y emergieron, se inició a fines del Eoceno una importante actividad volcánica la cual continúa hasta el Cuaternario que define la configuración del relieve en las siete fases.

La primera se desarrolla en el Terciario Inferior, la constituyen rocas volcánicas de composición intermedia a ácida, la segunda ocurre en el Oligoceno Medio, que se caracteriza por la existencia de numerosas colada de lava de composición intermedia y ácida, también fueron abundantes los materiales volcanoclasticos y materiales acarreados por los ríos. El Oligoceno Superior es la tercera fase, en la cual el tipo de roca que se caracteriza es de

composición ácida y forma grandes depósitos de dancitas, riolitas y en menor medida andesitas y derrames basálticos. Durante el Mioceno aparece la Sierra de Guadalupe misma que marca el inicio de la cuarta fase, este complejo volcánico está constituido de lavas intermedias y ácidas, (Gutiérrez, 2005).

Al final del Mioceno inicia la quinta fase volcánica donde con la creación de las Sierras Mayores definen los límites actuales de la cuenca de México, estas sierras son de composición intermedia y ácida compuestas de detritos de acarreo de origen volcánico. El cuaternario es el escenario donde las fases volcánicas seis y siete tienen desarrollo, en la primera hubo predominio de materiales andesito-basálticos que formaron varios cerros en la zona, también se incluye el vulcanismo monogenético que fue a su vez el responsable de la obstrucción del antiguo drenaje hacia el sur; y en la última fase las rocas cubren de manera discordante e indistinta, desde unidades cretácicas hasta cuaternarias. (*idem*)

La geología de zona comprendida por la subcuenca predomina las rocas clásticas-volcánicas y en los límites de la subcuenca se observan rocas volcánicas de origen del cuaternario y terciario (vease figura 2.3) (SPR, 2005).



Figura 2. 3. Mapa de geología de la macro región III Oriente del Estado de México

Fuente: SPR, Estado de México 2005



## 2.2.2 Clima

Las regiones climáticas en la macro región obedecen a su orografía, los climas templados están en los valles elevados, los semifríos en las montañas y los semi secos en las zonas del noreste. Las temperaturas máximas generalmente se registran de marzo a mayo y las mínimas de diciembre a febrero, la humedad relativa es baja (Véase figura 2.4).

Las zonas más propicias para las actividades productivas coinciden con las áreas urbanas actuales, porque presentan condiciones templadas y no extremosas. La temperatura en la zona centro y norte del área metropolitana es de 13° C y la precipitación media anual oscila entre los 600 y los 1800 mm.

En las sierras Nevada y de las Cruces es donde más llueve, con valores pluviométricos que varían entre 1,000 y 1,600 mm al año, mientras que en el valle, al localizarse entre montañas no permeables, que dificultan el flujo de humedad, sólo se captan entre 800 y 900 mm de precipitaciones al año el área más seca corresponde al noreste de la región, donde la precipitación va de 600 a 700 mm anuales (SDUM, 2003).

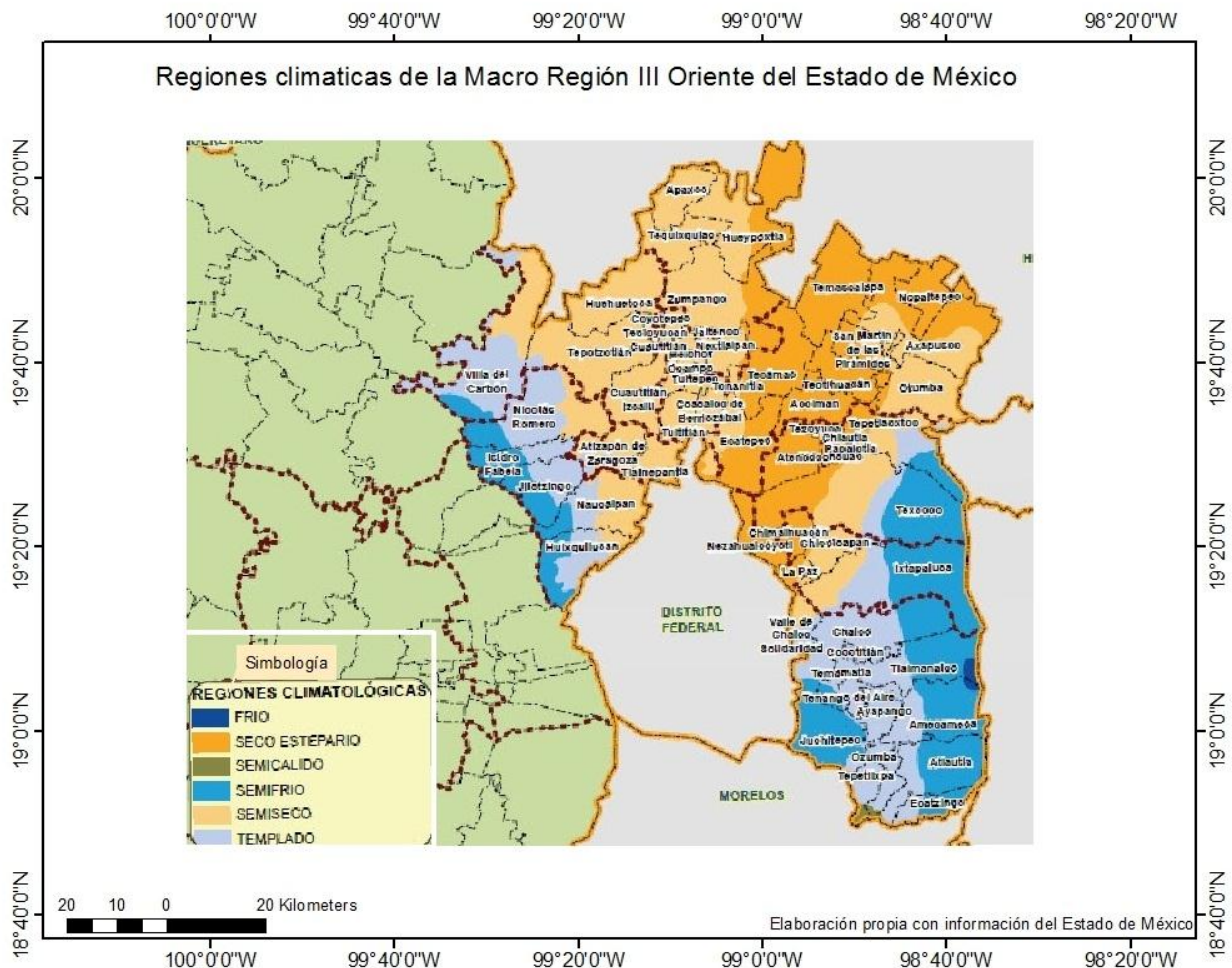


Figura 2. 4. Mapa de regiones climáticas de la macro región III Oriente del Estado de México.

Fuente: SPR, Estado de México, 2005

El clima de la zona oriente de la Ciudad de México es similar en las cuatro delegaciones (Iztacalco, Iztapalapa, GAM, Venustiano Carranza); el clima que se registra es semiseco templado y en los límites entre Iztacalco e Iztapalapa se registra el clima templado sub-húmedo con lluvias en verano; la temperatura media anual llega a estar entre 14°-16°C en las 4 delegaciones, y el promedio de lluvia anual va de los 600- 700 mm anuales.

Según la clasificación de Köppen el clima de la zona de conservación del Lago de Texcoco es semiárido (BS) templado con verano cálido. La temperatura máxima alcanza de 30-32° C entre abril y junio. Al comenzar la estación de lluvias, la insolación disminuye, los días son más frescos, las temperaturas mínimas oscilan entre 7 y 10 °C, las temperaturas máximas entre 26-29°C de julio a octubre; mientras que en la estación fría, la temperatura máxima varía de 26-28°C, la temperatura mínima en enero varía de -2 a 5°C que se mantiene de octubre a marzo, la mayor amplitud de variación diurna ocurre en la segunda mitad del periodo de secas, y llega a alcanzar de 25 a 30° en febrero, marzo y abril. Al mismo tiempo el excesivo calentamiento activa la evaporación de la humedad de la tierra, la evaporación media anual dentro del Lago asciende a 2529 mm anuales (Cruickshank 1994).

De acuerdo con la base de datos de Climate Computing projet (CLICOM), en la subcuenca se encuentran 12 estaciones meteorológicas (tabla 2.1) de las cuales por el periodo de funcionamiento se consideran solo 9 estaciones por tener datos más de 30 años. Con estos periodos de funcionamiento se realizó el climograma (figura 2.5) para comprender los datos de temperatura y precipitación en forma particular en la subcuenca.

**Tabla 2. 1.** Estaciones meteorológicas localizadas dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco”

| Número de la estación | Nombre               | Fecha inicio | Fecha fin<br>(año y mes) | Años en funcionamiento | % de datos |
|-----------------------|----------------------|--------------|--------------------------|------------------------|------------|
| 15008                 | ATENCO               | 1961-01      | 2010-10                  | 49.8                   | 87.9       |
| 15041                 | GRAN CANAL KM 27+250 | 1961-01      | 2010-07                  | 49.6                   | 89.3       |
| 15044                 | LA GRANDE            | 1961-01      | 2010-06                  | 49.5                   | 77         |
| 15050                 | LOS REYES            | 1961-01      | 2010-11                  | 49.9                   | 72.5       |
| 15061                 | NEZAHUALCOYOTL       | 1967-07      | 2010-12                  | 43.5                   | 80.5       |
| 15083                 | SAN ANDRES           | 1961-01      | 2010-06                  | 49.5                   | 81.3       |
| 15092                 | SAN JUAN IXHUATEPEC  | 1961-01      | 1990-11                  | 29.9                   | 97.7       |
| 15137                 | AMEALCO              | 1996-10      | 2010-09                  | 14                     | 76.2       |
| 15138                 | ATENCO (CFE)         | 1969-03      | 2010-08                  | 41.5                   | 30.5       |
| 15145                 | PLAN LAGO DE TEXCOCO | 1969-01      | 2009-11                  | 40.9                   | 83.4       |
| 15163                 | TEXCOCO (SMN)        | 1961-01      | 1976-06                  | 15.5                   | 88.8       |
| 15383                 | LAGO NABOR CARRILLO  | 1985-07      | 2010-12                  | 25.5                   | 61.5       |

Elaboró la autora con información de la base de datos CLICOM, SMN

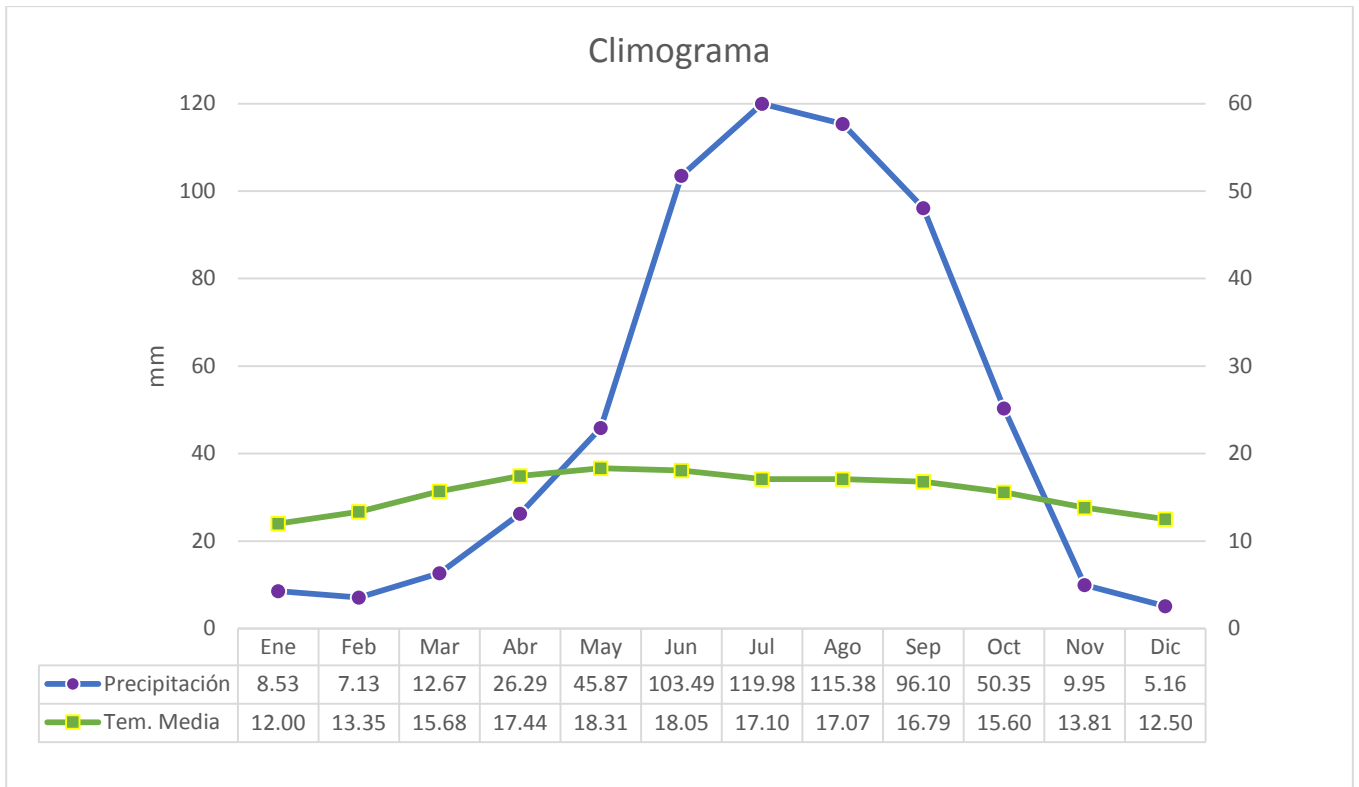


Figura 2. 5. Climograma de la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaboró la autora con información de la base de datos CLICOM, SMN

Se observa que la temperatura media anual oscila entre los 10 y 20°C a lo largo de todo año en correspondencia con las temperaturas de la región, siendo enero el mes más frío con una temperatura de 12°C y el mes más cálido junio con una temperatura de 18°C;

Al contrario, la precipitación tiene grandes oscilaciones en el año, el mes más seco es febrero con una precipitación promedio de 7.13 mm y 119.98 mm la máxima en el mes de julio, corresponde de igual manera a la temporada de lluvias en la región, ya que inicia en mayo-junio y termina en septiembre-octubre. La temporada seca es muy notoria, los meses de noviembre a abril la precipitación no supera los 30 mm, de hecho en invierno no se superan los 10 mm.

La información de INEGI, coincide con la información del Plan de Desarrollo Urbano donde señala que los climas de la subcuenca son semiárido- templado en los municipios de Acolman, Tezoyuca, Atenco, Chiconcuac, Chiautla Texcoco, Chimalhuacán, Chicoloapan, La Paz, Nezahualcóyotl y las 4 delegaciones que comprende la subcuenca (Iztapalapa, Iztacalco, Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero). Mientras que el clima templado subhúmedo se localiza en Ecatepec, Tlalnepantla, Coacalco, Papalotla, Nezahualcóyotl, Texcoco, Chiconcuac, Chiautla, Atenco, Acolman y las delegaciones de Iztapalapa y Gustavo A. Madero; ambos climas con una temperatura media anual entre 12-18°C y lluvias en verano. En el mapa se representa la distribución de estos climas y la localización de las 12 estaciones meteorológicas de la subcuenca (Véase Figura 2.6).

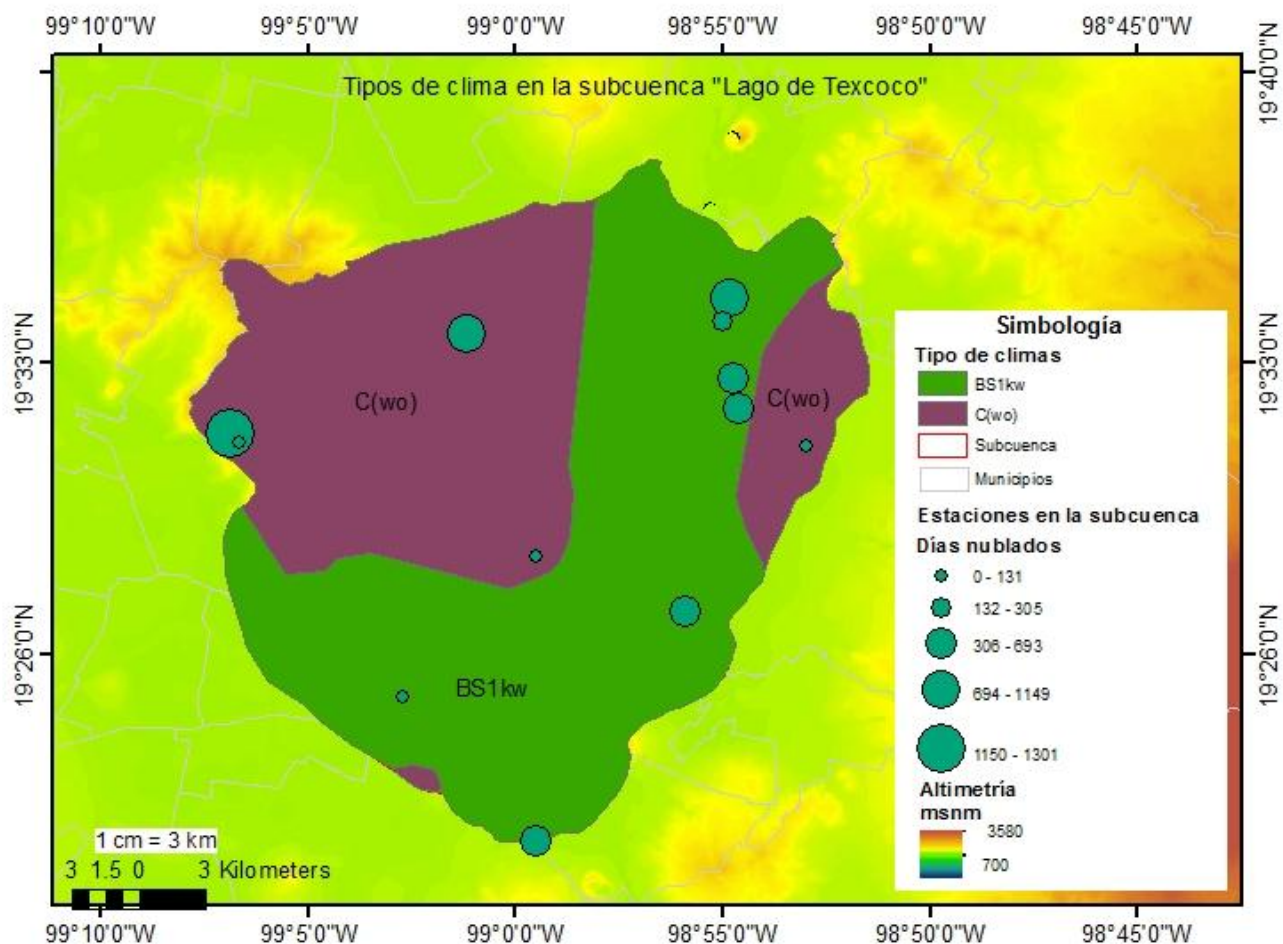


Figura 2. 6. Mapa de tipos de clima en la subcuenca "Lago de Texcoco".

Elaboró la autora con información de INEGI, 2010c

### 2.2.3. Hidrografía y edafología

Como ya se mencionó toda la subcuenca está comprendida en la región hidrográfica del Panuco, es una cuenca muy alterada con un drenaje natural nulo pero altamente denso en canales y antiguos cauces actualmente entubados, los cuales son simétricos por la acción humana, es decir, ríos no clásicos, con orientación E-W al poniente de la subcuenca y de NW- SE al norte de ésta, provenientes de las elevaciones localizadas en los límites de la cuenca, se unen en la parte baja de la subcuenca pero luego tiene dirección al norte de manera artificial, por las condiciones del suelo se observan cuerpos de agua intermitentes por impermeabilidad que no deja que todo la precipitación se infiltre.



Debido a la desecación lacustre y por ser una zona urbana actualmente ya no se encuentran ríos al descubierto, ni depósitos de agua superficiales permanentes solo el Lago artificial Nabor Carrillo y mucho menos canales de navegación, (véase figura 2.7).

Lo que existe ahora en esta zona es el río Churubusco que al unirse con el río de la Piedad, ambos entubados, formaban el río Unido. También cruzaba el Canal Nacional, actualmente Calzada de la Viga, donde recogía aguas de los canales de Chalco, de Tezontle, Del Moral y el de Garay, que finalmente desembocaba sobre los terrenos que antiguamente formaban parte del Lago de Texcoco.

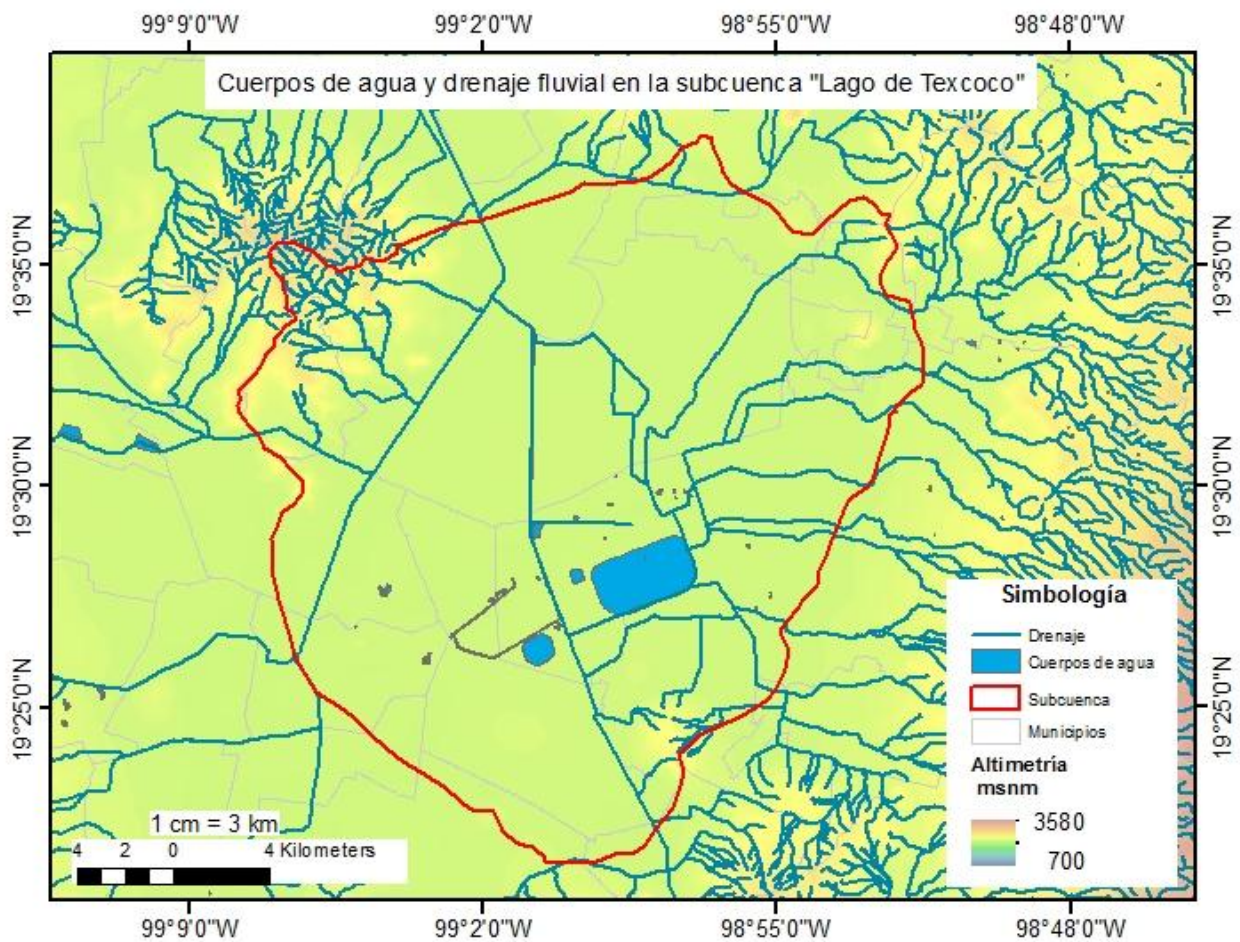


Figura 2. 7. Mapa del drenaje y cuerpos de agua en la subcuenca "Lago de Texcoco".

Elaboró la autora con información de INEGI 2010d

## Edafología

De acuerdo a los tipos de suelo que se localizan en la región se presentan las características de cada uno de estos de acuerdo a la FAO (2007)

Phaeozms (feozem).-Presentan un horizonte mólico, es decir, rico en materia orgánica que permite que sean fértiles, se localizan en regiones húmedas. Pueden o no tener carbonatos secundarios pero tienen alta saturación de bases en el metro superior del suelo. Es un suelo poroso lo que permite el paso libre de fluidos (percolación) por esta misma razón son vulnerables a la erosión eólica e hídrica.

Solonchak.- tienen un horizonte sálico, lo que se refiere a que es rico en sal dentro de los primeros 50 cm de la superficie, los pastos y hierbas halófitas son la vegetación característica de estos suelos ya que la acumulación de sales en el suelos afecta el crecimiento de las plantas; se localiza en zonas áridas y semiáridas. Tienen una capa freática muy cerca de la superficie o hasta superficial, tienen además gran compresibilidad, plasticidad y suelen ser suelos grumosos pero en horizontes inferiores la permeabilidad es débil. En temporada de secas son susceptibles a erosión eólica.

Vertisoles.- tienen un horizonte vértico y son ricos en arcillas, se localizan en zonas tropicales, subtropicales, semiáridas, subhúmedas y también húmedas; se pueden localizar en depresiones y áreas de llanos onduladas como pueden ser los fondos de los lagos secos, cuencas de ríos y otras tierras bajas, son suelos expansivos El problema de este tipo de suelos es que la infiltración es lenta, la alternancia entre la época seca y la húmeda es muy clara ya que el suelo se agrieta en temporada de secas por lo que la erosión es un problema en este tipo de suelo, los edificios y otras estructuras urbanas están en riesgo si se cimientan sobre vertisoles, además el manejo del agua es difícil.

Cambisol.- tienen un horizonte cámbico, su textura es franco arenosos o más fina, lo que hace que no sean propensos a la erosión, en él se concentra un amplio rango de vegetación y se encuentra en casi todos los climas y en todos los tipos de relieve. La transformación del material parental es evidente por la formación de estructura y decoloración parduzca, incremento en el porcentaje de arcilla y/o remoción de carbonatos.

Regosol.- formados por materiales sueltos diferentes del aluvial, con depósitos pluviales de dunas o cenizas volcánicas, con minerales muy débilmente desarrollados, con frecuencia no son someros ni muy ricos en grava. Se encuentran en todos los climas y todas las altitudes desde zonas de montaña hasta lomeríos, pero principalmente se ubica en tierras erosionadas de áreas áridas y semiáridas.

Andosoles.- al igual que los regosoles, se desarrollan casi en cualquier clima siempre y cuando haya habido eyecciones o vidrios volcánicos, predominan en zonas con un clima húmedo y perhúmedo, en terrenos de ondulados a montañosos. El inconveniente de este tipo de suelo es que tiene mayor adhesividad y su baja capacidad de carga.

De acuerdo con INEGI (2010c) se determinaron diferentes tipos de suelo en la subcuenca entre los que destaca el Solonchak por ser el de mayor cobertura con una superficie de 312 km<sup>2</sup> con presencia en los municipios y delegaciones como Chimalhuacán, Nezahualcóyotl, Iztacalco, Ecatepec, Atenco, Texcoco, Acolman, Venustiano Carranza, GAM, Tezoyuca, Iztapalapa, Tlalnepantla y La Paz.

El segundo tipo de suelo por superficie es el Phaeozem (Feozem) con una superficie de 135 km<sup>2</sup> y se localiza en la gran mayoría de los municipios, se encuentra en los municipios y delegaciones de GAM, Venustiano Carranza, Iztapalapa, La Paz, Chimalhuacán, Texcoco, Chicoloapan, Tezoyuca, Acolman, Ecatepec, Tlalnepantla y Nezahualcóyotl Y en menor medida el suelo Vertisol con una superficie de 104 km<sup>2</sup> localizado en los municipios de Atenco, Tezoyuca, Texcoco, Chiconcuac, Chiautla, Acolman y Papalotla (Véase figura 2.8).

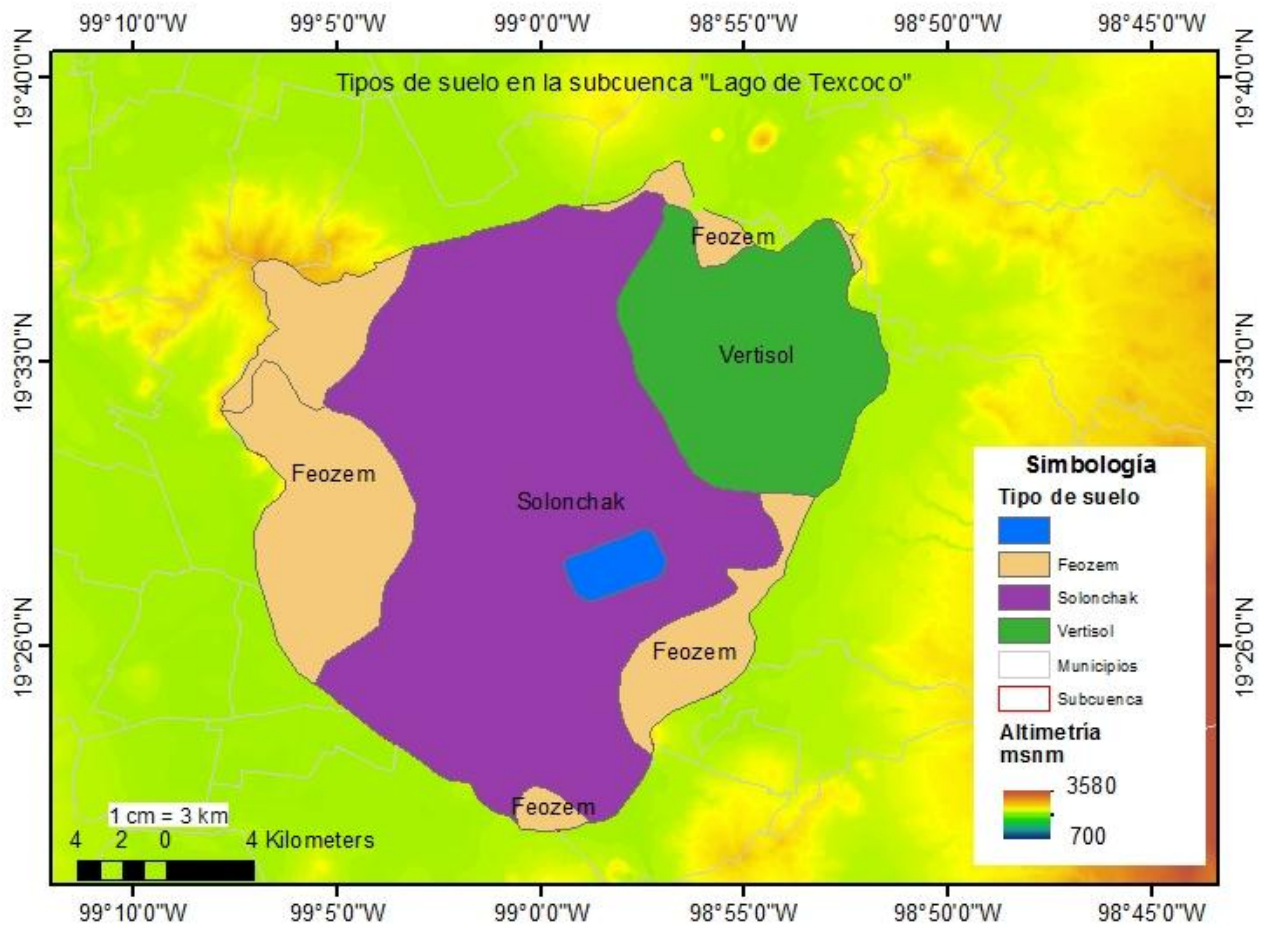


Figura 2. 8 .Mapa de tipos de suelo actuales de la subcuenca "Lago de Texcoco".

Elaboró la autora con información de la base de INEGI 2010c

#### 2.2.4 Flora y fauna

En lo que respecta a la vegetación de la Cuenca de México se han inventariado 2,071 especies, entre las que predominan los bosques de oyamel, mesófilo de montaña, pino, encino, matorrales de encinos chaparros y

xerófilos, además de pastizal bajo y denso; predomina el pasto saldo; vegetación halófila y acuática (*Potamogeton* spp, *Myriophyllum* spp, *Utricularia* spp, *Isoetes* spp), además de tulares (*Typha latifolia* y *scirpus*).

**Tabla 2. 2.** Tipos de vegetación en la Cuenca de México

| <u>Tipo de vegetación</u>          | <u>Porcentaje</u> | <u>Tipo de vegetación</u>                | <u>Porcentaje</u> |
|------------------------------------|-------------------|--|-------------------|
| <b>Pastizal natural</b>            | 0.03              | <b>Bosque de táscate</b>                 | 1.72              |
| <b>Bosque de galería</b>           | 0.11              | <b>Bosque de oyamel</b>                  | 1.84              |
| <b>Chaparral</b>                   | 0.15              | <b>Matorral desértico<br/>resetofilo</b> | 2.18              |
| <b>Cuerpos de agua</b>             | 0.17              | <b>Bosque de pino</b>                    | 7.22              |
| <b>Bosque cultivado</b>            | 0.19              | <b>Matorral crasicaule</b>               | 8.31              |
| <b>Vegetación acuática</b>         | 0.19              | <b>Bosque de encino</b>                  | 8.96              |
| <b>Pradera de alta<br/>montaña</b> | 0.22              | <b>Pastizal cultivado</b>                | 12.18             |
| <b>Matorral submontano</b>         | 0.37              | <b>Agricultura de riego</b>              | 12.28             |
| <b>Pastizal halófilo</b>           | 0.63              | <b>Agricultura de temporal</b>           | 35.68             |

Fuente: Consejo de Cuenca del Valle de México

El mayor porcentaje se destina a la agricultura ya sea de riego, de temporal o de pastizal cultivado, en conjunto suman el 60 % de la superficie, lo que significa que existe una importante modificación de las condiciones naturales originales.

De manera particular, en lo referente a la macro región “Oriente” del Estado de México, la concentración y diversidad de los bosques de clima templado se localiza en los principales sistemas montañosos, como las sierras Monte Alto, Monte Bajo, Sierra Nevada y Las Cruces. Los matorrales se localizan en las zonas semiáridas del norte de la macro región, con vegetación arbustiva no mayor de 5 m de altura y algunos elementos arbóreos.

El pastizal semiárido se localiza al norte del valle; el pastizal halófilo está asociado a regiones con alto grado de salinidad, en especial en Zumpango, Tecámac y el ex lago de Texcoco. Los terrenos de los vasos lacustres más bajos Texcoco y Xaltocan, pueden ser consideradas como las más fértiles de la cuenca, aun cuando requieren riego constante debido a que el agua de lluvia no es suficiente para sostener cultivos intensivos.

Debido a alteraciones de la vegetación, generadas por una secuencia de cambios en el uso del suelo, se modificaron los límites o fronteras urbanas, agropecuarias y forestales de la región.



La porción de la Ciudad de México que se está dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco “es un espacio donde existe principalmente vegetación introducida donde predominan el ahuejote o huejote sauce, pirú pirul, colorín, eucalipto, eucalipto o alcanfor, hule, fresno blanco, jacaranda, trueno, olivo, álamo platedo, blanco o chopo, encino, sauce llorón, tamarix, araucaria o pino estrella, cedro de la India o de Himalaya, ciprés o cedro blanco, cedro o ciprés italiano, ahuehuete, sabino, pino ocote, palmera o palma de abanico, yuca o palma izote, negundo acezintle, tepozán o axixcuáhuil cordata, retama de tierra caliente tomentosa, casuarina, tulipan de la india y otros, plantada principalmente en parques, camellones, cementerios, baquetas y jardines particulares.

También se encuentran algunas pequeñas áreas de pastizal y de agricultura de temporal, huertos familiares, invernaderos o cultivos de flores principalmente en lugares de la delegación Iztapalapa donde se cosechaba productos como maíz, frijol, calabaza.

### Fauna

A pesar de las modificaciones que ha sufrido la Cuenca de México, actualmente aún alberga una interesante fauna. Los animales más característicos se encuentran en los bosques de las montañas que lo rodean o bien se han adaptado a las condiciones creadas por el hombre y sobreviven a pesar de la presión ejercida por la cada vez más creciente población humana, entre la fauna de estos bosques se encuentra, la rata canguro, gato montés, zorra gris, zorrillo, coyote, mapache, zacatuche y escorpión; (INEGI, 2010d).

Los únicos animales que más o menos que se han adaptado a ciertas condiciones creadas por el hombre son: el coyote, el camaleón, el conejo, la víbora de cascabel y el cacomixtle. Incluso sobreviven cerca de las poblaciones humanas, y algunos de ellos, se han encontrado con relativa frecuencia

En los cuerpos de agua y humedales de la Cuenca de México se encuentran, insectos (*Nymphoides fallax*, *Hidrophilidae*, *Chironomidae*, *Sirfidae*, *Ephydriidae*), peces (charal *Chirostoma humboldtianum*, *Girardinichthys multiradiatus*, *G. viviparus*), anfibios (*Ambystoma altamirani*, *A. mexicanum*, *A. rivularis*, *A. velasco* (posible extinción) y *Rana tlaloci*), especies invasoras, entre las que destacan el gecko, el sapo de caña, carpas y la trucha arcoíris, algunos animales en peligro de extinción como el conejo de los volcanes, víbora de cascabel cruz rayada y mascarita transvolcánica y aves migratorias.

De estas últimas se tiene registro de 134 especies, de las cuales 74 son de ambientes acuáticos. Las aves que se reproducen son las garcetas *Anas acuta*, *A. americana*, de color café *Anas cyanoptera*, las garcetas de alas azules *Anas discors*, el pato mexicano *Anas platyrhynchos diazi*, *Asio flammeus*, *Buteo jamaicensis*, *Calidris bairdii*, *C. minutilla*, *Circus cyaneus*, *Falco peregrinus*, el pato tepallat *Oxyura jamaicensis*, *Parabuteo unicinctus*, *Phalaropus tricolor*. La mayoría de estas especies se encuentran amenazadas por pérdida de hábitat, extinción de cuerpos de agua superficiales, introducción de especies exóticas, sobreexplotación de los recursos hídricos y contaminación por materia orgánica e industrial (CONABIO).

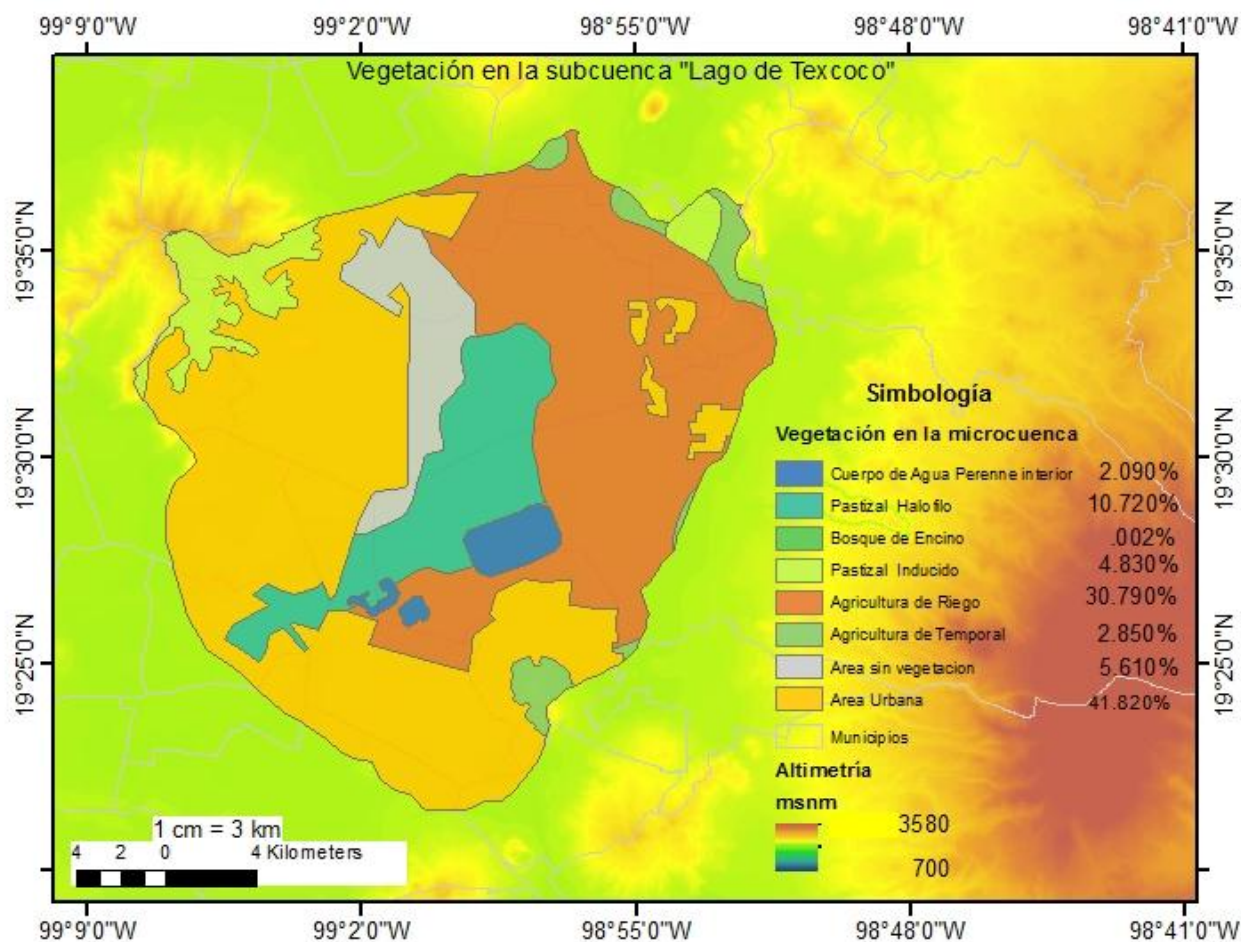


Figura 2. 9. Mapa de tipos de vegetación en la subcuenca "Lago de Texcoco".

Elaboró la autora con información de INEGI 2005

### 2.3 Rasgos sociales de la zona

En cuanto a los aspectos sociales de la subcuenca, se presentan los límites a nivel municipal/delegación, la porción que ocupan espacialmente cada uno de ellos en la subcuenca, así como la población a nivel estatal para posteriormente explicarla a nivel subcuenca y los aspectos más específicos de la población como vivienda y servicios.

#### 2.3.1 Límites políticos- administrativos de la subcuenca

La subcuenca comprende 13 municipios del Estado de México y 4 delegaciones de la Ciudad de México de los cuales destacan los municipios de Atenco, Nezahualcóyotl y Chiconcuac ya que el total de su superficie se encuentra dentro de la subcuenca, el resto de los municipios se señala en la tabla 2.3, donde se observan cuantos kilómetros cuadrados de cada municipio componen la subcuenca, (véase Figura 2.10).

**Tabla 2. 3.** Superficie por km<sup>2</sup> de los municipios que componen la subcuenca “Lago de Texcoco”.

| Municipio           | Superficie (km <sup>2</sup> ) | Municipio   | Superficie (km <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Texcoco             | 114                           | Acolman     | 14                            |
| Ecatepec            | 109                           | Tezoyuca    | 14                            |
| Atenco              | 88                            | Iztapalapa  | 10                            |
| Nezahualcóyotl      | 63                            | Chiconcuac  | 7                             |
| Chimalhuacán        | 39                            | Iztacalco   | 5                             |
| Gustavo A. Madero   | 36                            | La Paz      | 3                             |
| Tlalnepantla        | 21                            | Chicoloapan | 1                             |
| Venustiano Carranza | 20                            | Papalotla   | 1                             |
| Chiautla            | 18                            |             |                               |

Elaboró la autora con información de: INEGI 2010c

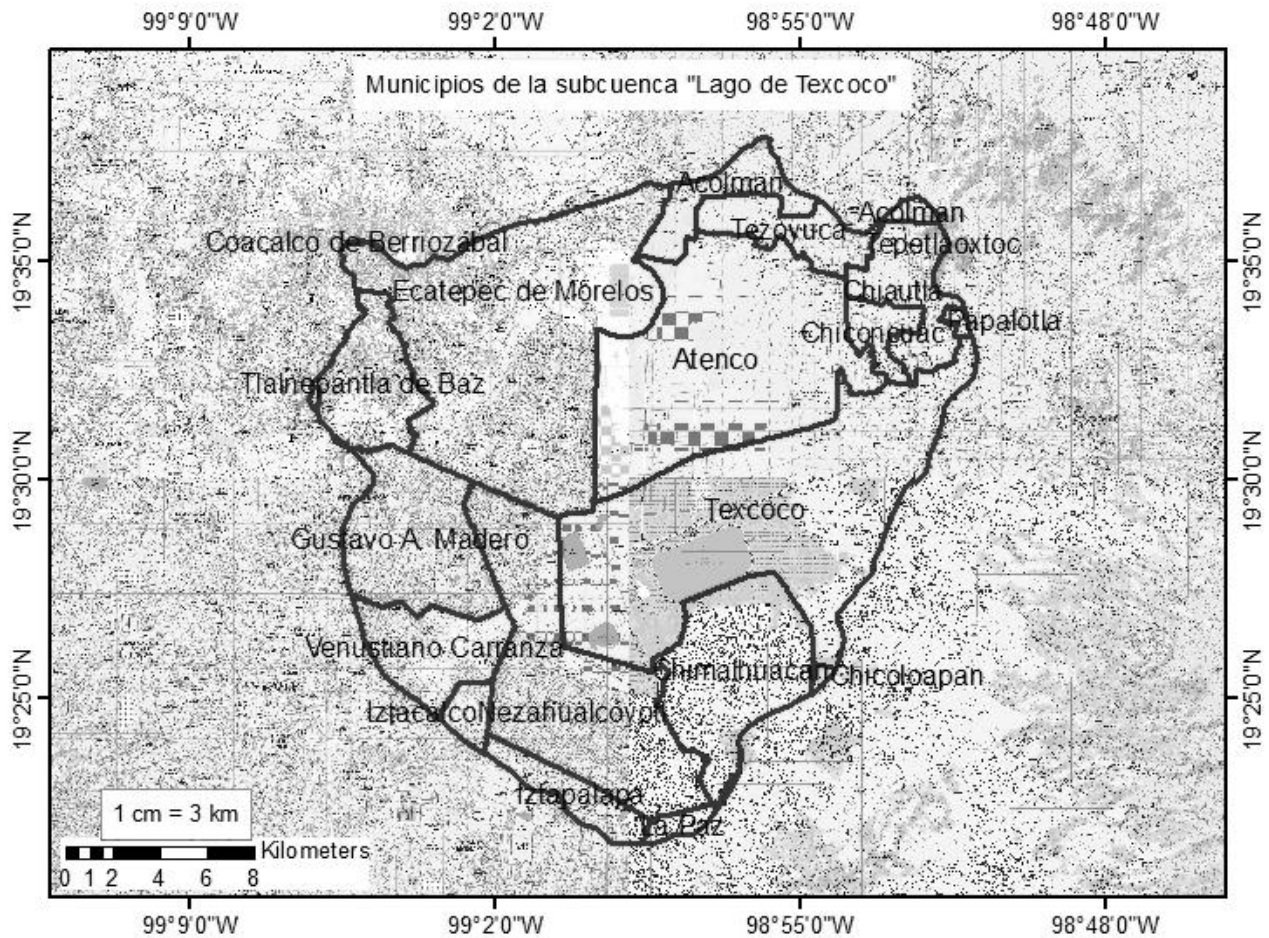


Figura 2. 10. Mapa de municipios que componen la subcuenca “Lago de Texcoco”.  
Elaboró autora con información de INEGI, 2010 a y c

En la subcuenca el municipio con más extensión territorial es Ecatepec con una superficie de 109 km<sup>2</sup> seguido por Texcoco con 108 km<sup>2</sup> y luego Atenco este en su totalidad con 88 km<sup>2</sup>, después Iztapalapa con 69 km<sup>2</sup> y Nezahualcóyotl de igual manera en su totalidad con 63 km<sup>2</sup> y los municipios con muy poca superficie territorial alrededor de un km<sup>2</sup> Chicoloapan y Papalotla. A su vez también se señala en la figura 2.11 los porcentajes de los municipios que integran la subcuenca se representa en la figura 2.11

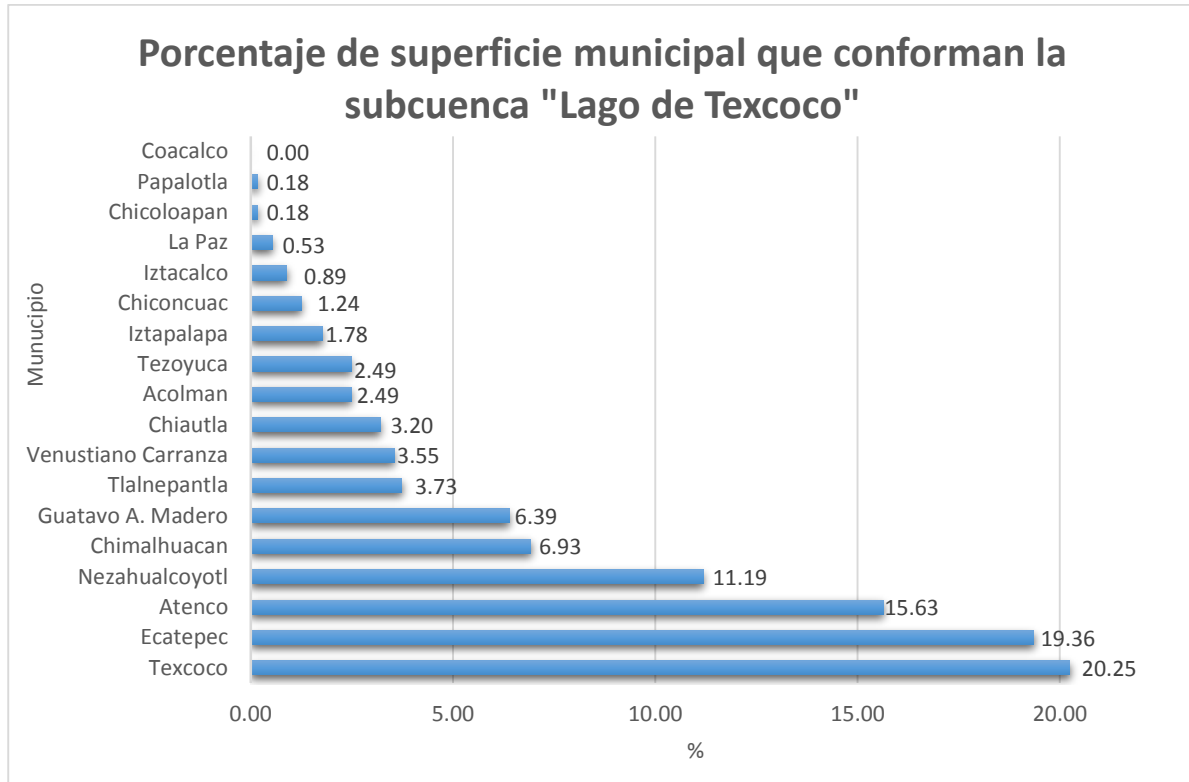


Figura 2. 11. Municipios que conforman la subcuenca “Lago de Texcoco”.  
Elaboró la autora con información de: INEGI c

Se ve reflejado que los municipios del Estado de México tienen mayor influencia en la zona, tan solo entre Ecatepec, Texcoco y Atenco tiene casi el 50 % del total de la superficie, por lo que es necesario hacer énfasis en los usos del suelo que tengan estos municipios y evaluar la problemática en esta zona.

### 2.3.2 Población total de los municipios de la subcuenca

De acuerdo con el Fondo Metropolitano del Valle de México la concentración de asentamientos humanos al interior de la región centro del País en 2010 (35.41 millones de habitantes), se distribuye de la siguiente manera: 38% de la población total regional se concentra en el Estado de México, 32 % en la Ciudad de México, 16 % en Puebla, 7 % en Hidalgo, 4 % en Morelos y 3% en Tlaxcala.

Debido a que las dos entidades con mayor población de la región son las mismas entidades donde se localiza la subcuenca, se explica la demografía de éstas, comenzando con el Estado de México.



De acuerdo con el Consejo Estatal de Población (COESPO, 2014) la población del Estado de México es de 15,175,862 habitantes para el 2010 lo que es equivalente a la población sumada de otros 11 estados del país, siendo el Estado de México el estado con mayor cantidad de población del país.

Del total de la población del Estado de México 87.90 % se distribuye en 81 municipios metropolitanos, la zona metropolitana del valle de Toluca tiene el 14.31 % con una población de 2,172,035 habitantes mientras que en la zona metropolitana del valle de Cuautitlán- Texcoco se ubica el 73.59 % con un total de 11,168,301 habitantes, el resto de la población (12.1 %) habita en 41 municipios (Véase tabla 2.4 y Figura 2.12).



Figura 2. 12. Mapa de los 11 estados con población similar a la del Estado de México

Elaboró la autora con información de COESPO, 2014

**Tabla 2. 4.** Listado de la población de 11 estados con la misma población que el Estado de México

| Clave | Estado       | Población | Clave | Estado              | Población  |
|-------|--------------|-----------|-------|---------------------|------------|
| 27    | Tabasco      | 2,238,603 | 1     | Aguascalientes      | 1,184,996  |
| 22    | Querétaro    | 1,827,937 | 29    | Tlaxcala            | 1,169,936  |
| 17    | Morelos      | 1,777,227 | 18    | Nayarit             | 1,084,979  |
| 10    | Durango      | 1,632,934 | 4     | Campeche            | 822,441    |
| 32    | Zacatecas    | 1,490,668 | 3     | Baja California Sur | 637,026    |
| 23    | Quintana Roo | 1,325,578 | total |                     | 15,192,325 |

Fuente: COESPO, 2014

El XII Censo General de Población y Vivienda en el Estado de México 2010 registró una tasa de crecimiento poblacional de 15.9 % respecto al 2000 donde registró 13, 096, 686 de habitantes. A su vez en el año 2000 se registró un incremento de 33.4 % respecto a 1990, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.95 %, lo que significa que la población se incrementó cada año en 30 personas por cada 1 000 habitantes. (vease figura 2.13).

Dentro de la subcuenca se presentan dos municipios con crecimiento poblacional alto, Chimalhuacán rebasa la media estatal con una tasa mayor al 6 % y Tlalnepantla rebasa la media nacional por su parte, Nezahualcóyotl es el único municipio que registra una tasa de crecimiento negativa.

Evolución de la población en el Estado de México de 1950 a 2010

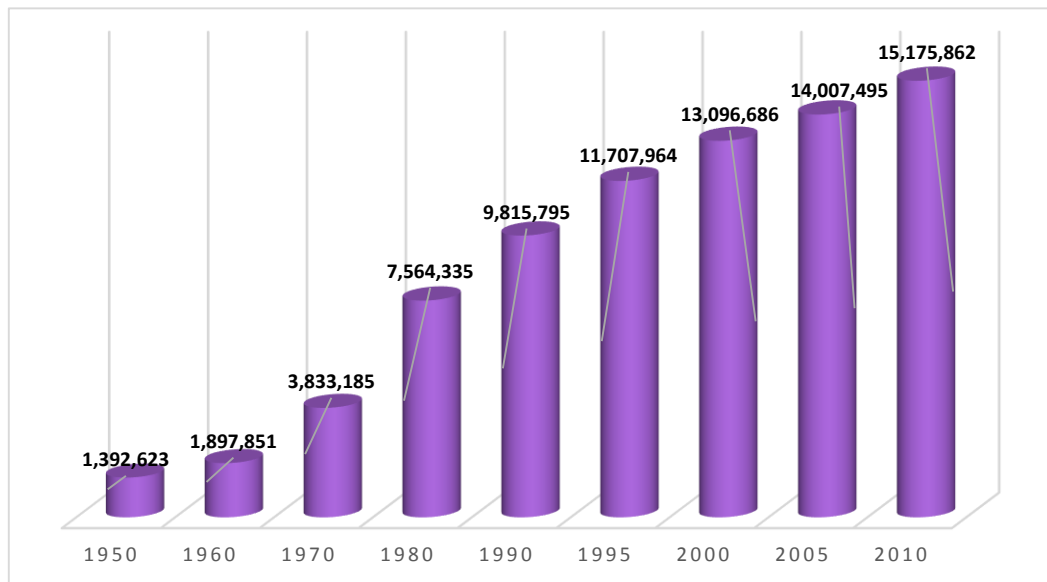


Figura 2. 13. Evolución de la población en el Estado de México.

Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI b

La población consta actualmente de un total de 7 778 876 mujeres con una esperanza de vida de 77.6 y 7 396 986 hombres y 72.6 con lo que respecta a la esperanza de vida.

De acuerdo al PDR la macro región III oriente presenta un incremento del orden de 717, 000 habitantes entre 2000 y 2005, hasta alcanzar una población total de 10, 462, 421 personas (equivalente a 74.7 % de la población estatal), creciendo a una tasa media anual de 1.3 %. En 2000 destacaron las regiones Ecatepec, Naucalpan y Nezahualcóyotl que concentraron 35 % de la población total de la macro región, mientras que Texcoco y Zumpango eran las menos pobladas, con tan sólo 1.5 y 2.9 % respectivamente.

La región Tlalnepantla, se encuentra significativamente poblada (cerca de un 1, 200, 000 habitantes en 2005) que presenta decrecimiento anual de 0.5 % en promedio.

La región Ecatepec concentra una población de 2.2 millones de habitantes en 2005, de los cuales el municipio homónimo representa 77.0 % de la población y presenta un crecimiento de sólo 0.7 % anual. Tecámac y Acolman son las zonas de crecimiento natural de la región Ecatepec, con 8.2 y 4.1 % anual en el quinquenio.

Al oriente de la macro región, la región Chimalhuacán destaca por experimentar el crecimiento más importante de todas las regiones, con una tasa de 4.1 % anual entre 2000 y 2005, impulsada principalmente por el municipio de Chicoloapan (14.8 % anual) e Ixtapaluca (6.7 % anual), mientras que el municipio de Chimalhuacán está consolidado en más de 500 000 habitantes con un crecimiento moderado de 1.2 % anual.

En el 2010 el 50 % de la población del Estado de México se concentra en 10 municipios, sobresaliendo Ecatepec de Morelos, Nezahualcóyotl, Naucalpan de Juárez, Tlalnepantla de Baz y Toluca, cuyos valores son mayores al 5 por ciento. Respecto a la subcuenca, Ecatepec de Morelos y Nezahualcóyotl se posicionan como los municipios más poblados con 1.7 y 1.1 millones de habitantes respectivamente en 2005. Sin embargo, la dinámica demográfica del primero se ha estabilizado en una tasa media del 0.7 % mientras que Nezahualcóyotl se encuentra en declive con una tasa media anual del -1.3 %.

En la área de estudio se encuentran nueve de los 20 municipios donde se concentra la población del Estado de México, se muestra además que dentro de los seis municipios con la mayor concentración de población la subcuenca contiene a 4 (Ecatepec de Morelos, Nezahualcóyotl, Tlalnepantla de Baz y Chimalhuacán) lo que indica una alta aglomeración de población en la subcuenca. Los datos de población a nivel subcuenca considerando las superficies de cada municipio da un total de 4 638 664 habitantes para 2010, lo que es similar a la población del estado de Nuevo León, en el tabla 2.5 se especifica la cantidad de población por cada municipio que conforma la subcuenca. (Véase figura 2.14).

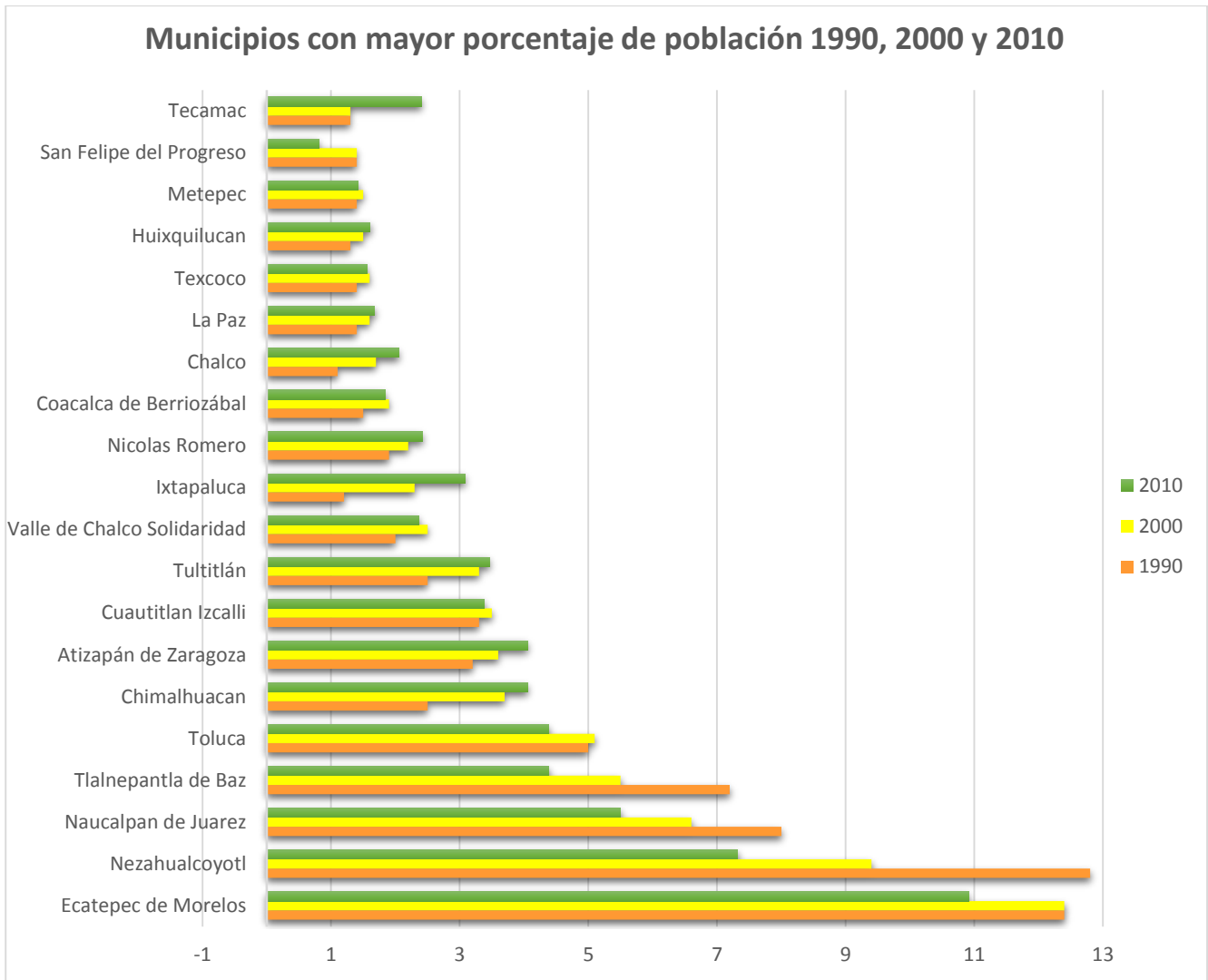


Figura 2. 14. Municipios con mayor porcentaje de población.

Elaboró la autora con información de los censos de población 2000 y 2010b INEGI

La Ciudad de México es la segunda entidad con mayor población en la región centro del país debido a procesos de transición demográfica. Se han identificado tres etapas de este proceso: a primera se inició tras el fin de la revolución mexicana y se prolongó hasta 1960 creciendo a tasas del 4 % anual en 1930, aumentando a 6 % entre 1940 y 1950, y a 5.5 % hasta inicios de la década de 1970. Esta etapa coincide con la mayor velocidad de crecimiento en la historia de la capital del país.

La segunda etapa se acentuó a partir de 1970 con un descenso importante de la fecundidad y un continuo descenso en las tasas de mortalidad. En este periodo, las tasas brutas de nacimiento disminuyeron de 45 por cada mil habitantes en 1960, a 37 en 1970, a 24 en 1990 y a 19 en el año 2000.

La tercera etapa de esta transición se inició en el presente siglo y se espera que dure hasta la primera mitad de éste, con la convergencia de los niveles de natalidad y mortalidad A partir de la década de 1990, se observó una



disminución en el ritmo de crecimiento de la población en la Ciudad de México, inclusive convirtiéndose en una tasa negativa en esa década de manera asociada a los efectos de los terremotos de 1985 (Sánchez, 2012).

En 2010 la población de la Ciudad de México era de 8, 851, 080 habitantes concentrando el 50 % en 4 delegaciones (Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Tlalpan y Álvaro Obregón). Las dos delegaciones que superan el millón de habitantes se encuentran dentro de la subcuenca estas son Gustavo A. Madero, Iztapalapa que juntas suman el 30 % de la población total de la Ciudad de México. (tabla.2.5)

**Tabla 2. 5.** Población total de la Ciudad de México

| Delegación                 | Población total (2010) | Porcentaje de población total |
|----------------------------|------------------------|-------------------------------|
| Milpa Alta                 | 130 582                | 1.48                          |
| Cuajimalpa de Morelos      | 186 391                | 2.11                          |
| La Magdalena Contreras     | 239 086                | 2.70                          |
| Tláhuac                    | 360 265                | 4.07                          |
| Miguel Hidalgo             | 372 889                | 4.21                          |
| <u>Iztacalco</u>           | 384 326                | 4.34                          |
| Benito Juárez              | 385 439                | 4.35                          |
| Azcapotzalco               | 414 711                | 4.69                          |
| Xochimilco                 | 415 007                | 4.69                          |
| <u>Venustiano Carranza</u> | 430 978                | 4.87                          |
| Cuauhtémoc                 | 531 831                | 6.01                          |
| Coyoacán                   | 620 416                | 7.01                          |
| Tlalpan                    | 650 567                | 7.35                          |
| Álvaro Obregón             | 727 034                | 8.21                          |
| <u>GAM</u>                 | 1 185 772              | 13.40                         |
| <u>Iztapalapa</u>          | 1 825 786              | 20.63                         |
| Total                      | 8 851 080              | 100.11                        |

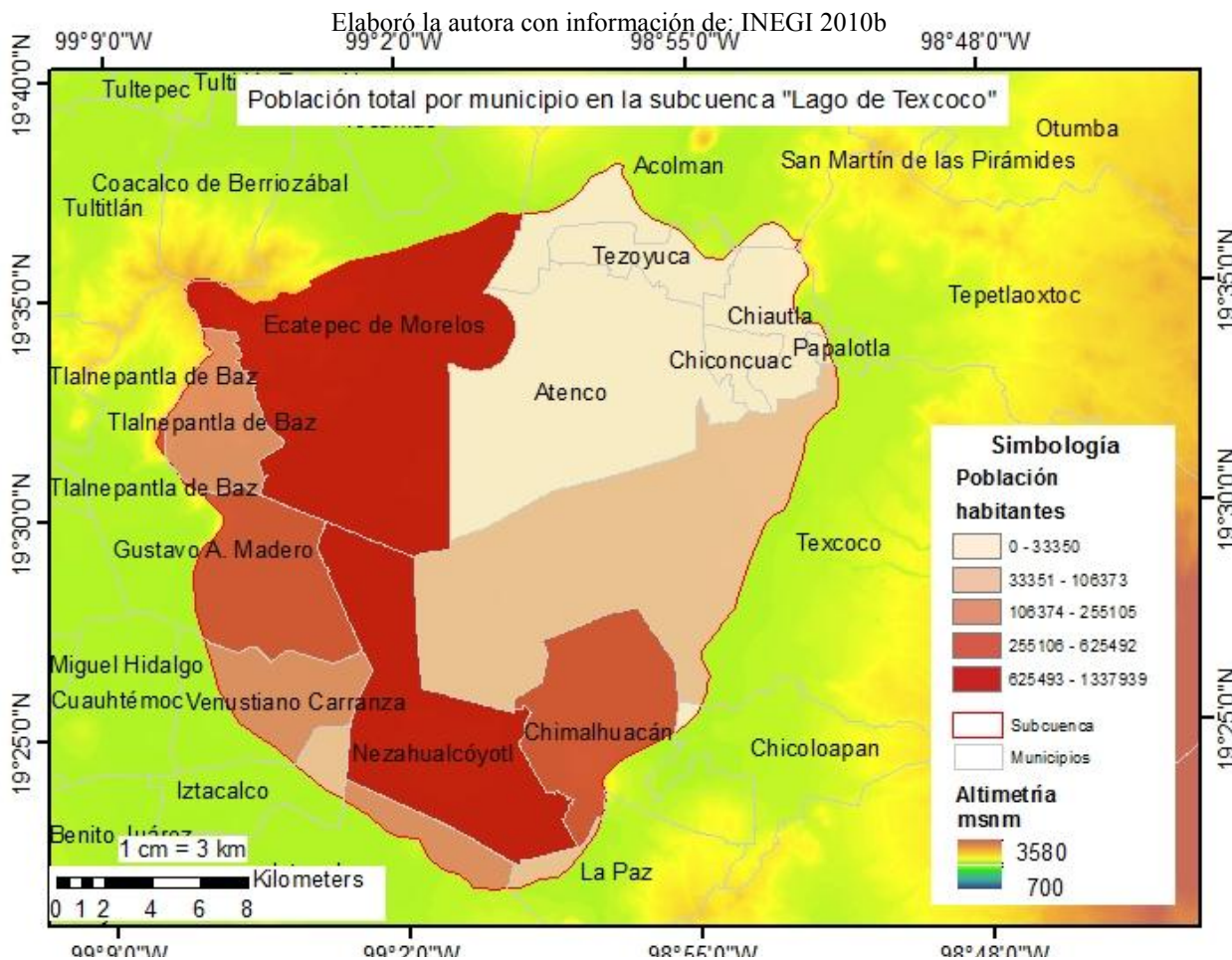
Elaboró la autora con información de INEGI, 2010b

La concentración de población de la subcuenca se ve reflejado claramente en los municipios de Ecatepec y de Nezahualcóyotl principalmente y como se muestra en la tabla 2.6 son los municipios que superan el millón de habitantes, seguidos de las delegaciones Gustavo A. Madero con más de medio millón de habitantes y Chimalhuacán que se acerca al medio millón de habitantes, (mapa 2.15)

A su vez se observa que los municipios menos poblados son los alejados de la Ciudad de México como Papalotla y Chicoloapan.

**Tabla 2. 6.** Población total por municipio de la subcuenca “Lago de Texcoco”.

| Clave municipio | Nombre municipio  | Población Total | Clave municipio | Nombre municipio | Población Total |
|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 009005          | Gustavo A. Madero | 625,492         | 015033          | Ecatepec         | 1,337,939       |
| 009006          | Iztacalco         | 106,373         | 015058          | Nezahualcóyotl   | 1,136,300       |
| 009007          | Iztapalapa        | 223,645         | 15069           | Papalotla        | 3,644           |
| 009017          | Venustiano C.     | 244,105         | 015070          | La Paz           | 78,544          |
| 015002          | Acolman           | 29,462          | 015099          | Texcoco          | 101,162         |
| 015011          | Atenco            | 33,350          | 015100          | Tezoyuca         | 15,533          |
| 015028          | Chiautla          | 14,931          | 015104          | Tlalnepantla     | 171,406         |
| 015030          | Chiconcuac        | 19,045          | 15122           | Chicoloapan      | 1,056           |
| 015031          | Chimalhuacán      | 496,677         | 015020          | Coacalco         | NH              |
|                 |                   |                 | Total           |                  | 4,638,664       |



**Figura 2. 15.** Mapa de población total de la subcuenca “Lago de Texcoco”.

Elaboró la autora con información de: INEGI, 2010c y b

En cuanto la densidad de población en la subcuenca está, de igual manera, se concentra en los límites del Estado de México y la Ciudad de México, son las delegaciones de Iztapalapa, Iztacalco y la GAM y el municipio de Nezahualcóyotl donde existe alta densidad. En las delegaciones de la Ciudad de México se explica debido a que tienen porción de territorio que no supera los 40 km<sup>2</sup> y una cantidad de población superior a 100, 000 habitantes, y en el municipio mexiquense su alta densidad se debe a la gran cantidad de población que existe en todo su territorio. Solo dos municipios están por debajo de la media estatal, son Papalotla y Atenco, éste último tiene toda su superficie dentro de la subcuenca. La densidad de la subcuenca es muy superior al promedio estatal ya que es de 8, 649 habitantes por km<sup>2</sup>, lo que representa una enorme concentración de población en una pequeña superficie de terreno, (véase tabla 2.7).

**Tabla 2. 7.** Densidad de población en la subcuenca “Lago de Texcoco”.

| Clave municipio | Nombre municipio  | Densidad de población |                     | Clave municipio | Nombre municipio | Densidad de población |                     |
|-----------------|-------------------|-----------------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------------------|---------------------|
|                 |                   | Población Total       | por km <sup>2</sup> |                 |                  | Población Total       | por km <sup>2</sup> |
| 009005          | Gustavo A. Madero | 625,492               | 17374.78            | 015033          | Ecatepec         | 1337939               | 12274.67            |
| 009006          | Iztacalco         | 106,373               | 21274.60            | 015058          | Nezahualcóyotl   | 1136300               | 18036.51            |
| 009007          | Iztapalapa        | 223,645               | 22364.50            | 15069           | Papalotla        | 3644                  | 3644.00             |
| 009017          | Venustiano C.     | 244,105               | 12205.25            | 015070          | La Paz           | 78544                 | 26181.33            |
| 015002          | Acolman           | 29,462                | 2104.43             | 015099          | Texcoco          | 101162                | 887.39              |
| 015011          | Atenco            | 33,350                | 378.98              | 015100          | Tezoyuca         | 15533                 | 1109.50             |
| 015028          | Chiautla          | 14,931                | 829.50              | 015104          | Tlalnepantla     | 171406                | 8162.19             |
| 015030          | Chiconcuac        | 19,045                | 2720.71             | 15122           | Chicoloapan      | 1056                  | 1056.00             |
| 015031          | Chimalhuacán      | 496,677               | 12735.31            | 015020          | Coacalco         | NH                    | NH                  |
|                 |                   |                       |                     | Total           |                  | 4638664               |                     |

Elaboró la autora con información de: INEGI c y b

Los municipios con baja densidad son Papalotla, Atenco y Texcoco, estos dos últimos con una gran extensión territorial por abarcar en su mayoría la zona de conservación del Lago de Texcoco esta superficie carece de habitantes; de igual manera la delegación Venustiano Carranza que pese a que su densidad no es baja, es considerablemente menor que las delegaciones aledañas esto se debe al área que comprende el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México y por ello no tiene habitantes.

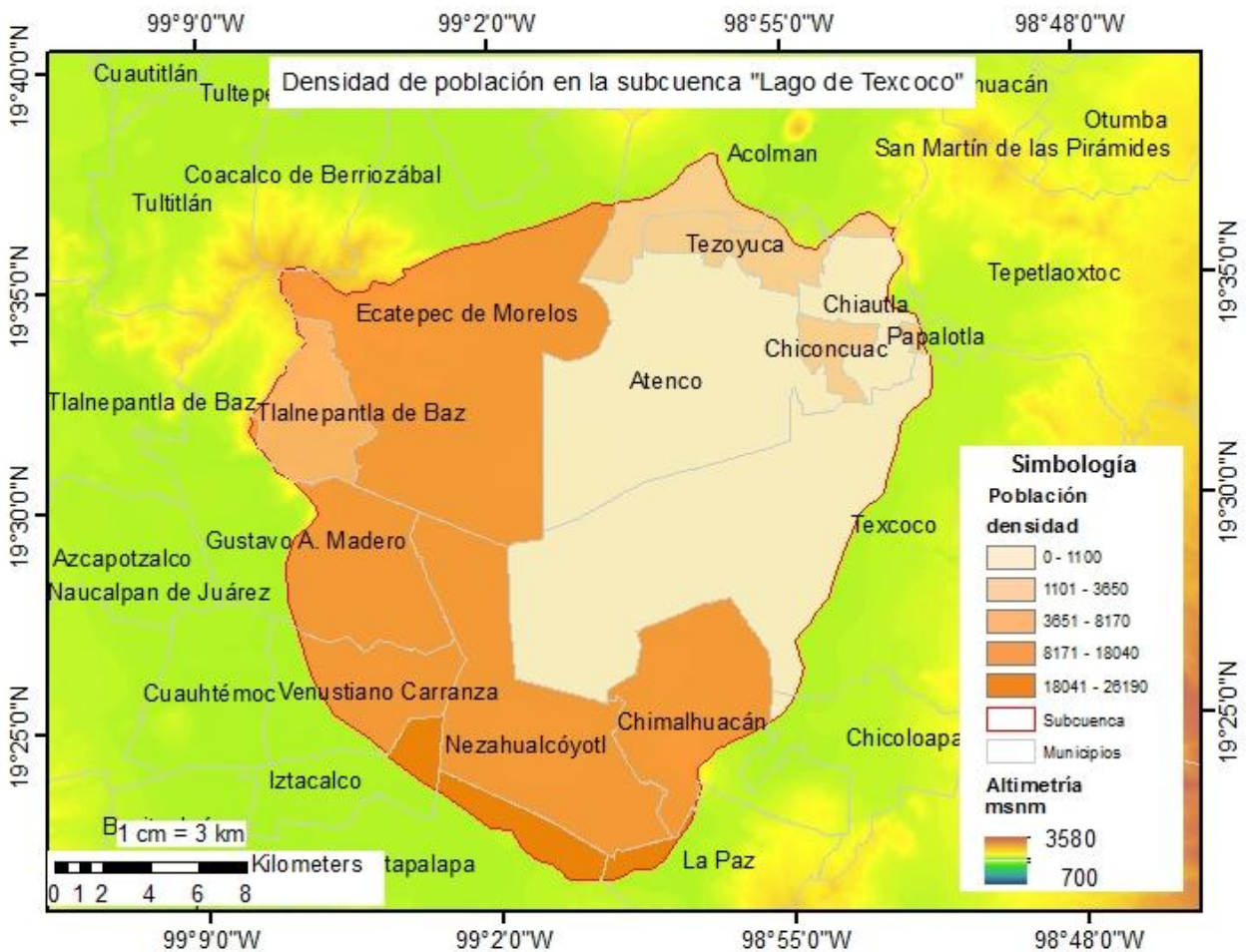


Figura 2. 16. Mapa de densidad de población en la subcuenca "Lago de Texcoco".  
Fuente: COESPO, 2014

### 2.3.3 Infraestructura

Se considera a la vivienda como reflejo de la infraestructura debido que se entiende de una manera integrada; es decir, más allá de la casa, se incorpora su funcionamiento completo y la satisfacción de las necesidades de quien la habita, lo cual depende de la infraestructura y los servicios básicos de que dispone, como son: el acceso al agua potable, a la energía eléctrica y al drenaje. En este sentido se analiza la proporción de viviendas que cuentan con servicios básicos.

En el Estado de México existen 3 687 193 viviendas de las cuales 3 383 410 dispone de agua potable dentro o fuera de la vivienda, pero en el mismo terreno es decir el 91.7 % del total de viviendas cuenta con agua potable, 3 472 355 cuenta con drenaje es decir un 94.2 % y el 98.9 % es decir 3 646 743 cuenta con energía eléctrica, (Véase figura 2.17).

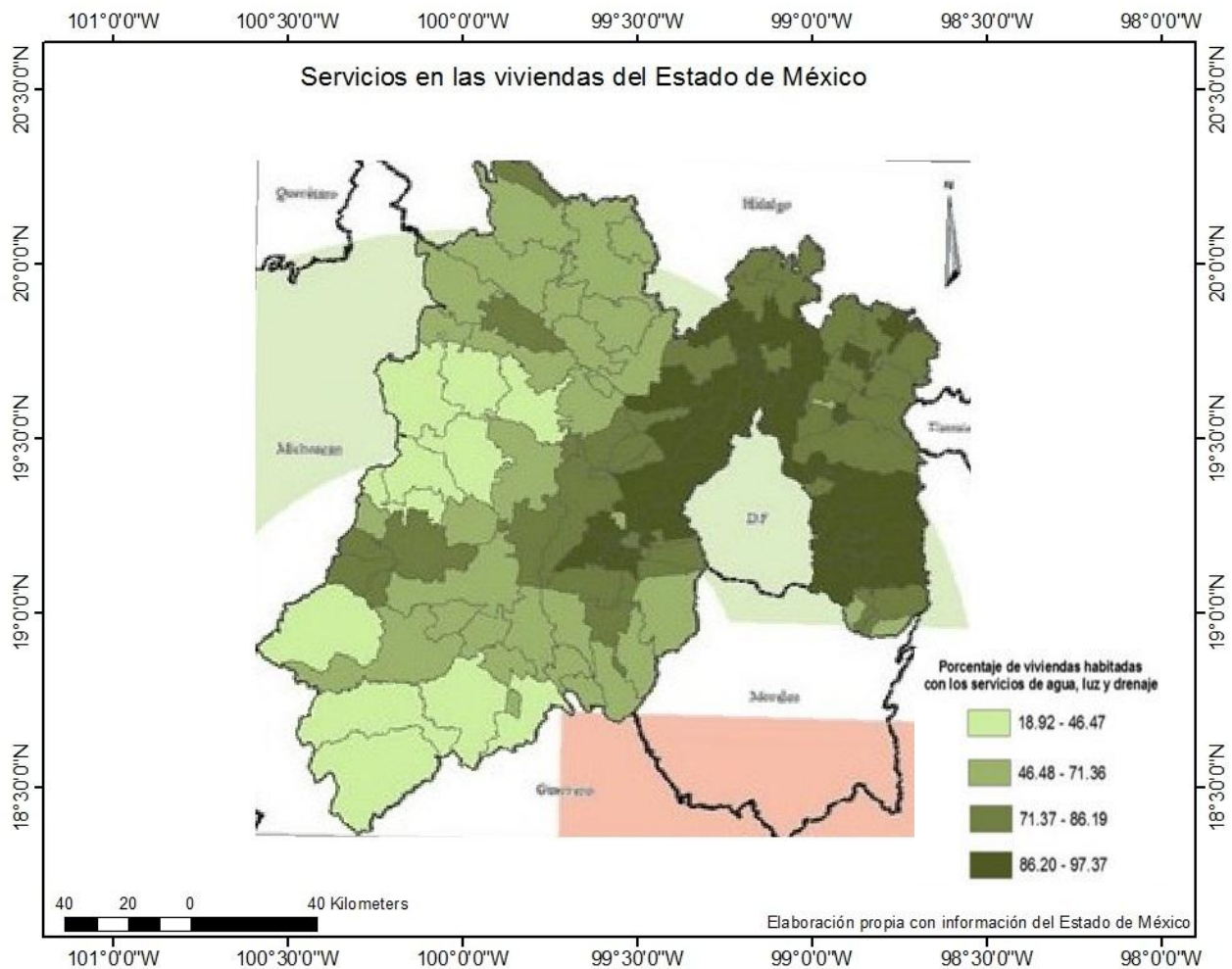


Figura 2. 17. Mapa de porcentaje de viviendas que cuentan con servicios en el Estado de México  
Fuente: COESPO

La macro región III Oriente concentró cerca de 2.4 millones de viviendas en 2005, es decir, 95 % del total de viviendas registradas en el Estado de México. Entre 1990 y 2000, la vivienda creció a un ritmo de 67,000 viviendas por año, mientras que de 2000 a 2005 el ritmo se redujo a 52, 000viviendas anuales en promedio. Las regiones Ecatepec y Naucalpan son las que concentran el mayor número de viviendas más de 300, 000 en cada uno, en contraste Zumpango y Texcoco tienen la menor participación, menos de 100, 000 viviendas cada uno.



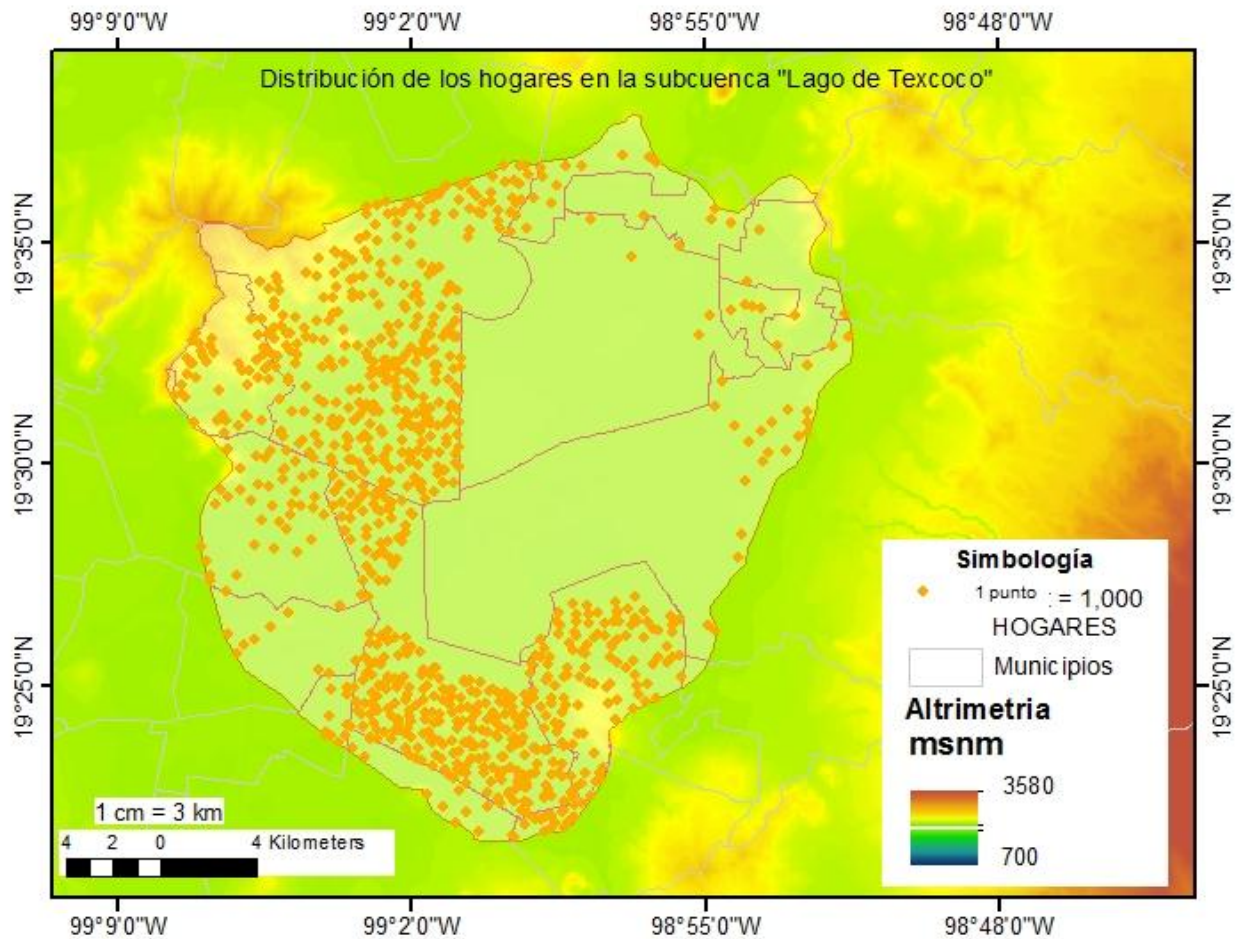


Figura 2. 18. Mapa de distribución de hogares en la subcuenca “Lago de Texcoco”.  
Elaboró la autora con información de: INEGI c y b

Se observa la concentración de hogares en la subcuenca donde se señala que un punto representa 1000 viviendas, es un dato que implica a todas las variables mencionadas anteriormente, concentrándose en los municipios del Estado de México colindantes con las delegaciones que de igual manera tienen alta concentración de hogares, en contraste en los municipios de Texcoco, Atenco y Acolman, es la zona de conservación y en ese espacio no se permiten asentamientos humanos, cabe destacar que esta regiones la división entre la gran concentración de asentamientos de los municipios como Ecatepec y Nezahualcóyotl con los demás municipios mexiquenses.

Si bien la macro región muestra coberturas de servicios por encima de la media estatal, los rezagos continúan siendo significativos debido principalmente, al número absoluto de viviendas y a la alta densidad de población.

En general, la macro región presenta un alto nivel de cobertura del servicio de agua potable, superior al promedio estatal; en 2005, 95.1 % del total de viviendas de la macro Región están dotadas del servicio, frente a un 92.4 % a nivel estatal. Las regiones con mayor cobertura de agua potable, son Nezahualcóyotl, Tultitlán y Tlalnepantla, mientras que Texcoco y Chimalhuacán son las regiones con más deficiencia en este servicio

A nivel municipal se observa que a mayor densidad de población y urbanización, se encuentra una mayor cobertura de agua potable. Los municipios con mayores rezagos en este aspecto son Atenco y Tezoyuca, ambos con coberturas inferiores al 80 %. Destaca fundamentalmente el déficit en el abasto de agua potable, sobre todo en los municipios conurbados de la zona oriente de la macro Región.

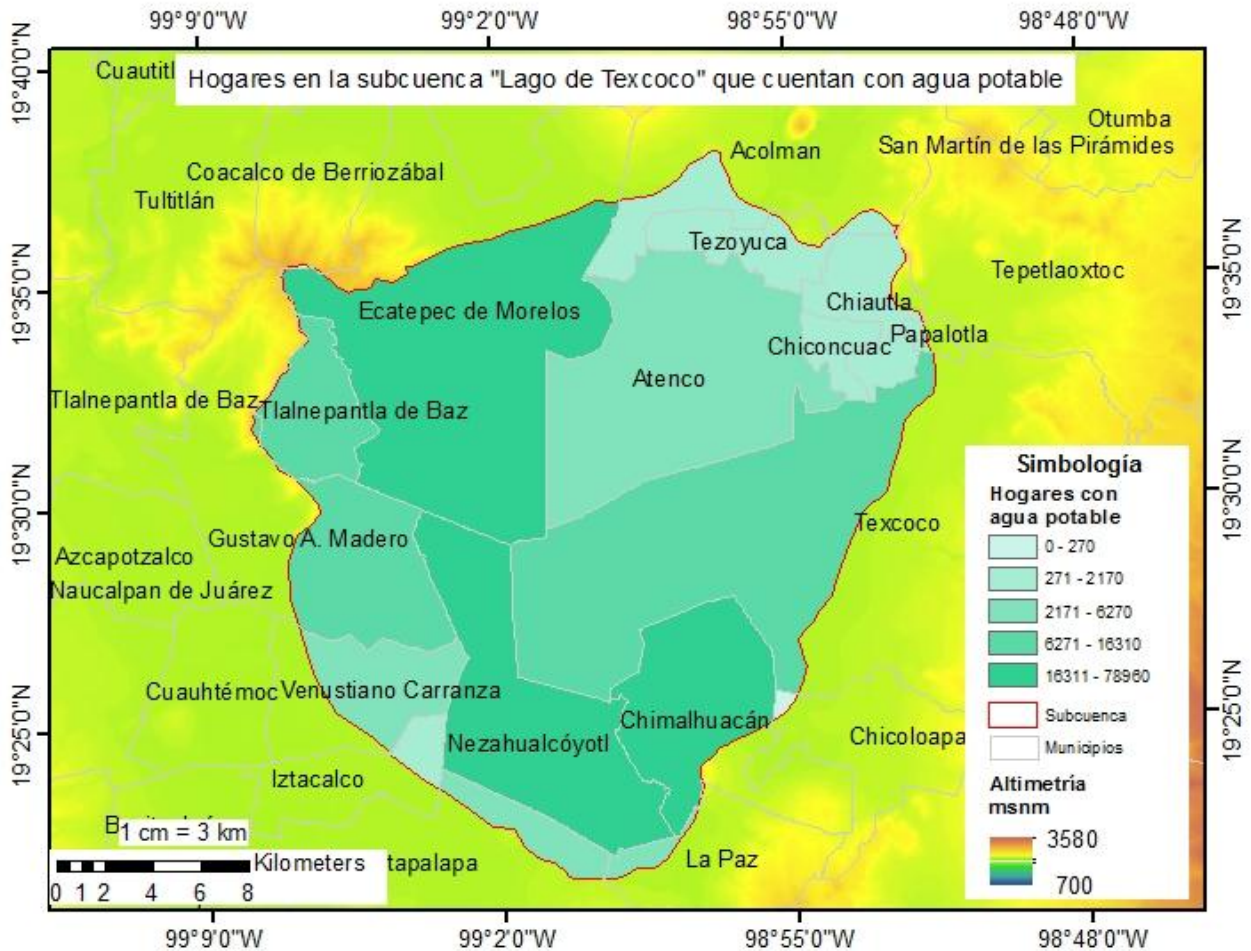


Figura 2. 19. Mapa de hogares que cuentan con agua potable por municipios dentro de la subcuenca "Lago de Texcoco".  
Elaboró la autora con información de: INEGI c y b

En relación con la disponibilidad de drenaje en las viviendas, nuevamente la macro región III presenta una cobertura del servicio superior al promedio estatal, de 97.2 % contra 92.0 % en 2005. Las regiones mejor dotadas son Nezahualcóyotl, Tlalnepantla y Tultitlán.

La cobertura en Amecameca y Chimalhuacán, que pasaron de coberturas de 36.8 % y 57.4 % en 1990 a más del 94 % en 2005. Con relación al tratamiento de aguas residuales, actualmente sólo se procesa del orden de 15 %, es decir, sólo 15 litros de cada 100 se descargan al alcantarillado.

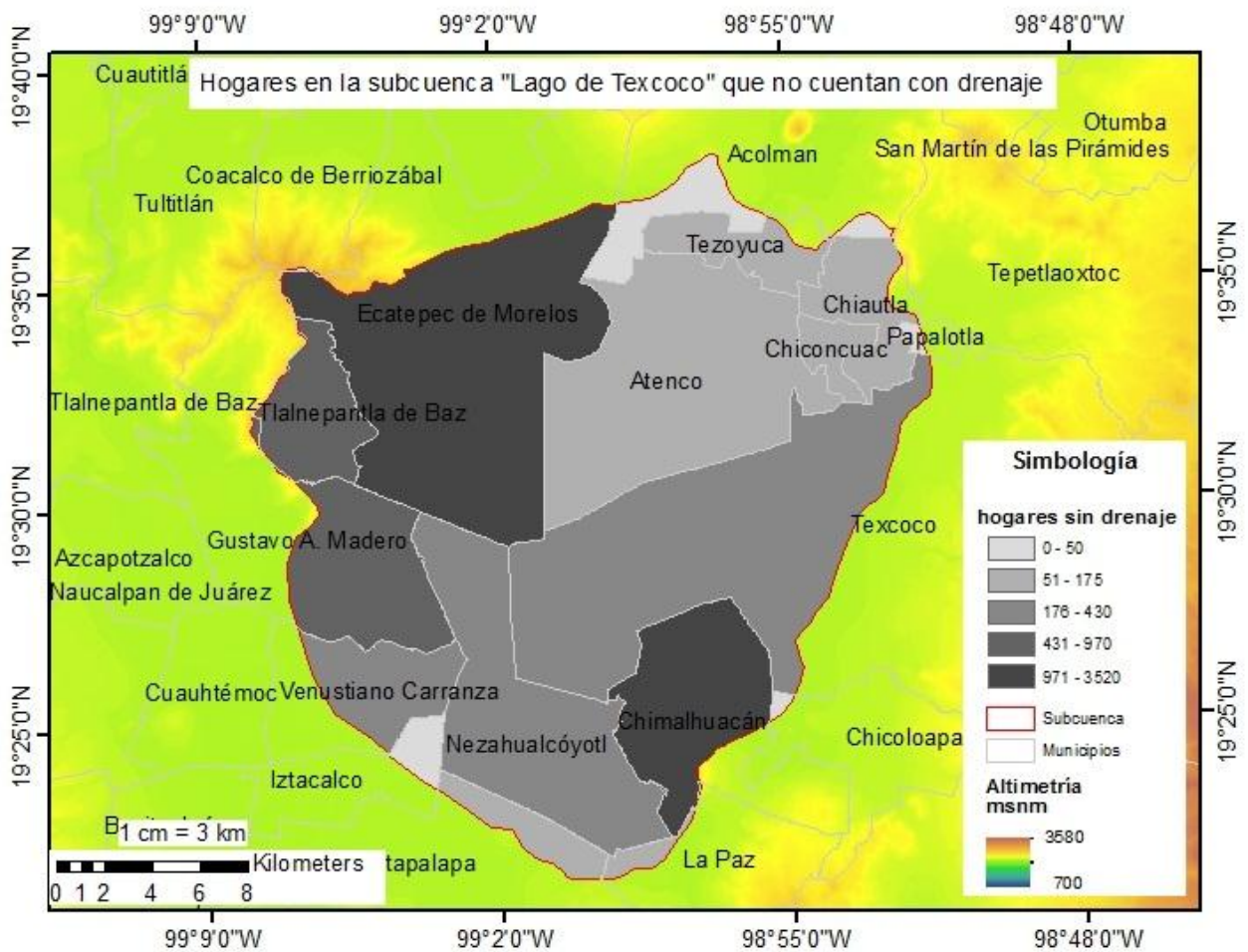


Figura 2. 20 Mapa de hogares que no cuentan con drenaje por municipios dentro de la subcuenca "Lago de Texcoco".

Elaboró la autora con información de: INEGI c y b

En materia de electricidad, en 2005 el Estado de México presentó un promedio de cobertura similar a la macro región III, con 98.0 % y 98.5 % respectivamente. En general se observan coberturas por arriba del 95 % en todos los municipios.



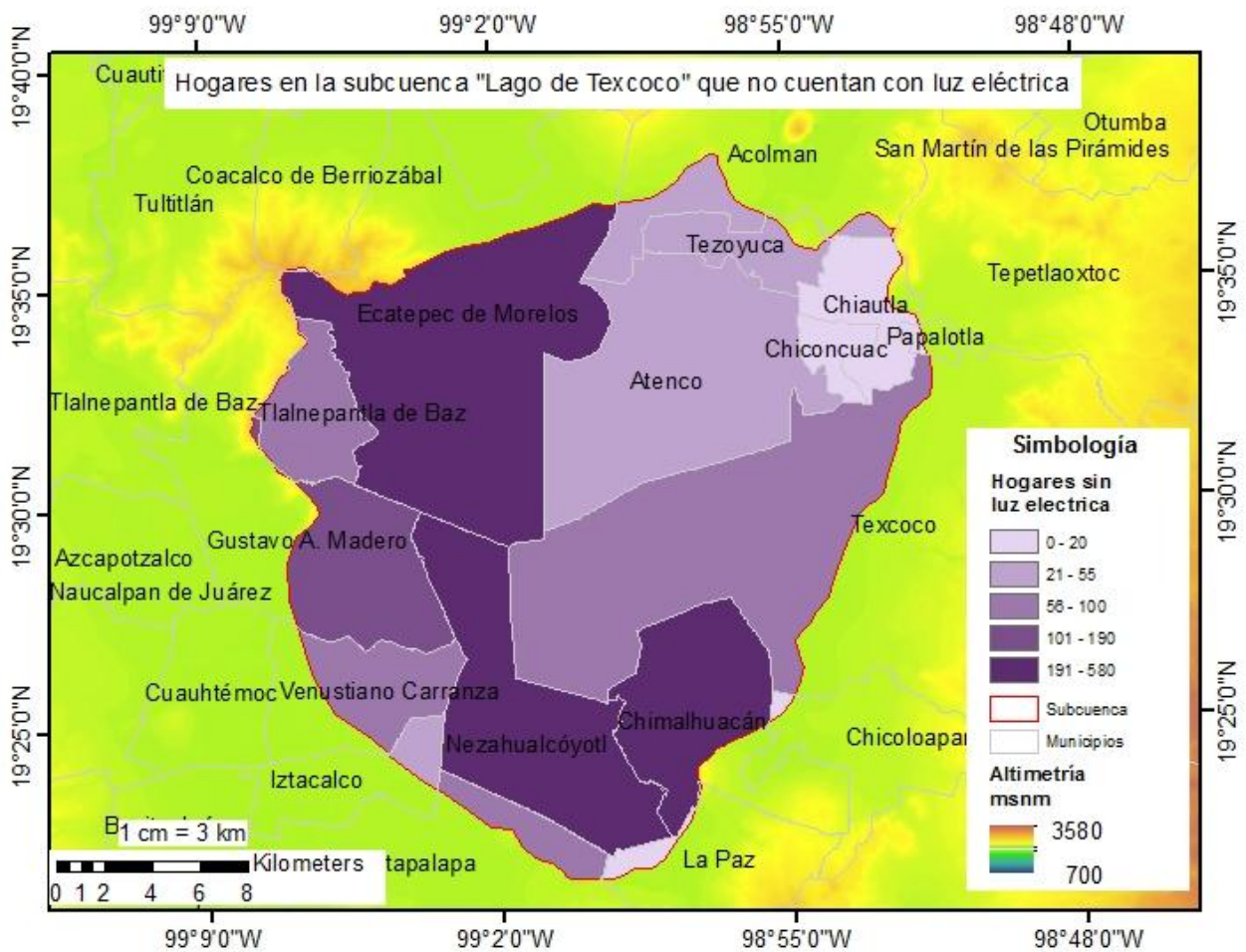


Figura 2. 21. Mapa de hogares que no cuentan con luz eléctrica por municipio en la subcuenca "Lago de Texcoco".

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI c y b

Los municipios donde hay hogares con agua potable son: Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, Iztapalapa y en menor medida la GAM y Tlalnepantla, aunque de igual manera destaca Ecatepec por tener muchos hogares sin drenaje ni luz eléctrica, en cuanto a los hogares sin drenaje también destaca Chimalhuacán seguido por las delegaciones Iztapalapa y la GAM. Respecto a los hogares sin luz eléctrica, además de Ecatepec, destaca Iztapalapa seguido por Nezahualcóyotl, Chimalhuacán, y la GAM.

Si bien los municipios mexiquenses menos poblados, los más alejados de la Ciudad de México tienen pocos hogares sin energía eléctrica y sin drenaje también hay pocos municipios con agua potable, lo cual se puede entender porque en estos municipios las áreas habitables siguen creciendo, cerca de localidades donde ya se cuenta con luz eléctrica y drenaje pero al ser viviendas aisladas aún no se dispone de agua potable; al contrario de los municipios con mucha población en donde la carencia o falta de servicios se origina por la gran cantidad de población o por los asentamientos irregulares que cada vez son más grandes, (Véase Figuras 2.19-2.21).

## **CAPÍTULO 3 COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO**

En este capítulo se presentan los mapas que se obtuvieron al comparar la cobertura vegetal y usos del suelo a lo largo de casi 20 años, se muestra el manejo de imágenes satelitales para el trazado de polígonos de acuerdo a cada tipo de cobertura vegetal, se hace el comparativo de estos polígonos que dan paso al proceso de señalización de los distintos usos del suelo, así como también reconocer las zonas con mayores conflictos y analizar en que han afectado estos problemas tanto en el uso del suelo como en los tipos de cobertura vegetal.

### **3.1 Análisis de las imágenes Landsat de 1989-2014**

Por medio del sistema landsatlook, del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, 2014) se seleccionaron las imágenes landsat de la zona de estudio y sus alrededores que corresponden a los meses de febrero de los años 1989, 2000 y 2014: Dichas imágenes se descargaron de la página oficial para su posterior manejo en un Sistema de Información Geográfica donde se georeferenciaron y se le dio la proyección correspondiente, se utilizaron las imágenes con escala 1:144 y por lo tanto se tuvieron que utilizar 2 fotografías para abarcar toda la zona de la subcuenca.

Se inició con el trabajo de las imágenes de febrero de 1989, se hizo el recorte de la subcuenca para poder hacer el trazado de los polígonos de acuerdo al tipo de cobertura vegetal. Esta delimitación se basó principalmente en la diferenciación de la zona urbana, la zona montañosa, zona agrícola y el área del “Lago de Texcoco”. Este trazado dio como resultado que en el 51.96 % de la subcuenca la cobertura es urbana, seguido por la cobertura referente al área del lago con un 25.47 % y ya en menor medida la zona de montaña con un 9.15 %, la zona agrícola con el 12.75 % y las zona de equipamiento con 0.64 % aproximadamente (véase figura 3.1).

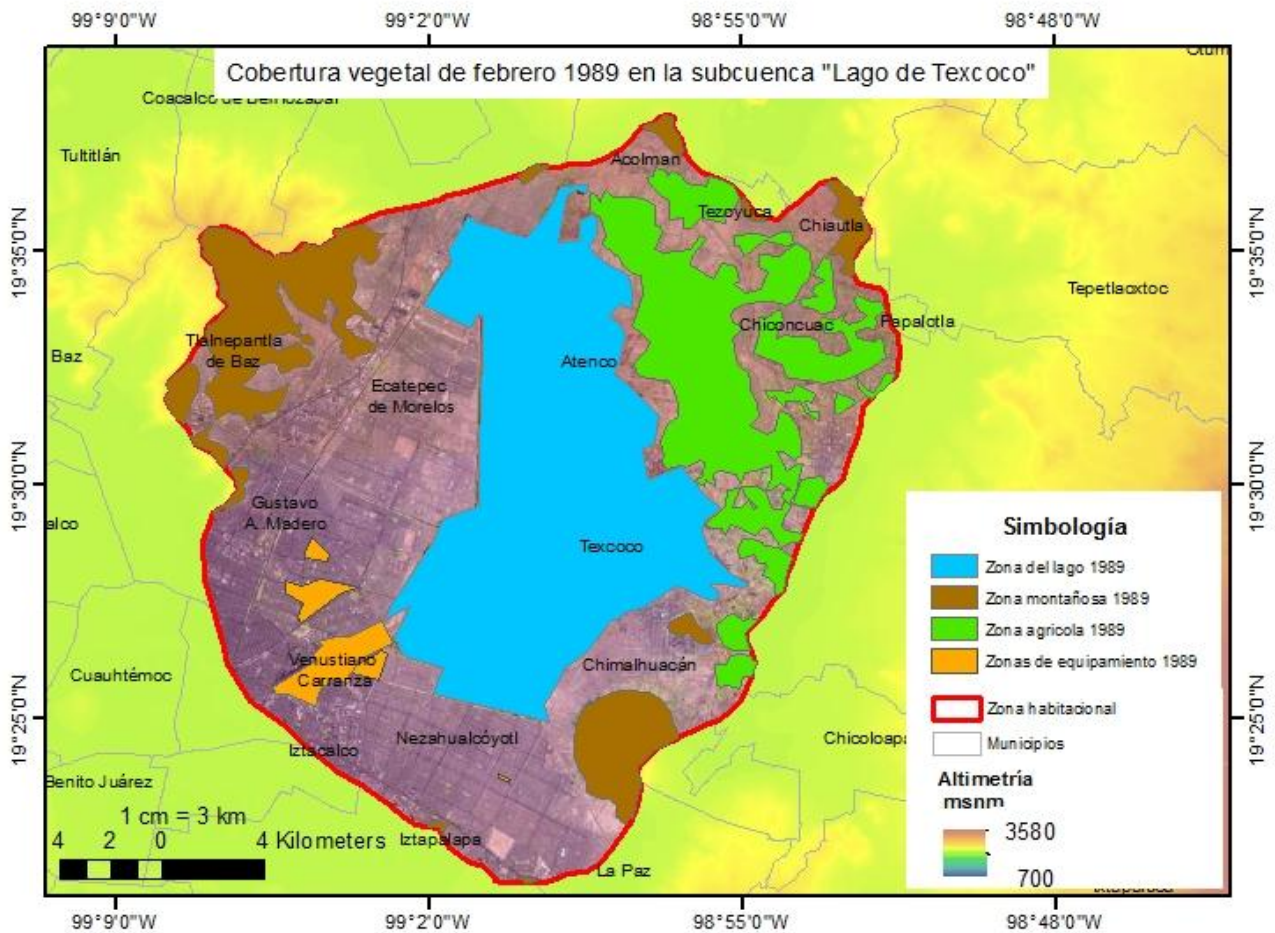


Figura 3. 1 Mapa de cobertura vegetal en la subcuenca “Lago de Texcoco”, 1989

Elaboró la autora con información de USGS 2014

La zona urbana se encuentra en todos los municipios de la subcuenca pero en mayor parte en las delegaciones de la Ciudad de México (Iztapalapa, Iztacalco, GAM, y Venustiano Carranza) y en los municipios del Estado de México como Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán. El área del lago se localiza en los municipios de Texcoco, Atenco, Ecatepec, Nezahualcóyotl, Tezoyuca y Chimalhuacán siendo los dos primeros donde se localiza la mayor parte de la subcuenca

La zona montañosa se concentra entre la delegación Gustavo A. Madero y el municipio de Tlalnepantla seguido por Chimalhuacán, Acolman, Ecatepec, Chiautla y Coacalco.

Las zonas agrícolas se encuentran en la zona oriente de la subcuenca en los municipios de Texcoco, Atenco, Chiconcuac, Chiautla, Tezoyuca, Acolman, Papalotla y Chicoloapan.

Y el área de equipamiento se ubica en Nezahualcóyotl, Venustiano Carranza y la Gustavo A. Madero únicamente.

Se observa que la zona urbana corresponde a un área de 52 km<sup>2</sup> principalmente al poniente de la subcuenca, donde solo se puede observar ese tipo de cobertura, la zona montañosa y las áreas de equipamiento pero no se observa

ningún tipo de cultivo, al contrario al oriente de la subcuenca donde la zona agrícola es la que predomina, el área del lago sirve como límite entre las zonas urbana y agrícola, debido a las dificultades que los terrenos del lago han tenido para la urbanización.

Se realizó el mismo procedimiento para las imágenes de 2000 donde el 56.13 % de la subcuenca era área urbana localizado en todos los municipios excepto Coacalco, seguido por el 25.04 % de área del lago, en los municipios de Texcoco, Ecatepec, Atenco, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán; 10.84 % de zona agrícola ubicado en los municipios de Atenco, Tezoyuca, Acolman, Chiautla, Texcoco y en menor medida Chiconcuac, Chimalhuacán y Chicoloapan; un 7.33 % de zona de montaña en los municipios de Chiautla, Acolman, Ecatepec, Tlalnepantla, Chimalhuacán, Coacalco y la delegación Gustavo A. Madero y con menos de 1 % para las áreas de equipamiento en las delegaciones Venustiano Carranza y GAM y el parque del pueblo en Nezahualcóyotl (véase figura 3.2).

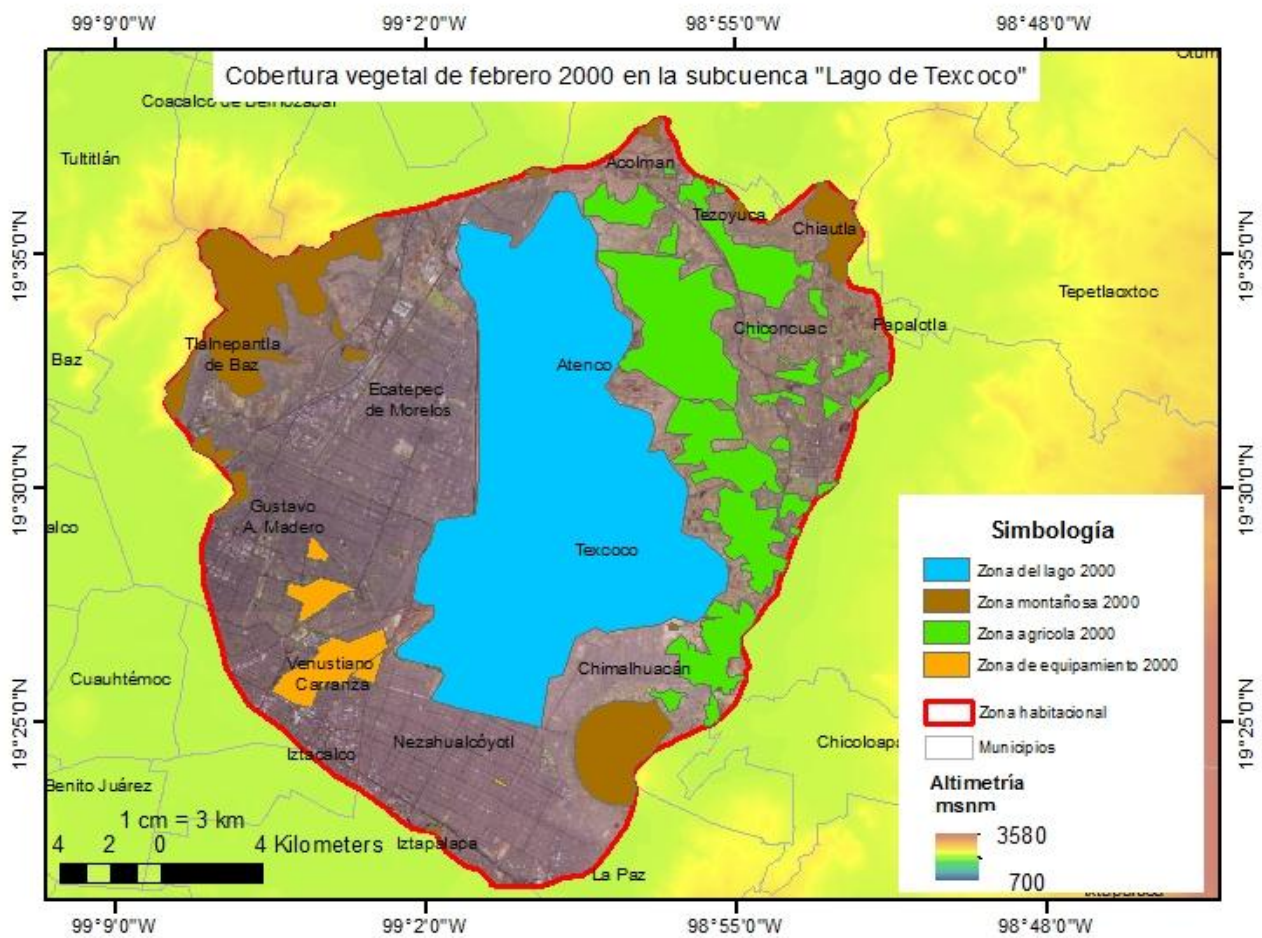


Figura 3. 2. Mapa de cobertura vegetal en la subcuenca "Lago de Texcoco", 2000

Elaboró la autora con información de USGS 2014



Para el 2014 la zona de uso urbano representa el 61.67 % localizada en todos los municipios de la subcuenca excepto, Coacalco, con mayor porcentaje en los municipios de Ecatepec y Nezahualc6yotl así como en las 4 delegaciones de la Ciudad de M6xico; seguido por en 23.79 % de la zona del lago localizada en los municipios de Texcoco, Ecatepec, Atenco, Nezahualc6yotl y Chimalhuac6n; 7.80 % la zona agr6cola en los municipios de Texcoco, Chiautla, Atenco, Tezoyuca. Acolman; un 6.08 % la zona de monta6a localizada principalmente en Tlalnepantla y en la delegaci6n Gustavo A. Madero pero tambi6n en los municipios de Acolman, Chimalhuac6n y Coacalco; 6 % las 6reas de equipamiento con la misma localizaci6n y casi la misma extensi6n a lo largo de estos a6os (v6ase figura 3.3).

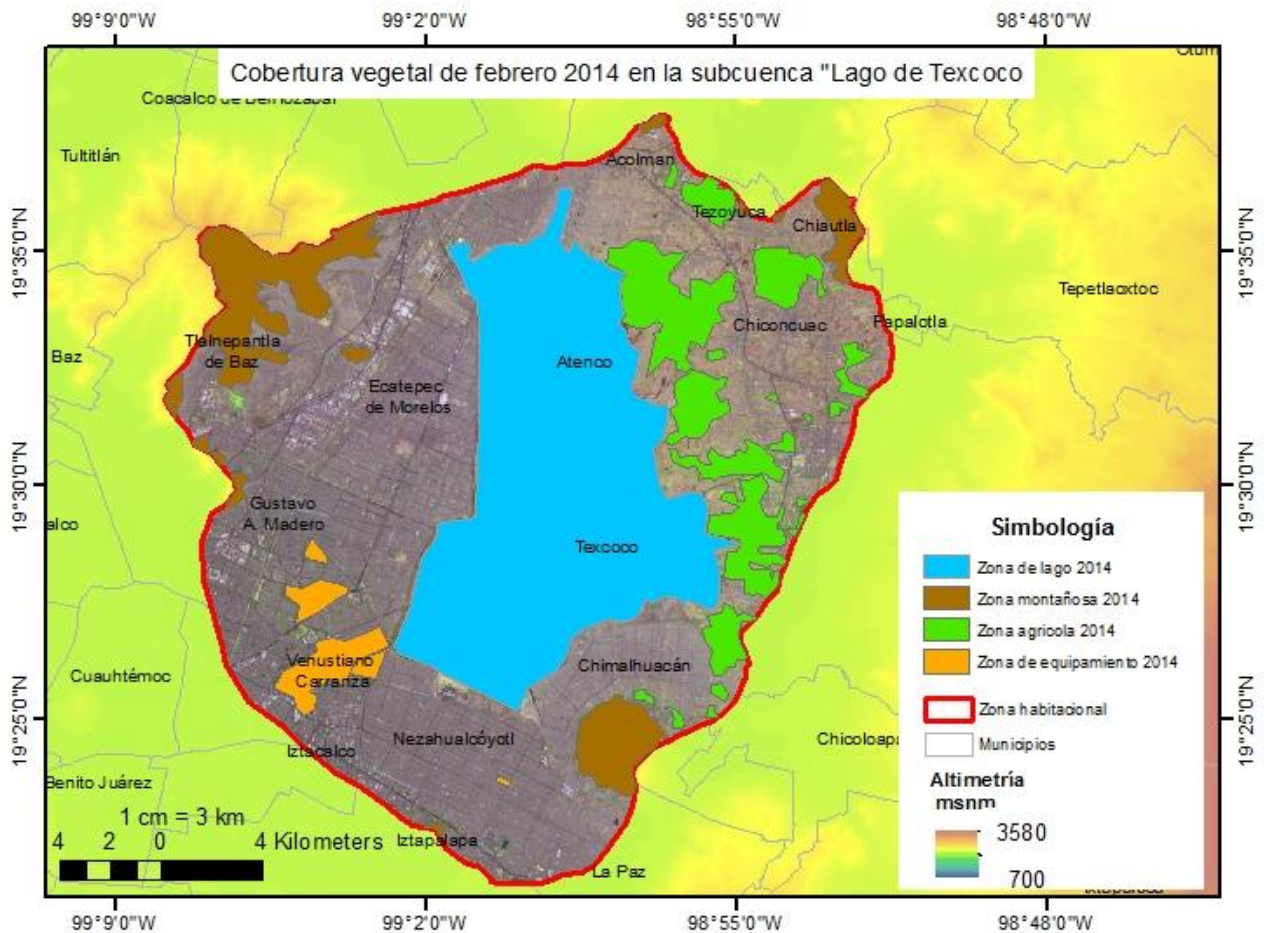


Figura 3. 3. Mapa de cobertura vegetal en la subcuenca “Lago de Texcoco”, 2014

Elabor6 la autora con informaci6n de USGS 2014

Como resultado se observa que el 6nico tipo de cobertura que ha aumentado son las zonas urbanas, de 1989 al 2000 le ha ido ganando al terreno agr6cola y a la zona de monta6a que perdieron cerca de un 2% de superficie; si bien estos son los cambios m6s notorios entre estos dos a6os ya que las variaciones en la superficie del lago fue de menos del 1%. En cuanto a las 6reas verdes estas no cambian en ning6n mapa porque son zonas bien establecidas y donde no se permite el crecimiento urbano; los aumentos que se observan de estas 6reas son centros deportivos principalmente en los municipios del oriente de la subcuenca, pero son poco apreciables.

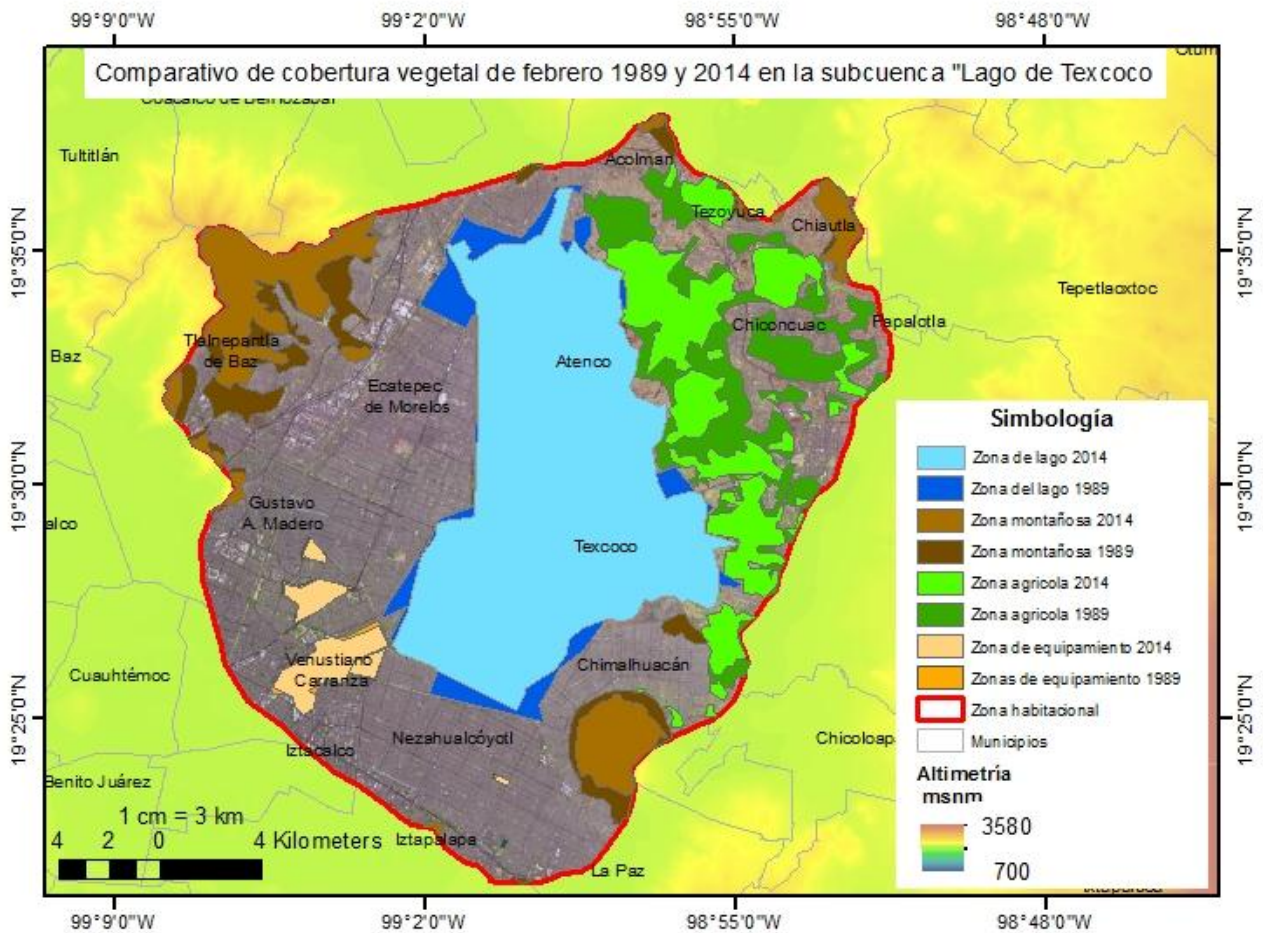


Figura 3. 4. Mapa de comparación de las coberturas vegetales de 1989-2014 en la subcuenca "Lago de Texcoco".

Elaboró la autora con información de USGS 2014

Los cambios más notorios son de 1989 a 2014 (véase figura 3.4) donde se observa la zona agrícola como la que más territorio perdió. Para 1989 la zona se representa en verde oscuro y la zona agrícola del 2014 con un verde claro, este tono es el que tiene alrededor de 5 % menos de superficie que el verde oscuro. Le sigue la zona de montaña que de igual manera se aprecia que el café claro referente a 2014 es menor en un 3% que el café oscuro. En menor medida el área del lago, debido a que está en una zona federal bien definida, pero aun así se observa que el tono azul claro correspondiente a la zona del lago en 2014 es menor en un 2% que el azul más oscuro que se refiere a 1989.

Todos estos cambios se deben al crecimiento poblacional ya que la cobertura urbana de 1989 ha crecido un 9 % para 2014, afectando en mayor medida el oriente de la subcuenca, ya que el poniente ya tenía altos porcentajes de cobertura habitacional.

### 3.3 Uso del suelo

El uso del suelo en la subcuenca se identificó a través del trabajo de verificación en campo, apoyado con los archivos digitales de manzanas del Estado de México y de la Ciudad de México de INEGI (2010) para elaborar mapas por localidades a diferentes escalas (entre 1:14000-1: 80000) lo que permite observar a detalle las calles y manzanas. Con ayuda del sistema Google Earth (diciembre 2014) se obtuvo los nombres de calles para poder trazar las rutas que se habrían de recorrer.

También se determinaron las variables e indicadores que se tomarían en cuenta para la señalización del uso del suelo en la subcuenca, así como la manera en que se señalarían en los mapas (tabla 3.1).

**Tabla 3. 1** Variables para trabajo de campo

| VARIABLES    | INDICADOR            | IDENTIFICADOR                   |
|--------------|----------------------|---------------------------------|
| Vivienda     | *Unidad habitacional | De color amarillo y el numero 1 |
|              | *Vivienda sola       | De color amarillo               |
|              | * Condición:         |                                 |
|              | Residencial          | Con el numero 2                 |
|              | Alto                 | Con el numero 3                 |
|              | Medio                | Con el numero 4                 |
|              | Bajo                 | Con el numero 5                 |
|              | *Característica:     |                                 |
|              | Disperso             | Con el numero 7                 |
|              | Compacto             | Con el numero 8                 |
| Semicompacto | Con el numero 9      |                                 |
| *Servicios   |                      |                                 |
| Agua potable | Con la letra A       |                                 |
| Luz          | Con la letra B       |                                 |
| Drenaje      | Con la letra C       |                                 |

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| Vialidad     | <p>*Condición:</p> <p>Pavimentada</p> <p>Empedrada</p> <p>Terracería</p> <p>Carretera</p>                                       | <p>Con la letra E</p> <p>Con la letra F</p> <p>Con la letra G</p> <p>Con la letra H</p>                      |
| Comercio     | <p>*Tipo:</p> <p>Abasto</p> <p>Plaza comercial</p> <p>Local</p> <p>Tienda autoservicio</p>                                      | <p>De color gris y con la letra I</p> <p>Con la letra J</p> <p>Con la letra K</p> <p>Con la letra L</p>      |
| Equipamiento | <p>*Administrativos</p> <p>*Áreas verdes/ recreativo</p> <p>*Servicios (transporte, luz, agua)</p> <p>*Educación/culturales</p> | <p>De color naranja y con la letra M</p> <p>Con la letra N</p> <p>Con la letra O</p> <p>Con la letra P</p>   |
| Industria    | <p>*Tipo:</p> <p>Papel</p> <p>Química</p> <p>Otra</p> <p>Fabricación de productos a base de minerales no metálicos</p>          | <p>De color lila</p> <p>Con la letra Q</p> <p>Con la letra R</p> <p>Con la letra S</p> <p>Con la letra T</p> |
| Siembra      | <p>*Experimentales</p> <p>*Ejidales</p>   | <p>De color verde y con la letra U</p> <p>Con la letra V</p>   |

Elaborado por la autora con información de los Planes de desarrollo municipal y trabajo de campo



Para determinar la condición de vivienda se tomó la información de la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI, 2012), donde se usó como referencia las características de las viviendas particulares habitadas la cual se modificó debido ya que la comisión toma como parámetros muchas otras características como el nivel educativo del jefe de familia, tenencia o hasta escrituras, para el caso de la subcuenca solo se ocuparon los indicadores de techo, paredes y piso, (tabla 3.2).

**Tabla 3. 2** Tipos de materiales de la vivienda

| <b>Condición</b>   | <b>Techo</b>  | <b>Paredes</b>   | <b>Piso</b>                             |
|--------------------|---|--|---|
| <b>Residencial</b> | -Losa de concreto o viguetas con bovedilla              | -Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto<br><br>-Pintada<br><br>-Cocheras<br><br>-Protecciones de seguridad<br><br>-Vigilancia | -Madera, mosaico u otros recubrimientos |
| <b>Alto</b>        | -Losa de concreto o viguetas con bovedilla              | -Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto<br><br>-Pintada<br><br>-Cocheras  | -Cemento o firme                        |
| <b>Medio</b>       | -Losa de concreto o viguetas con bovedilla<br><br>-Teja | -Tabique, ladrillo, block, piedra, cantera, cemento o concreto<br><br>- Sin aplanar  | -Cemento o firme                        |
| <b>Bajo</b>        | -Material de desecho<br><br>-Lámina de cartón           | -Material de desecho<br><br>-Lámina de cartón  | -Tierra                                 |

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lamina de asbesto o metálica</li> <li>-Paja o palma</li> <li>- Madera o tejamanil</li> <li>-Terrado con viguería</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Lamina de asbesto o metálica</li> <li>-Carrizo, bambú o palma</li> <li>-Madera</li> <li>-Embarro o bajareque</li> <li>-Adobe</li> </ul> |  |
|--|---|---|--|

Elaborado por la autora con información de CONAVI, (2012)

Con los elementos reunidos en trabajo de campo se construyeron los mapas de uso del suelo de las localidades de la subcuenca, se digitalizó en un Sistema de Información Geográfica trazando los polígonos de acuerdo al uso del suelo, comenzando con el trazado de los polígonos de equipamiento que eran los más claros de cada manzana, para después mediante un proceso del software homologar los polígonos que tenían las mismas características de uso del suelo por subcuenca.

La señalización de asentamientos aislados y algunas zonas agrícolas se determinaron mediante imágenes de Google Earth (diciembre de 2014) ya que este aspecto no se puede señalar como se hizo con la información de uso de suelo habitacional, de equipamiento, industrial, de comercio y la zona Federal Lago de Texcoco.

Para la interpretación de los mapas elaborados en campo se dividió la subcuenca en cuatro cuadrantes, conjuntando los municipios donde las condiciones de uso del suelo de cada uno fueran similares, se buscó seguir sus propios límites administrativos, es decir, si las características del uso del suelo del municipio de Acolman era diferentes a las del municipio de Ecatepec, cada uno de ellos debería de estar en diferentes cuadrantes.

El límite entre los municipios de Ecatepec y Acolman, así como el límite entre los municipios de Nezahualcóyotl y Chimalhuacán sirven para dividir la subcuenca de Norte a Sur; y de Este a Oeste el límite que se tomó en cuenta fue el de las delegaciones Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero, (figura 3.5).



Figura 3. 5. Mapa de cuadrantes de la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaboró la autora con información de INEGI 2010c

La subcuenca cuenta con un patrón de vivienda y vialidad muy específico, los asentamientos más cercanos al centro de cada uno de los municipios son de nivel medio a alto, con materiales de ladrillo/tabique, con servicios y vialidades accesibles y pavimentada; conforme se van alejando de dicho centro las vialidades dejan de estar pavimentadas, los servicios no son tan formales y las casas comienzan a ser de techo de lámina o en algunos casos con paredes de adobe.

#### Cuadrante A

Localizado al noroeste de la subcuenca, en él se encuentra el municipio de Ecatepec, Tlalnepantla, una porción de Nezahualcóyotl y la delegación Gustavo A. Madero, Es el cuadrante más homogéneo, debido a su condición del relieve y también por tener municipios donde el Estado de México y la Ciudad de México tienen colindancia, por ello el uso de suelo habitacional es predominante casi sin interrupciones, las únicas que tiene son por uso del suelo de equipamiento en cuanto a clínicas, estaciones del metro, parques y oficinas gubernamentales de pequeño tamaño o por comercio.

En cuanto a vivienda existen unidades habitacionales al norte del cuadrante, accesibles y con servicios, las viviendas solas en su mayoría tienen una condición media en el norte y de condición media o baja en los límites del área del lago y la zona montañosa entre sus características está que son compactas y semicompactas, generalmente accesible y con vialidades pavimentadas.

Este cuadrante cuenta con una pequeña área de asentamientos residenciales con todos los servicios, con seguridad privada, vialidades accesible, con comercios y servicios de acuerdo al nivel socioeconómico de sus habitantes, como un campo de golf por ejemplo.

También se localizan asentamientos aislados en la zona de la montaña donde colinda Tlalnepantla con Gustavo A. Madero donde la accesibilidad es reducida, ya que algunas calles son de terracería o con una pendiente considerable. Aquí las viviendas están hechas de ladrillo y algunas con techo de lámina que cuentan con todos los servicios (anexo, imagen A3).

En lo que refiere a vialidad este cuadrante, es el mejor comunicado, las principales vías de comunicación son la Av. Central, Periférico, Vía Morelos, Circuito Exterior Mexiquense y las Autopistas México-Pachuca y México-Querétaro que conectan la Ciudad de México con Ecatepec o con otros municipios o estados (anexo, imagen A2). El transporte público es abundante, tanto del Estado de México como de la Ciudad de México se puede observar microbuses, autobuses foráneos, combis<sup>1</sup>, bici y moto taxis, Sistema Colectivo Metro línea B de la estación Oceanía a la terminal Ciudad Azteca (anexo, imagen A1), y línea 4 de la estación Consulado a la terminal Martín Carrera (también terminal de la línea 6) y el Mexibus línea 1 de la terminal Ciudad Azteca a la estación las Palomas, línea 2 de la terminal 1° de mayo a la estación Puente de Fierro y la línea 4 de terminal Martín Carrera a terminal Tepexpan, ésta en proceso.

El comercio se establece en todas estas avenidas, la diferencia con otros cuadrantes es que el comercio no solo es de conveniencia o de abasto, hay tiendas departamentales y plazas a lo largo de la Avenida Central, y otras vialidades, de igual manera como es el cuadrante con más vialidades es también el cuadrante con más instalaciones comerciales.

El cuadrante A es donde se localiza la mayor cantidad de industrias (anexo, imagen A4), los cuatro tipos de industria se pueden ubicar en todos los municipios que conforman el cuadrante, en la delegación GAM y en Tlalnepantla la densidad de éstas es mayor.

---

<sup>1</sup> Combi. Nombre que se le dio en México al vehículo combinado para carga y paseo, de marca Volkswagen cuyo verdadero nombre fue Kombi, abreviación de la palabra alemana **Kombinationsfahrzeug**. Ahora usado principalmente para transporte de pasajeros debido su espacio interior, su sencillez mecánica, su facilidad de manejo y por ser más rápido que otros vehículos.

## Cuadrante B

Se localiza al noreste de la subcuenca, donde confluye la mayor cantidad de municipios, Texcoco, Chiconcuac, Chiautla, Acolman, Tezoyuca, Atenco y Papalotla. Es el cuadrante con mayor cantidad de uso del suelo agrícola, todas las localidades tienen grandes porciones de este uso, solo interrumpido por algunas escuelas, industrias, centros de salud (anexo, imagen B4), oficinas gubernamentales o asentamientos aislados, las vías de comunicación cerca de los terrenos agrícolas son accesibles pero de terracería.

La zona de equipamiento referente a los templos y las delegaciones de cada colonia es donde se concentra el suelo habitacional compacto y semi compacto con condición media y con todos los servicios, vialidades accesibles pero pocas son pavimentadas, en la mayoría del cuadrante las vialidades son empedradas. A lo largo de las vialidades en esta zona se encuentra el comercio de abasto o conveniencia, hay muy pocas tiendas departamentales; únicamente en el municipio de Chiconcuac el uso del suelo comercial es predominante, por la cantidad de mercados, plazas y calles destinadas al comercio de ropa (anexo, imagen B2).

En este cuadrante B el único centro urbano es Texcoco de Mora, uno de los más grandes en extensión de toda la subcuenca; existen muy pocas unidades habitacionales, solo se localizan en el municipio de Acolman y en Texcoco; la de Acolman es de interés social de reciente creación y de grandes extensiones, donde las condiciones de la vivienda van de medio a alto (anexo, imagen B1), compactas y con todos los servicios establecidos. Contrariamente a estas unidades habitacionales se observan asentamientos de nueva creación como la colonia Wenseslao Victoria Soto y Lázaro Cárdenas donde la condición de vivienda es medio y bajo (anexo, imagen B3), las viviendas son de tabique pero con techo de lámina y ninguna de sus vialidades está pavimentada, por ello tampoco se ve transporte público y tampoco cuentan con servicios formales.

También cuenta con vías de comunicación importantes como la carretera México- Lechería y la autopista Peñón-Texcoco, carreteras que comunican estos municipios con la Ciudad de México, por ellos mismo el transporte es abundante y de todo tipo, predominan los combis y en menor medida los bici taxis para movilidad local ( anexo).

## Cuadrante C

Este cuadrante se localiza al suroeste de la subcuenca abarca todo el municipio de Nezahualcóyotl y porciones de La Paz y Chimalhuacán y las delegaciones de Iztapalapa, Iztacalco y Venustiano Carranza, existen distintas unidades habitacionales de considerable tamaño, localizadas en mayor medida en la porción de la Ciudad de México. En este cuadrante de igual manera que el cuadrante A tienen de uso del suelo predominante el uso habitacional que solo se ve interrumpido por uso de suelo de equipamiento que en este cuadrante es también importante porque se localiza el Aeropuerto de la Ciudad de México, el Parque Zoológico del Pueblo, el Zoológico de Aragón, la Alameda Oriente, la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, además de campos deportivos, hospitales y edificios gubernamentales de cada municipio y/o delegación (anexo, imagen C1).

En cuanto al uso del suelo habitacional de casas solas en la Ciudad de México es nivel medio a alto, compacto (anexo, imagen C2), con todos los servicios y vialidades pavimentadas y accesibles con basto transporte, principalmente la Calzada Zaragoza, ya que en este cuadrante además de encontrar combis y autobuses tanto de la Ciudad de México como del Estado de México se puede observar tanto el Sistema Colectivo Metro línea A (anexo, imagen C4) y la línea 4 del Metrobus. Hay comercio tanto en las orillas de la Calzada Zaragoza como en las vialidades principales, existen bastantes plazas comerciales, centros de abasto y tiendas departamentales dispersas en la Ciudad de México (anexo, imagen C3).

En lo que respecta al Estado de México en los municipios de Nezahualcóyotl, La Paz y Chimalhuacán el comercio y el transporte es similar; el primero se localiza en las vialidades principales o en las plazas, al norte del municipio de Nezahualcóyotl esta una de las plazas comerciales más grandes en cuanto a extensión de toda la subcuenca, y el transporte es abundante, en su mayoría son combis, aunque también se encuentra Sistema Colectivo Metro línea B de la estación Oceanía a la estación Flores Magón, la línea 5 de la terminal Pantitlán a la estación Consulado, la línea 1 de la terminal Pantitlán a la estación Gómez Farías y la línea A de la terminal Pantitlán a la estación Santa Marta; el Metrobus línea 2 de la terminal Tepalcates a la estación Canal de San Juan y el Mexibus línea 3 de la terminal Pantitlán a la estación Las torres.

Lo que varía en estos municipios es el uso del suelo habitacional, las unidades habitacionales son escasas y pequeñas, las casas solas en su mayoría son de condición media, muy compacto, de ladrillo y con servicios, también existen asentamientos aislados de nivel bajo, tanto en el tiradero Bordo Xochiaca donde la accesibilidad y los servicios son nulos, así como en las comunidades cercanas a este tiradero, donde las vialidades son más accesibles, pero aún hay varias calles sin pavimentar. Las viviendas son de ladrillo con techo de lámina o de lámina en su totalidad.

De igual manera en este cuadrante se ubican los cuatro tipos de industrias en cada una de las delegaciones y municipios que conforman el cuadrante (Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa y Nezahualcóyotl) si bien la mayor densidad de éstas se encuentra fuera de la zona de estudio, aun se pueden observar algunas industrias aisladas dentro de la subcuenca.

#### Cuadrante D

Se localiza al sureste de la subcuenca conformado por 4 municipios del Estado de México: Texcoco, La Paz, Chimalhuacán y Chicoloapan, donde el uso del suelo agrícola es el que predomina, seguido por el de equipamiento (anexo, imagen D1 y 4), ya que en este cuadrante se ubican la Universidad Autónoma de Estado de México, la Universidad Autónoma de Chapingo, el Colegio de Postgraduados, el INAMEX de Cervecería y Malta S. A. de C. V. y los campos experimentales de dichos centros de investigación. Sigue el uso industrial que se desarrolla principalmente en Texcoco, en La Paz y en grandes proporciones en el municipio de Chicoloapan.

En este cuadrante solo existe una unidad habitacional de interés social, en el municipio de Chicoloapan llamada Hacienda Piedras Negras de la inmobiliaria Geo, cuenta con todos los servicios las viviendas son compactas y su condición es de media a alta, los demás asentamientos se localizan principalmente en Chimalhuacán, y algunos en localidades de Texcoco; estos últimos cumplen con el mismo patrón ya mencionados mientras más cerca se ubican de la zona de equipamiento, en estos casos la condición de la vivienda es más alto, aunque predomina la condición media es principalmente media.

También hay zonas con condición de vivienda baja (anexo, imagen D3), cuentan con servicios y vialidades accesibles y pavimentadas, sin embargo mientras más se alejan comienzan a ser viviendas de nivel bajo con techos de lámina infraestructura de luz, agua y drenaje más precaria. Aquí se observaron carros tanque distribuidores de agua (pipas) y canales que cumplen con funciones de drenaje a la orilla de las vialidades que son de terracería. Hay dos comunidades donde las viviendas son de nivel bajo en su mayoría, zonas de nueva creación donde algunos de los servicios apenas están siendo instalados, los postes para instalaciones eléctricas son de madera, de distintos tamaños, con cables en desorden, y no se observa ningún tipo de infraestructura de agua o drenaje; las calles son de terracería y las viviendas por lo general son dispersas construidas con tabique pero techo de lámina.

En este cuadrante destaca el municipio de Chimalhuacán porque en su territorio se concentra el uso habitacional, las viviendas tienen una condición media, con paredes de tabique y muy compacto con todos los servicios, con vías de comunicación pavimentadas, accesibles y muy transitadas donde se ubica el comercio. En terrenos más cercanos a la zona federal del Lago de Texcoco las viviendas son de condición baja aunque con servicios, pero los asentamientos aislados que están cerca o dentro del tiradero Bordo Xochiaca son precarios, con paredes y techos de lámina, semicompactos y acaso cuentan con luz, con vialidades muy poco accesibles y no pavimentadas.

El comercio además de estar localizado en las vialidades principales se observa en tiendas departamentales tanto aisladas como en plazas comerciales de distintos tamaños, ocupando también porcentaje el uso del suelo comercial (anexo, imagen D2). La industria se observa en este cuadrante, principalmente la industria química y la industria de papel, también existen algunas de otro tipo pero localizadas en la periferia de la subcuenca

La principal vía de comunicación en este cuadrante es la carretera México- Texcoco, una porción de la calzada Zaragoza, la carretera que permite el acceso a Chimalhuacán y el Circuito Exterior Mexiquense por lo que también cuenta con abundante transporte de todo tipo, predomina las combis pero existen camiones, bici y mototaxis y algunos autobuses foráneos que utilizan estas vías, casi todos con destino a la Ciudad de México.



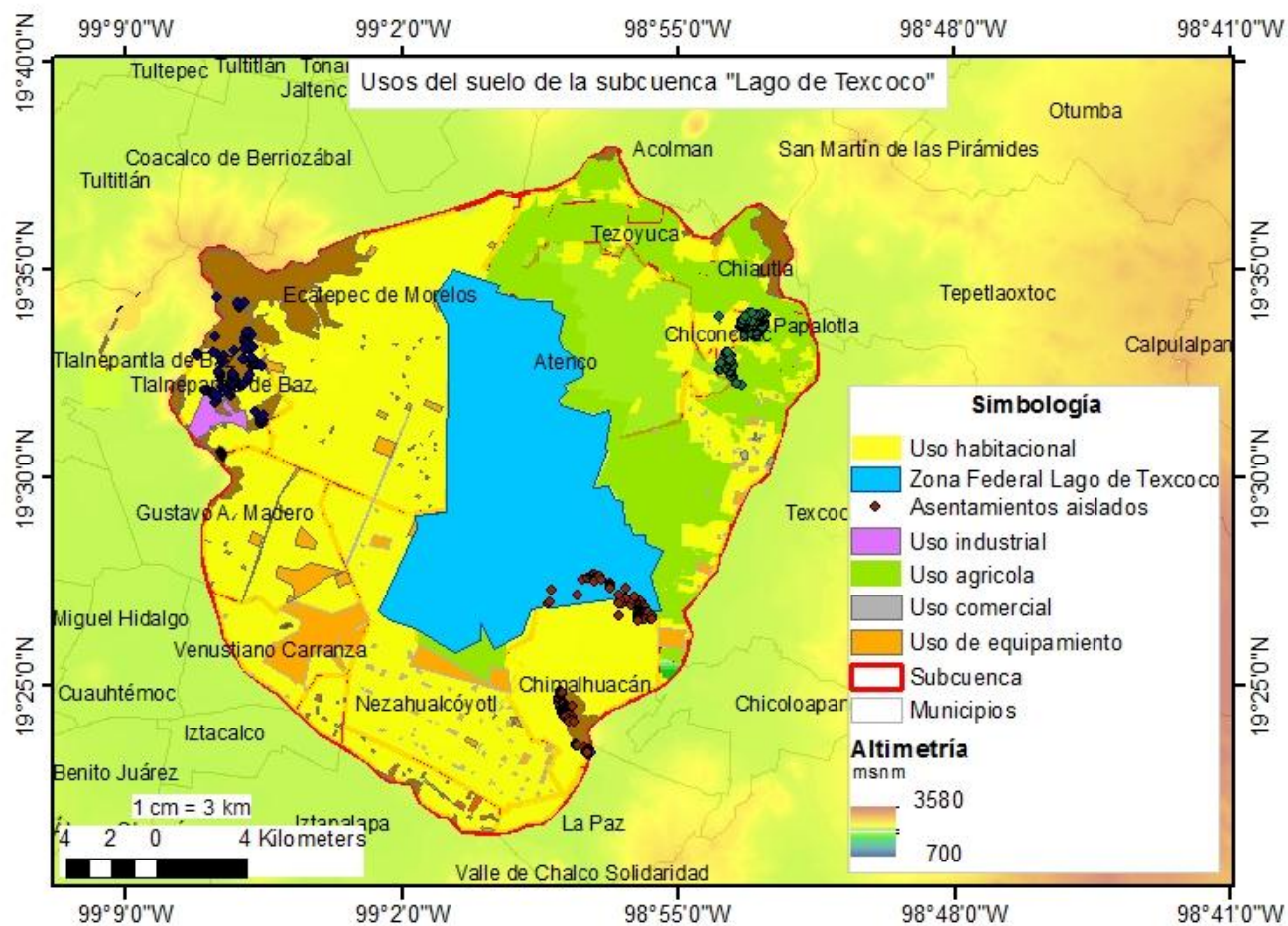


Figura 3. 6. Mapa de uso del suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaboró la autora con información de INEGI a, c y de trabajo en campo.

Con la información obtenida por cuadrantes se plasmó en un mapa el uso del suelo integrado en la subcuenca, en el que se puede observar que el uso de suelo habitacional predomina en casi el 60 % del total del área, su distribución es en casi todo el territorio, principalmente el sur y el oeste. En la porción noreste el uso de suelo dedicado a cultivos es el que predomina, únicamente en esta zona, aunque por la fecha de la visita a campo muchas de estas áreas no tenían cultivo; el uso agrícola no supera el 20 % del total del territorio en estudio, (figura 3.6).

La Zona Federal del Lago de Texcoco se encuentra en porcentaje muy cercana al área agrícola solo que en esta zona se encuentran algunas zonas de equipamiento poco apreciables como las plantas tratadoras de agua, el relleno sanitario, oficinas de CONAGUA e infraestructura vial.

La zona de montaña, y los usos de equipamiento, comercio e industrial apenas se acercan al 10 % de la subcuenca; la zona de montaña se localiza en la periferia, en los municipios de Tlalnepantla, La Paz, y en la delegación Gustavo A. Madero, donde también se localiza la mayor densidad de industria, aunque en el resto de los

municipios también hay bastantes industrias pero se encuentran más aisladas. En cuanto al comercio y equipamiento este se localiza en toda la subcuenca aunque es más abundante en las zonas donde la cantidad de población es mayor, estas áreas son de menor tamaño por eso no se aprecian tan claramente en el mapa, así como tampoco abarcan grandes extensiones de superficie. Las zonas que sí se pueden apreciar de equipamiento son los centros deportivos y el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

### 3.4 Problemática

Para analizar la problemática se analizaron los peligros que afectan el territorio de estudio, mencionando su definición, su clasificación y su zona de influencia dentro de la subcuenca; identificados estos puntos de conflicto se analizaron los problemas que suele desencadenar así como otros factores sociales que incrementan la problemática de dichos peligros.

Peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de origen natural o generado por la acción humana, de intensidad variable, que puede manifestarse en un periodo de tiempo y área determinados, con potenciales consecuencias destructoras, (Cardona, 1988), también se entiende como suceso que es capaz de causar graves pérdidas donde se produzca y donde es necesaria la presencia del ser humano que determinará y valorará la existencia o no de la amenaza (ONU, 2005).

Para clasificar los peligros se tomó en cuenta la clasificación del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) a través del *Atlas de riesgos* donde se integra información sobre fenómenos perturbadores a los que está expuesta una comunidad y su entorno y los clasifica en 5 grupos:

Geológicos

Hidrometeorológicos

Químico- Tecnológicos

Sanitarios- Ecológicos

Socio-Organizativos

La Gaceta Oficial del Distrito Federal en los Programas Delegacionales de Desarrollo Urbano para las delegaciones Venustiano Carranza, Gustavo A. Madero, Iztacalco e Iztapalapa y el Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México (PEDU) señalan estos fenómenos, divididos en naturales y antrópicos, si bien estas dependencias los clasifican como riesgos, para este trabajo se tomaran como peligros debido a que no se cuantifica el grado de pérdidas ante la ocurrencia de dichos fenómenos (tabla 3.3)

En lo referente al Estado de México la conjugación de factores como el alto ritmo de crecimiento y el poblamiento de zonas cuyas características presentan peligros sísmicos, de inundación, deslave o hundimiento y consecuentemente de los asentamientos humanos. Esta situación se agudiza en los municipios del Valle de Cuautitlán- Texcoco, cuyo crecimiento urbano se ha dado, en una considerable proporción, sobre terrenos

lacustres, de pendiente accidentada, o en barrancas y zonas minadas, donde se han presentado desastres, (SEDUV, 2008).

#### Peligros de origen natural.

En las Zonas Metropolitanas de Valle de México y de Toluca principalmente, se presentan problemas de inundación. En el caso de la primera también se presenta insuficiencia de la infraestructura de saneamiento, el azolve de las redes y el arrastre de residuos sólidos. Entre los municipios afectados por este problema se encuentran casi todos los municipios de la subcuenca, solo exentando a Tlalnepantla, Papalotla y Chicoloapan.

La parte montañosa de la Zona Metropolitana de Valle de México enfrenta problemas por el deslizamiento de laderas, sobre todo en Naucalpan, Atizapán, así como la Sierra de Guadalupe. En estas áreas, fenómenos como las intensas lluvias y los movimientos sísmicos, sumados a la erosión agravan la vulnerabilidad de los asentamientos, los municipios de la subcuenca afectados por estos problemas son Tlalnepantla y Ecatepec.

En todo el Estado de México se registran movimientos sísmicos de magnitudes menores a 4.9 grados Richter. El área de mayor sismicidad se encuentra en el Valle Cuautitlán- Texcoco.

El volcán Popocatepetl cuya actividad genera emisiones de gases y partículas a la atmosfera así como los movimientos sísmicos, mantiene en alerta a comunidades tanto del Estado de México, Puebla y Morelos. La zona que podría ser afectada, con distintos grados de riesgo, no comprende ninguno de los municipios de la subcuenca, pero si algunos municipios cercanos como: Chalco Temamatla, Tenango del Aire y Tlalmamalco.

Otros factores de peligro lo constituyen las fallas geológicas existentes en las partes medias de la Sierra Nevada y Sierra de las Cruces, en la subcuenca se encuentran en el noroeste, en el municipio de Ecatepec; y la zona de las minas, las abandonadas en los municipios de Atizapán, Naucalpan, Huixquilucan y Nicolás Romero, y las que aún se encuentran en funcionamiento en los municipios de La Paz, Chicoloapan o en los límites de Texcoco con Tepetlaoxtoc

#### Peligros de origen antrópico

En cuanto a los peligros determinados por la realización de actividades de tipo industrial y urbano, la expansión metropolitana en forma irregular o bajo esquemas de planeación carente de visión a largo plazo, ha implicado en diversos casos que las zonas industriales ubicadas originalmente en la periferia, se encuentran inmersas dentro de la mancha urbana, en colindancia con zonas habitacionales.

En 69 municipios de la entidad se ubica, por lo menos, una industria considerada riesgosa, por el tipo de materias primas, procesos y descargas o emisiones al ambiente; los principales municipios que presentan estos riesgos dentro de la subcuenca son: Ecatepec, Tlalnepantla,

Por lo que respecta a otros peligros causados por el hombre, estos se encuentran representados por las líneas de alta tensión, canales, depósitos de materiales explosivos, líneas de conducción de gas y petróleo, vialidades muy transitadas, vías férreas, así como otros elementos que son requeridos para el funcionamiento de actividades productivas y urbanas. Como ejemplo específico se observa una concentración de infraestructura de conducción de petróleo y gas en la zona oriente del Estado de México, principalmente en el municipio de Ecatepec.

En lo concerniente a la Ciudad de México los principales peligros son químicos, sanitarios y socio-organizativo. Los químicos están determinados por la acción violenta de diferentes sustancias tóxicas y peligrosas. En el caso de la industria química se pueden ver afectadas por el riesgo de incendio y explosión, principalmente, Iztapalapa y Gustavo A. Madero.

Los peligros sanitarios están determinados por condiciones insalubres como la contaminación del agua, el aire y del suelo. Los socio-organizativos están determinados por las actividades con altas concentraciones humanas, así como por las fallas de sistemas, como accidentes aéreos y terrestres, disturbios sociales y el traslado masivo de la población. (SEDUVI, 2003).

Para la subcuenca se observa que el conflicto principal radica en los peligros hidrometeorológicos y sanitarios, los primeros son las zonas inundables en todos los municipios, cerca de la zona federal Lago de Texcoco que en temporada de lluvias dificulta la infiltración debido en gran medida por tratarse de un suelo salino o también por una mala infraestructura en drenaje lo que provoca que existan estas zonas en toda la subcuenca.

Seguido por los problemas sanitarios, como son los canales de aguas negras localizado en la mayoría de los municipios, lo que antes eran ríos se han convertidos en el desahogo de aguas negras muchos a cielo abierto; en segundo lugar el relleno sanitario, tiradero o basurero a cielo abierto es de los principales peligros principalmente en los cuadrantes B y D, el de mayor tamaño se ubica en los límites de dos tipos de suelo, donde las condiciones de éstos favorecen a una contaminación hídrica y del suelo, en el Solonchak debido a que la mayor parte del año se encuentra inundado y aunado a los procesos de lixiviación de la basura contamina todo el terreno y el Phaeozem donde debido a su permeabilidad estos contaminantes se filtran fácilmente, contaminando los acuíferos.

Los peligros geológicos que se presentan en la subcuenca son, las fracturas al oeste de la subcuenca, además de los deslaves y pendientes mayores a 25° localizados en las zonas altas, cuadrante A y en menor medida en el B y D. Los peligros químicos radican en el transporte de materiales peligrosos, ya que toda la subcuenca tiene bastantes vías de comunicación que comunican a la Ciudad de México, a las zonas industriales de la periferia hacia otros estados de la República Mexicana.

Los peligros de infraestructura son básicamente ductos petroleros o de gas que abundan en toda la subcuenca son ductos que transportan estos combustibles provenientes de otros estados al centro del país, al tener grandes terrenos sin población la construcción de estos fue posible.

**Tabla 3. 3.** Clasificación de los Peligros por tipo y localización en los municipios de la subcuenca “Lago de Texcoco”

| Municipio    | Geológico   | Hidrometeorológico | Sanitario   | Químico   | Sociorganizativo               |
|--------------|---|--------------------|---|---|--------------------------------|
| Acolman      | Fractura<br>Zona de deslaves  | Zona inundable     | Basureros a cielo abierto<br>Descargas sanitarias a canales a cielo abierto | Transporte de sustancias peligrosas<br>Industria química<br>Otras industrias <sup>2</sup> | Ducto de Pemex<br>Ducto de gas |
| Atenco       |   | Zona inundable     | Canal de aguas negras a cielo abierto                                       |   |                                |
| Chiautla     | Zona de deslaves  | Zona inundable     | Canal de aguas negras a cielo abierto                                       |   |                                |
| Chicoloapan  | Falla<br>Pendiente mayores a 25 %<br>Zona de deslaves<br>Suelos inestables      | Zona inundable     | Canal de aguas negras a cielo abierto<br>Tiradero a cielo abierto           | Industria química<br>Polvorines<br>Entierro de residuos sólidos<br>Otras industrias       |                                |
| Chiconcuac   |   | Zona inundable     | Canal de aguas negras a cielo abierto<br>Basurero                           | Otras industrias<br>Transporte de productos peligrosos                                    | Estadio                        |
| Chimalhuacán | Pendiente mayores a 25 %<br>Barrancas<br>Suelo compresible con contenido sódico | Zona inundable     | Canal de aguas negras a cielo abierto<br>Basurero a cielo abierto           | Industria química<br>Otras industrias   | Poliducto                      |

<sup>2</sup> Otras industrias incluye la industria alimentaria, manufacturera, la que trabaja con madera, con carbón o petróleo, la que genera plásticos, hules, metales, accesorios eléctricos, muebles o equipamiento para el transporte. (Rodríguez, 2014)

|                   |   |  |   |  |                                  |
|-------------------|---|--|---|--|----------------------------------|
|                   | Minas de materiales a cielo abierto                                 |  |   |  |                                  |
| Ecatepec          | Fractura<br>Pendiente mayor a 25 %<br>Barrancas<br>Zona de deslaves | Zona inundable   | Canal de aguas negras a cielo abierto<br>Basurero | Ruta de Transporte de productos peligrosos<br>Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias  | Gasolineras<br>Gaseras<br>Ductos |
| Gustavo A. Madero | Zona geotectónica<br>Fracturas<br>Hundimiento del suelo             | Zona inundable<br>Lluvias intensas<br>Granizadas<br>Tolvaneras | Alto número de predios irregulares                | Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias  | Ductos<br>Gasolineras<br>Gaseras |
| Iztacalco         |   | Zona inundable   |   | Terminal de almacenamiento recibo y distribución de PEMEX<br>Transporte de productos peligrosos<br>Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias | Gasolineras<br>Gaseras           |

|                |  |   |  |   |   |
|----------------|--|---|--|---|---|
| Iztapalapa     | Suelos blandos altamente deformables<br>Fractura<br>Agrietamiento y hundimiento de suelo | Zona inundable<br>Granizadas<br>Lluvias torrenciales<br>Desbordamiento de canales | Tiraderos a cielo abierto<br>Canales de aguas negras a cielo abierto   | Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias   |   |
| La Paz         | Fractura<br>Zona de deslaves<br>Barrancas<br>Banco de materiales                         | Zona inundable  | Relleno sanitario<br>Tiradero<br>Canal de aguas negras a cielo abierto | Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias<br>Transporte de materiales y residuos peligrosos | Estaciones del metro<br>Gasolineras<br>Subestaciones eléctricas   |
| Nezahualcóyotl | Fractura   | Zona inundable  | Relleno sanitario<br>Canal de aguas negras a cielo abierto             | Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias<br>Ruta de Transporte de productos peligrosos     | Gasolinera<br>Estadio deportivo<br>Estación del metro<br>Redes eléctricas de alta tensión<br>Vías férreas<br>Subestaciones eléctricas |



|                     |  |   |  |   |  |
|---------------------|--|---|--|---|--|
| Papalotla           |  | Desbordamiento de río<br>Zona de inundación en temporal<br>Zona inundable |  |   | Ductos de Pemex<br>Línea de alta tensión |
| Texcoco             | Falla<br>Fractura                            | Zona inundable  |  | Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias   | Gasolineras<br>Subestaciones eléctricas  |
| Tezoyuca            |  |   |  | Industria fabricante de papel<br>Otras industrias   |  |
| Tlalnepantla        | Pendiente mayo al 25 %<br>Zona de materiales | Zona inundable  | Relleno Sanitario<br>Canal de aguas negras a cielo abierto<br>Riesgo sanitario | Industria química<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias                                  |  |
| Venustiano Carranza | Fractura<br>Hundimientos                     | Zona inundable  | Contaminación del drenaje<br>Tiraderos clandestino                             | Industria química<br>Industria fabricante de papel<br>Industria fabricante de productos de minerales no metálicos<br>Otras industrias | Ductos<br>Estaciones del metro           |

Elaborado por la autora con información del Planes de Desarrollo Urbano de los municipios

De acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Urbano la problemática de la subcuenca es amplia, la mayoría va de la mano con los problemas provenientes de los tiraderos al aire libre, los canales de aguas negras, asentamientos irregulares que conllevan a la falta de servicios.

Para determinar el área de influencia de los problemas tanto naturales como sociales se hizo la matriz de análisis de conflicto para ambas problemáticas donde se crearon rangos que van desde el cero hasta el 5 considerando que cero representa una afectación nula a ese tipo de suelo, 1 y 2 tienen una influencia menor, 3 y 4 significa que cada uno de estos fenómenos ejerce una influencia considerable en los usos del suelo y el 5 es el de mayor afectación en los usos del suelo de la subcuenca.

En cuanto a la problemática física, se delimitó el nivel de afectación con base a los problemas observados en campo y la información del PDUM, donde se determinó que los mayores peligros de la subcuenca eran: hundimientos, deslaves, escurrimientos y erosión; debido a que son fenómenos que se presentan en la mayoría de los municipios y debido a que son los que pueden ocasionar más problemas sociales (tabla 3. 4).

**Tabla 3. 4.** Matriz de análisis de conflicto de la problemática física.

| Uso del suelo | Hundimientos | Deslaves | Escurrimientos | Erosión | Suma |
|---------------|--------------|----------|----------------|---------|------|
| Equipamiento  | 4            | 4        | 2              | 1       | 11   |
| Habitacional  | 5            | 4        | 3              | 1       | 13   |
| Industria     | 4            | 3        | 2              | 1       | 10   |
| Comercio      | 4            | 3        | 3              | 1       | 11   |
| Agrícola      | 2            | 1        | 4              | 3       | 10   |
| Montaña       | 1            | 5        | 3              | 4       | 13   |
| Lago          | 0            | 0        | 4              | 3       | 7    |
| Suma          | 20           | 20       | 21             | 14      |      |

Elaboró la autora

Los usos del suelo más afectados por la problemática física, son el uso de suelo habitacional y la zona de montaña con una suma total de 13 puntos cada uno y los fenómenos con más afectaciones son hundimientos y deslaves con una suma de 20.

En lo referente al uso de suelo habitacional este se ve afectado principalmente por los hundimientos en los municipios como Nezahualcóyotl, Ecatepec y las delegaciones de la Ciudad de México, debido a las

construcciones en suelos originales comprimibles como el Vertisol que no toleran asentamientos, así también los deslaves y escurrimientos tienen afectaciones en este uso del suelo por el mismo motivo, asentamientos en zonas de montaña donde el suelo no es apto para construcciones y en temporadas de lluvias tiene afectaciones de deslaves y escurrimientos naturales; en cuanto a la erosión este tipo de perturbación solo ocasiona problemas de polvaredas en algunas zonas habitadas en los municipios de Texcoco, Nezahualcóyotl, Atenco, Chimalhuacán y Ecatepec principalmente,.

La zona de montaña tiene grandes afectaciones en cuanto a escurrimientos, deslaves y erosión; estos fenómenos están estrechamente ligados ya que debido a los escurrimientos naturales se puede generar erosión hídrica y estos suelos al no tener cobertura vegetal son más propensos a un desgaste en las topografías, llegando a ocasionar deslaves en ciertas temporadas del año. Esta problemática se localiza en donde existen zonas de montaña, en los municipios de Chimalhuacán, Papalotla, Tlalnepantla, la delegación Gustavo A. Madero y porciones de Acolman, La Paz y Chiautla.

En cuanto a los usos de suelo como equipamiento, industrial y comercial estos tienen afectaciones físicas similares a las del uso del suelo habitacional, ya que son usos creados por el hombre que se ven afectados por procesos de hundimientos principalmente, debido al tipo de suelo que caracteriza los municipios aledaños al área donde se localizaba el Lago de Texcoco, en los municipios de Texcoco, Nezahualcóyotl, Atenco, Chimalhuacán y Ecatepec.

Por lo contrario el área agrícola y la zona del lago son las que sufren menos afectaciones físicas, ya que son los usos del suelo con menores modificaciones antrópicas; en cuanto a la Zona Federal se ve más afectado por los procesos de erosión y por pérdida de suelo debido al tipo de suelo original y a la falta de cobertura vegetal.

Las áreas agrícolas al estar alejadas de la montaña no tienen conflictos de deslaves y al tener cultivos tampoco se ven afectados por los procesos de erosión, ya que los cultivos retienen el suelo, aunque no están exentos de procesos de degradación del suelo debido a mal manejo de cultivos o a procesos de contaminación hídrica debido a los fertilizantes o plaguicidas usados. Los procesos de escurrimiento generan beneficios a los cultivos, solo se ven afectados en caso de que estos escurrimientos sean abundantes, esta zona se ubica al Noreste de la subcuenca, la cual corresponde a los municipios de Texcoco, Atenco, Acolman, Tezoyuca, Chiconcuac, Chiautla, de Papalotla y Chicoloapan.

En cuanto a la problemática social-construida, que se entiende como los problemas donde el factor natural aunado a la acción humana generan conflicto, se hizo la recopilación de todos los peligros que los municipios y delegaciones presentan en sus Programas de Desarrollo Urbano y se delimitó los que predominan en la mayoría de los municipios, estos se simplifican en:

\*Asentamientos irregulares

\*Consolidación industrial

\*Terrenos baldíos

\*Cruces viales conflictivos

\*Riesgo por transporte de material peligroso

\*Gasolineras

\*Asentamientos sin servicios

\*Invasión de derecho de vía

\*Ductos de Pemex

\*Conurbación de población

\*Contaminación hídrica

\*Centralización de los servicios

\*Colonias de alto riesgo (inseguridad)

\*Asentamientos en zona de inundación

\*Relleno sanitario

De igual manera para cuantificar los niveles de afectación de estos problemas a se crearon rangos del cero al 5 considerando el cero como el nivel de afectación nula en cada uso del suelo y 5 como el de mayor afectación en los usos del suelo de la subcuenca (tabla 3.5).

**Tabla 3. 5.** Matriz de análisis de conflictos de la problemática social-construida en la subcuenca “Lago de Texcoco”

| Uso del suelo       | Ductos de Pemex | Consolidación industrial | Conurbación de población | Terrenos baldíos | Asentamientos irregulares | Cruces viales conflictivos por tráfico | Centralización de los servicios | Colonias de alto riesgo (inseguridad) | Gasolineras | Riesgo por transporte de material peligroso | Relleno sanitario | Asentamientos en zona de inundación | Asentamientos sin servicios | Invasión de derecho de vía | Contaminación hídrica | SUMA |
|---------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------------|-------------|---|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|------|
| <b>Equipamiento</b> | 3               | 2                        | 4                        | 4                | 3                         | 3                                      | 2                               | 4                                     | 5           | 3   | 3                 | 5                                   | 3                           | 1                          | 4                     | 49   |
| <b>Comercio</b>     | 3               | 3                        | 4                        | 4                | 3                         | 3                                      | 1                               | 4                                     | 5           | 4   | 3                 | 5                                   | 3                           | 2                          | 4                     | 51   |
| <b>Industria</b>    | 4               | 0                        | 3                        | 2                | 3                         | 4                                      | 1                               | 2                                     | 4           | 4   | 4                 | 5                                   | 2                           | 1                          | 4                     | 43   |
| <b>Habitacional</b> | 4               | 4                        | 5                        | 4                | 4                         | 5                                      | 3                               | 5                                     | 5           | 5   | 5                 | 5                                   | 5                           | 3                          | 5                     | 67   |
| <b>Agrícola</b>     | 5               | 4                        | 4                        | 1                | 5                         | 2                                      | 3                               | 1                                     | 4           | 3   | 3                 | 4                                   | 3                           | 4                          | 4                     | 50   |
| <b>Montaña</b>      | 3               | 4                        | 4                        | 1                | 5                         | 1                                      | 1                               | 1                                     | 3           | 2   | 2                 | 1                                   | 1                           | 3                          | 3                     | 35   |
| <b>Suma</b>         | 22              | 17                       | 24                       | 16               | 23                        | 18                                     | 11                              | 17                                    | 26          | 21  | 20                | 25                                  | 17                          | 14                         | 24                    |      |

Elaboró la autora.

La problemática social-construida tiene más afectaciones en comparación con la problemática física ya que los peligros que la conforman tienen presencia en toda la zona de estudio, afectando principalmente al uso del suelo predominante, el uso del suelo habitacional, tiene rangos de 3 a 5 en todos los indicadores de esta problemática. El peligro que menos afectaciones presenta en el uso de suelo habitacional es la centralización de servicios al contrario de la conurbación por la población, las colonias inseguras, las gasolineras, cruces viales conflictivos, riesgo de transporte de materiales peligrosos, relleno sanitario y asentamientos en zona de inundación o sin servicios que son los peligros que afectan más a este uso del suelo

Estas problemáticas van de la mano con el crecimiento poblacional y los servicios que la urbanización trae consigo, las afectaciones que se presentan en el uso del suelo habitacional se localizan en los municipios donde el uso de suelo habitacional es superior a los demás, en la zona poniente y sur de la subcuenca, en los municipios de Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y Ecatepec y en las 4 delegaciones de la Ciudad de México.

Le sigue la zona agrícola en cuestión de afectaciones ya que las problemáticas como asentamientos irregulares, ductos de PEMEX tiene influencia en este tipo de uso, debido a que se ha perdido mucho territorio agrícola por estos asentamientos y por la infraestructura que ahí se localiza, estas zonas se concentran al este de la subcuenca en los municipios de Texcoco, Atenco, Acolman, Tezoyuca, Chiconcuac, Chiautla, Papalotla y Chicoloapan

El uso del suelo de equipamiento y de comercio tiene afectaciones similares al uso del suelo habitacional, debido principalmente a los peligros de gasolineras o de asentamientos en áreas de inundables. En cuanto al uso del suelo industrial se ve afectado en su mayoría por las inundaciones y problemas de tránsito, aunque este uso del suelo se localiza en toda la subcuenca tiene mayor concentración en la zona de la Ciudad de México.

La zona de montaña es la menos afectada por los diversos peligros debido a que su superficie es la menor en toda la subcuenca y porque solo se ve afectado por la problemática de los asentamientos irregulares o crecimiento desordenado que van haciendo que este uso del suelo se vaya perdiendo; esta zona se localiza en la periferia de la subcuenca, en los municipios de Tlalnepantla, Chimalhuacán, Chiautla, Ecatepec y principalmente en la delegación Gustavo A. Madero.

Los indicadores de problemática se observan en toda el área de la subcuenca, a excepción de la consolidación industrial, asentamientos sin servicios y las colonias de alto riesgo (inseguridad) que están ubicados en zonas concretas al norte y oriente de la subcuenca respectivamente.

## RESULTADOS

### Condiciones físicas

Si bien el deterioro del medio en la subcuenca “Lago de Texcoco” es propiciado por el conjunto de los fenómenos naturales y los sociales; los primeros tienen gran influencia como factores de peligro, principalmente el clima y la edafología. El primero de estos puede acrecentar problemas en las vías de comunicación, ya que al contener variables que propician la neblina, tienen una cantidad considerable de días nublados, ocasionando dificultades tanto para el transporte terrestre como aéreo.

Se obtuvo como resultado que las estaciones meteorológicas ubicadas en el clima templado subhúmedo tuvieron, a lo largo del periodo de funcionalidad de cada una, más días nublados que en las estaciones en el clima semiárido templado (véase figura 3.7), considerando de igual manera que ambos climas tienen porciones similares de superficie, el riesgo de presentar días nublados se concentra en la mitad del territorio de la zona de estudio (véase figura 3.8)

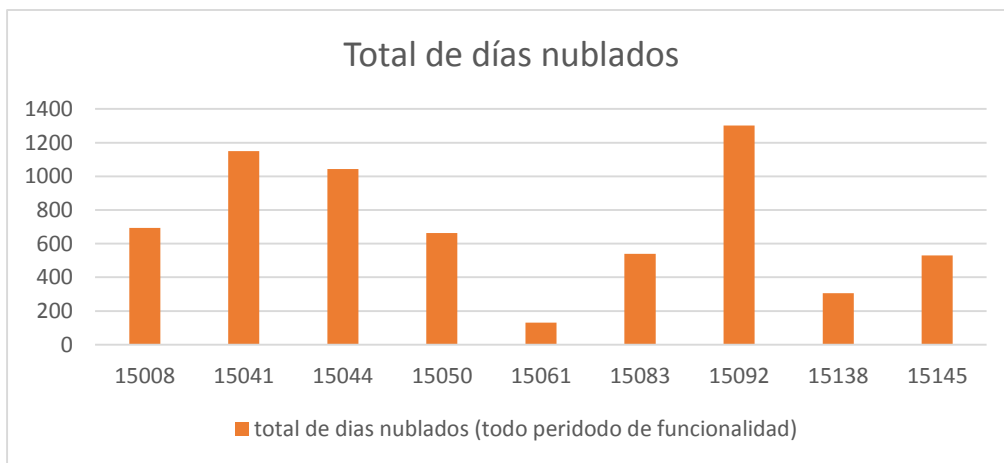


Figura 3. 7. Días nublados en las estaciones dentro de la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de CLICOM

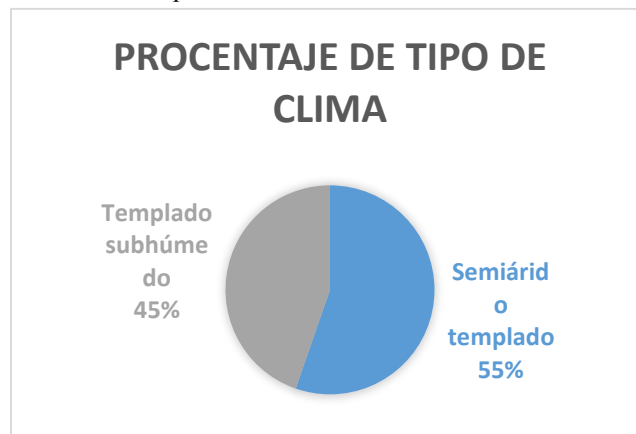


Figura 3. 8 Porcentaje década uno de los tipos de climas en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de CLICOM



En cuanto a la edafología se obtuvo como resultado que el suelo predominante en la subcuenca es propicio a varios problemas relacionados con la inundación y la erosión, además no es apto para asentamientos ni para agricultura, este es el Solonchak que se encuentra en más de la mitad de la superficie total de la subcuenca (figura 3.9), además del alto porcentaje de los otros dos suelos que aunque varían sus características ambos tienden a ser erosionados por la acción del viento o del agua. Además el Vertisol al ser un suelo comprimible no es apto para construcción de infraestructura y los Phaeozem son más susceptibles a la contaminación hídrica.

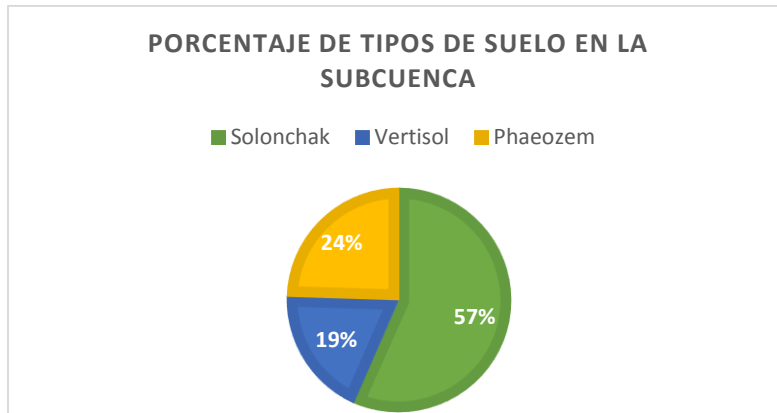


Figura 3. 9 Porcentaje de cada uno de los tipos de suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de CLICOM

En lo referente a la vegetación, el principal problema que se presenta fue la carencia de bosques, ya que estos tienen grandes beneficios como la producción de madera, captación y filtración del agua, regulación del clima, proveen de materias primas, de agua o de alimentos, retienen el suelo, generan oxígeno y asimilan contaminantes. En contraste, el tipo de vegetación más abundante se refiere a la agricultura principalmente de riego pero también se encuentra la de temporal y el pastizal cultivado, que si bien tiene sus beneficios también se genera contaminación del suelo y del agua, y en cierta medida también se degrada el suelo, (figura 3.10)

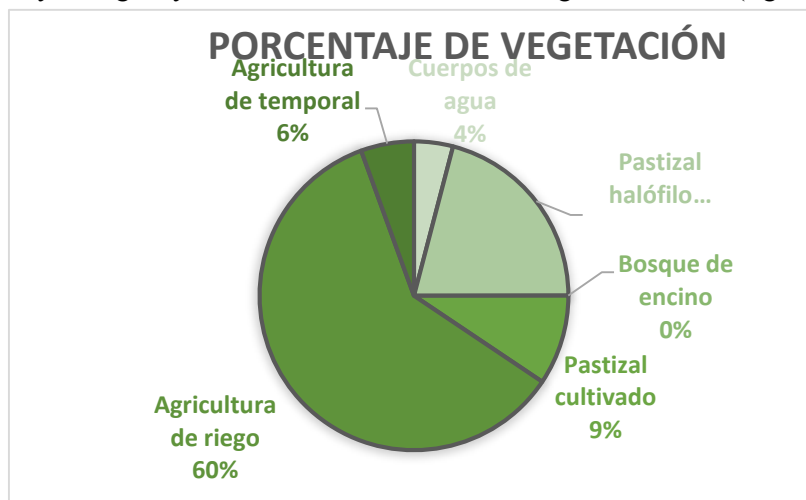


Figura 3. 10. Porcentaje de cada uno de los tipos de vegetación en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaboró la autora con información de CONAGUA

### Condiciones sociales

Las principales alteraciones en la subcuenca “Lago de Texcoco” que se obtuvieron como resultados son originados por los asentamientos humanos y el crecimiento poblacional de la zona, por 4, 638,664 millones de habitantes asentados en 564 km<sup>2</sup>, es decir que hay casi 9,000 habitantes por km<sup>2</sup>, además concentrado en 3 municipios mexiquenses y una delegación de la Ciudad de México, (véase figura 3.11).

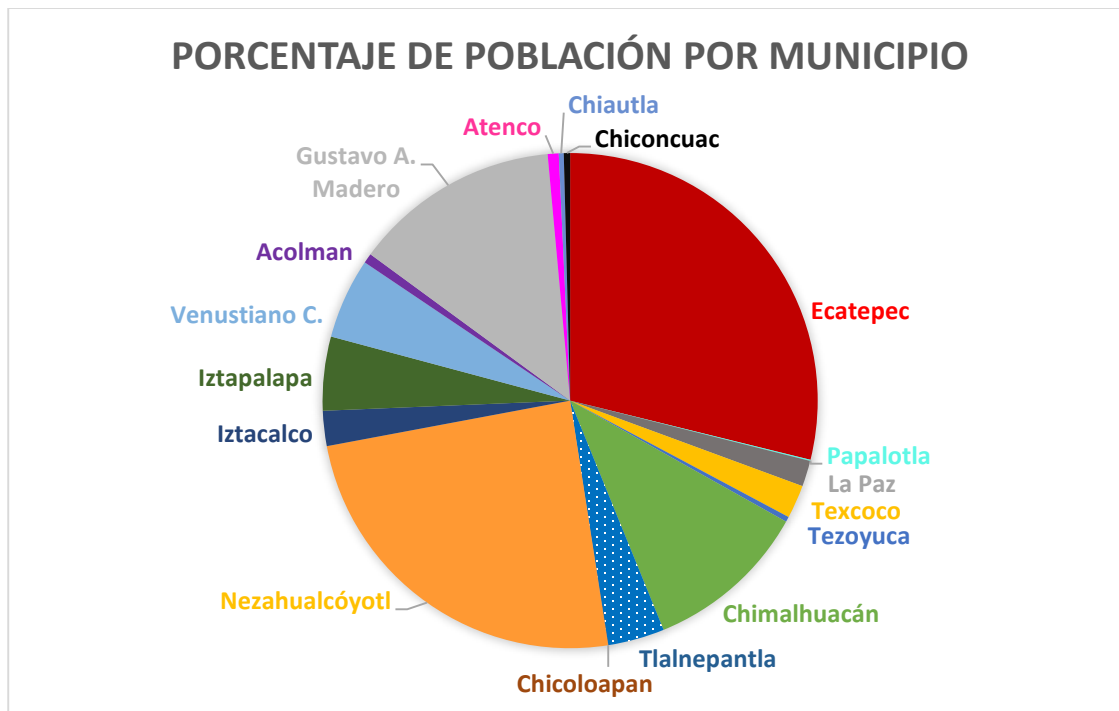


Figura 3. 11 Porcentaje de población de cada uno de los municipios de la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaboró la autora con información de INEGI, 2010b

Estos aspectos han ocasionado un cambio de cobertura vegetal de consideración, ya que la cobertura urbana creció un 10% de 1989-2014, mientras que la cobertura que mayor superficie perdió fue la zona agrícola. Y el uso del suelo predominante es el uso de suelo habitacional que junto con el uso del suelo de equipamiento, industrial y de comercio alcanzan el 70% del total de la subcuenca.

Todas estas condicionantes han creado problemáticas tanto físicas como sociales-construidas referidas en las matrices de conflicto donde se exponen los principales peligros de la subcuenca, los cuales de acuerdo a la evaluación tienen mayores afectaciones en los usos del suelo, estos problemas son los hundimientos, los asentamientos en la zona de inundación, conurbación de la población, los peligros referentes a vías de comunicación (el transporte de materiales peligrosos y cruces viales peligrosos), gasolineras y en menor medida los gasoductos y poliductos.

El mayor peligro físico lo representan los hundimientos, estos señalados en el figura 3.12 en el cual se representa de acuerdo a Cabral, (2011) que para el periodo 2005-2006 se detectaron varias zonas que presentan altas tasas

de subsidencia en el área de estudio. Los mayores valores se observan en la zona del Aeropuerto Internacional y Bosques de Aragón, con valores mayores a los -350 mm/año, mientras que las zonas de valores de hundimiento intermedios de entre -100 y 200 mm/año se localizan al este del Eje 1 Oriente. Sin embargo, las áreas con valores altos de gradiente horizontal, y que por lo tanto se consideran más vulnerables a experimentar daños, se localizan en:

- a) La vertiente sur de la Sierra de Guadalupe, en especial en las laderas noroeste, oeste y sur del cerro Chiquigüite y la ladera este del Puerto el Panal, en los límites del municipio de Ecatepec y la delegación GAM
- b) Las laderas sur y este del parque Tepeyac, al norte de la Av. Martín Carrera y al oeste de la Av. Eduardo Molina, en la delegación GAM
- c) El flanco norte del Peñón de los Baños en el área de la Unidad San Juan de Aragón, en la delegación GAM
- d) La zona al sur del deportivo Galeana y que incluye al bosque de San Juan de Aragón localizados de igual manera en la delegación GAM
- e) El corredor en dirección noreste que se encuentra al noreste del Parque Nacional Tepeyac y delimitado entre el Gran Canal del Desagüe y la Vía Morelos, en el municipio de Ecatepec, en la zona cercana al municipio de Tlalnepantla y a la delegación GAM.

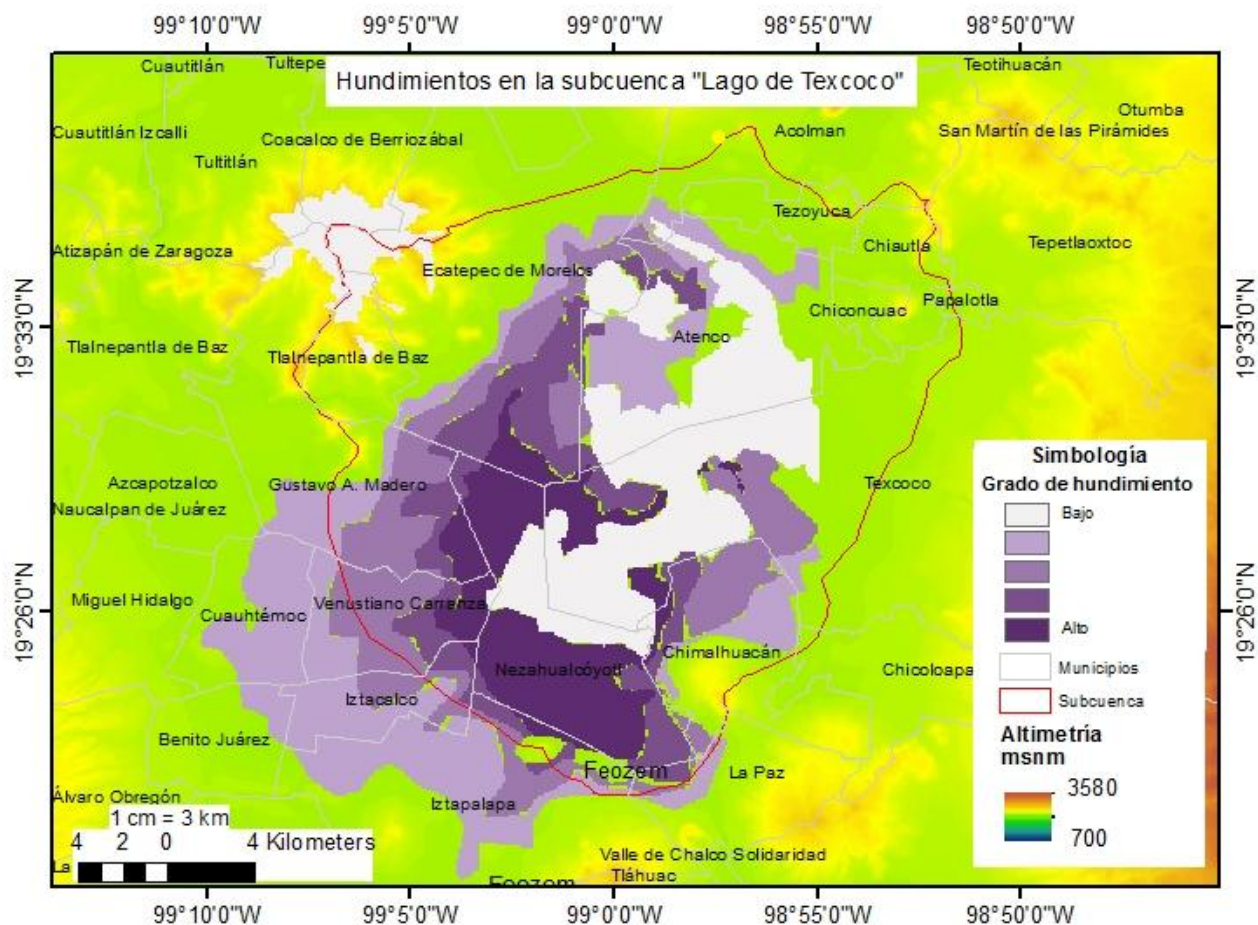


Figura 3. 12 Mapa de Hundimientos en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaboró la autora con información Cabral, 2011

Para los peligros sociales construidos se trazaron estos peligros en un mapa se tomó en consideración los problemas lineales y puntuales como son el caso de las gasolineras, los gasoductos y poliductos y las carreteras, se buscó una escala donde todos estos peligros se pudieran observar claramente y así por medio de la herramienta del Sistema de Información Geográfica “Buffer” de 1 km se trazó la zona de influencia de estos problemas.

El peligro con mayor densidad en la subcuenca lo representan las gasolineras por estar localizadas en toda la subcuenca, la zona de la Ciudad de México es donde se localizan más gasolineras, principalmente en las delegaciones Iztapalapa, Iztacalco y Gustavo A. Madero, seguido por el municipio de Ecatepec. La zona oriente de la subcuenca tiene menos gasolineras por ello la problemática es menor aunque no deja de ser significativa. (Figura 3.13)

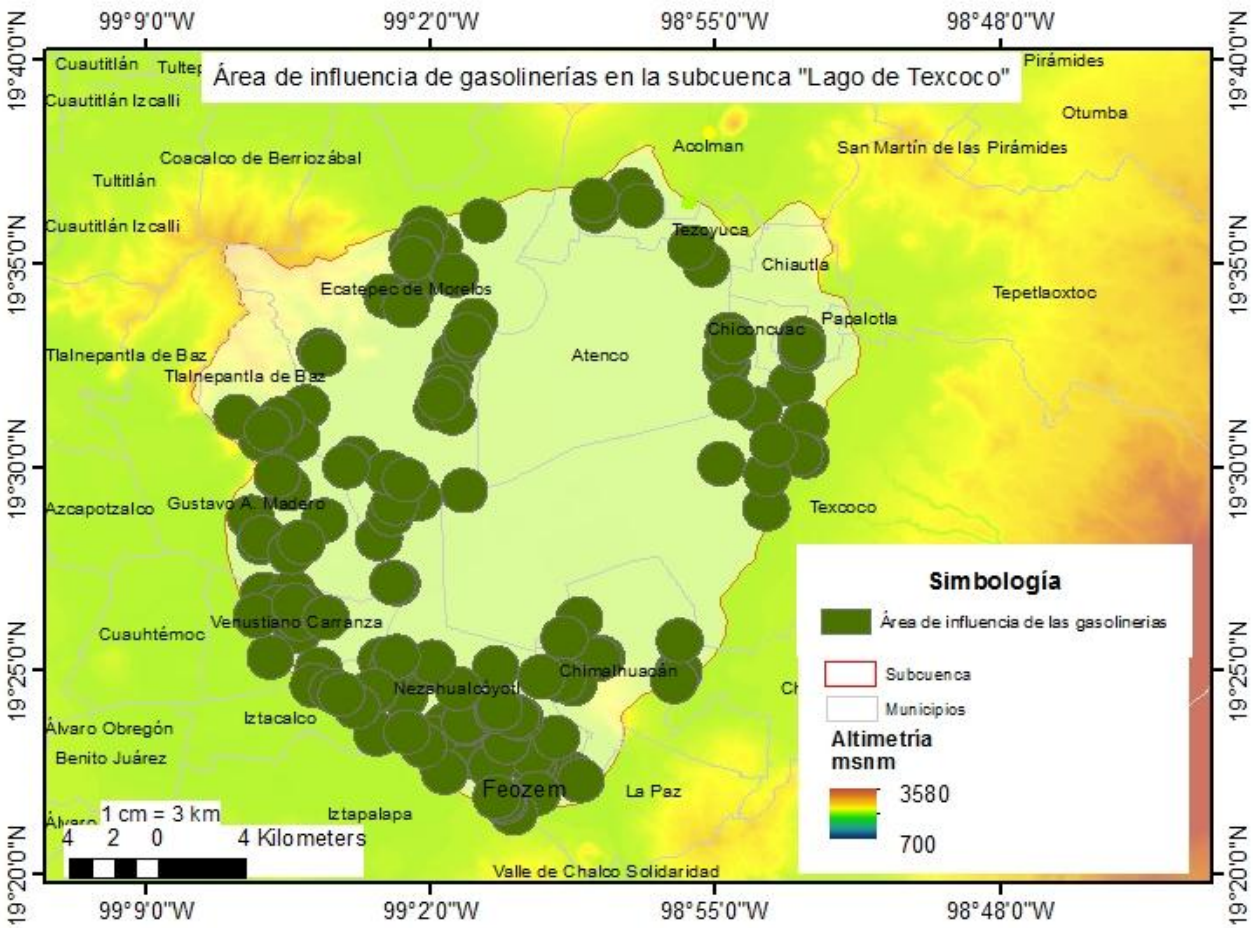


Figura 3. 13 Mapa de la influencia de gasolineras en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de trabajo en campo y de INEGI c

Se señala la influencia de las carreteras ya que estas propician dos peligros en la subcuenca, los cruces viales conflictivos y los riesgos por transporte de material pesado y peligroso; estas carreteras de igual manera se localizan en toda la subcuenca con alta densidad en los extremos oriente y poniente de la subcuenca, siendo las delegaciones de la Ciudad de México y los municipios de Nezahualcóyotl, Texcoco, Chiconcuac y Ecatepec los más conflictivos en cuantos a estos problemas, (figura 3.14)



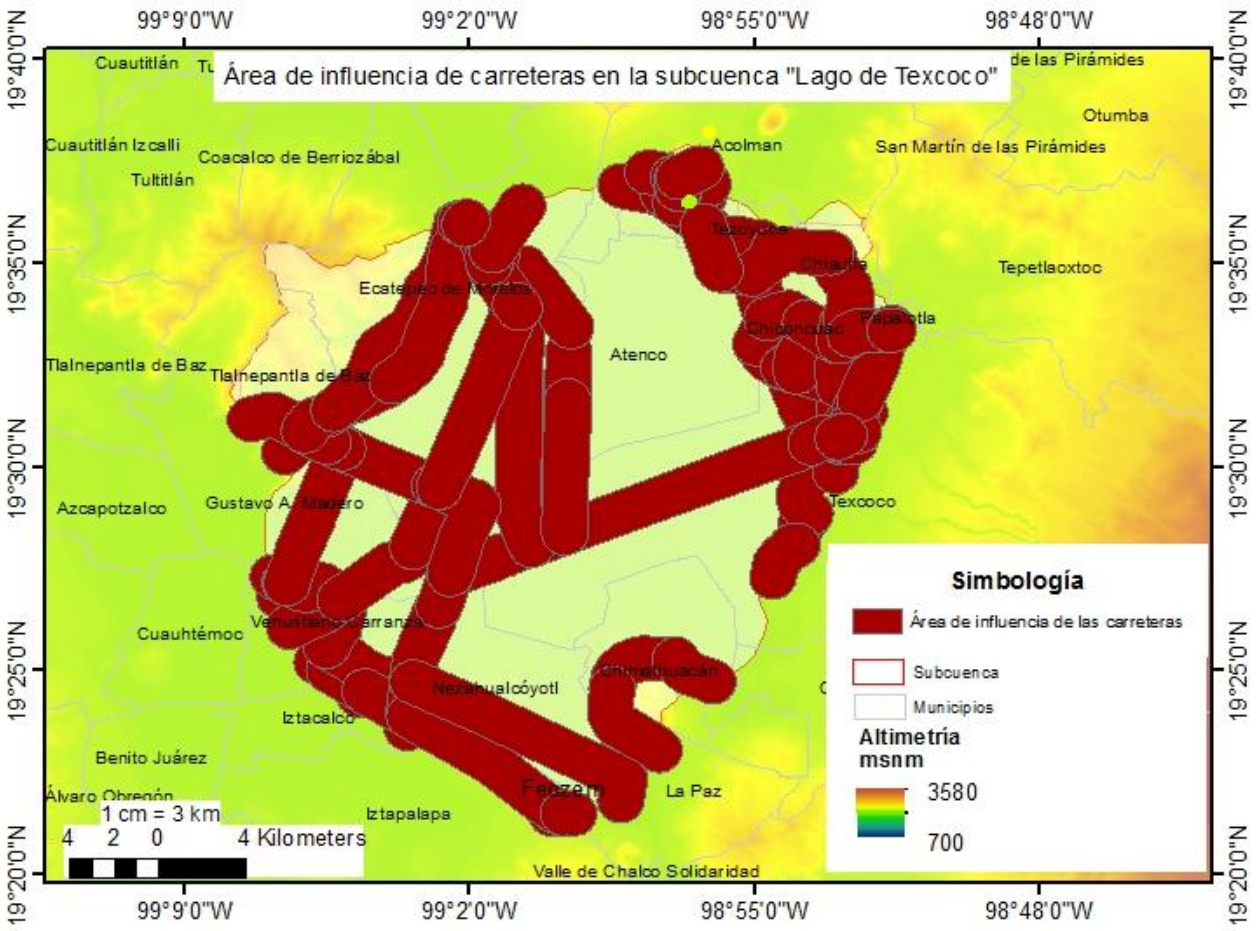


Figura 3. 14 Mapa de la influencia de las carreteras en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de INEGI

También se señala a los poliductos y gasoductos que aunque no se localizan en toda la subcuenca, tienen una gran influencia ya que los gasoductos tienen una orientación de norte a sur y los poliductos están construidos de oeste a este; afectando a la mayoría de los municipios de la subcuenca y poniendo en riesgo a la población que está cerca de los mismos, porque están localizados en zonas urbanas o a lo largo de las mismas carreteras aumentando su riesgo, (figura 3.15)

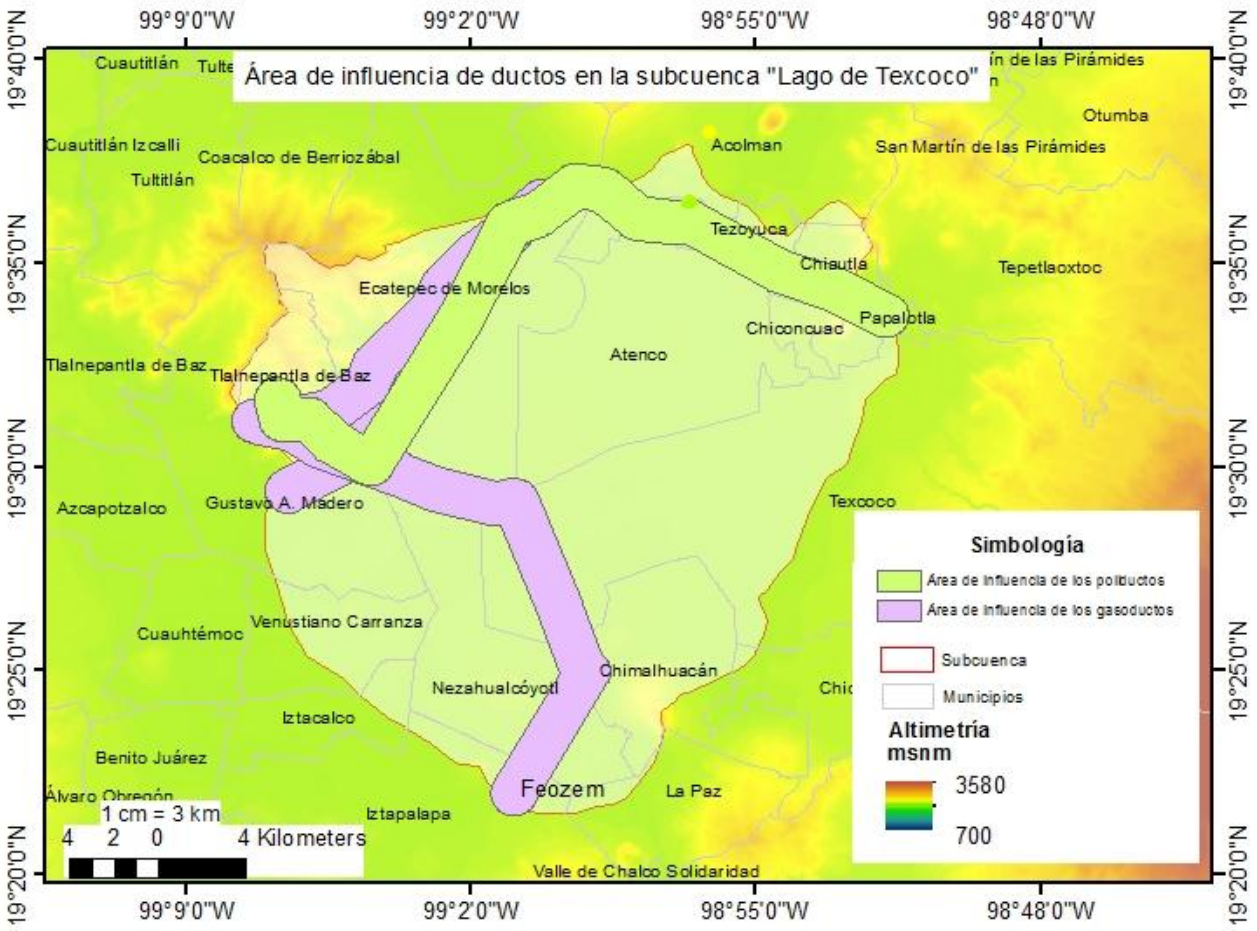


Figura 3. 15 Mapa de la influencia de ductos en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de INEGI

El principal relleno sanitario, es el Bordo Xochiaca, un tiradero a cielo abierto que hasta el 2011 contenía basura de la Ciudad de México y municipios aledaños, tienen un área de influencia principalmente en los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec y Chimalhuacán, pero al ser un tiradero a cielo abierto la influencia de este no se puede cuantificar ya que tiene variaciones dependiendo de la temporada del año y de las condiciones del clima. A su vez el relleno sanitario propicia problemas de contaminación hídrica, contaminación atmosférica, emisión de partículas y gases, fauna nociva, contaminación del suelo, asentamientos irregulares y sin servicios y muchas veces colonias de alto riesgo por ser lugares con poca seguridad. Este tiradero si bien no es un fenómeno puntual se tomó en cuenta para la delimitación de problemática social-construida, por la superficie que abarca de la subcuenca, (figura 3.16)



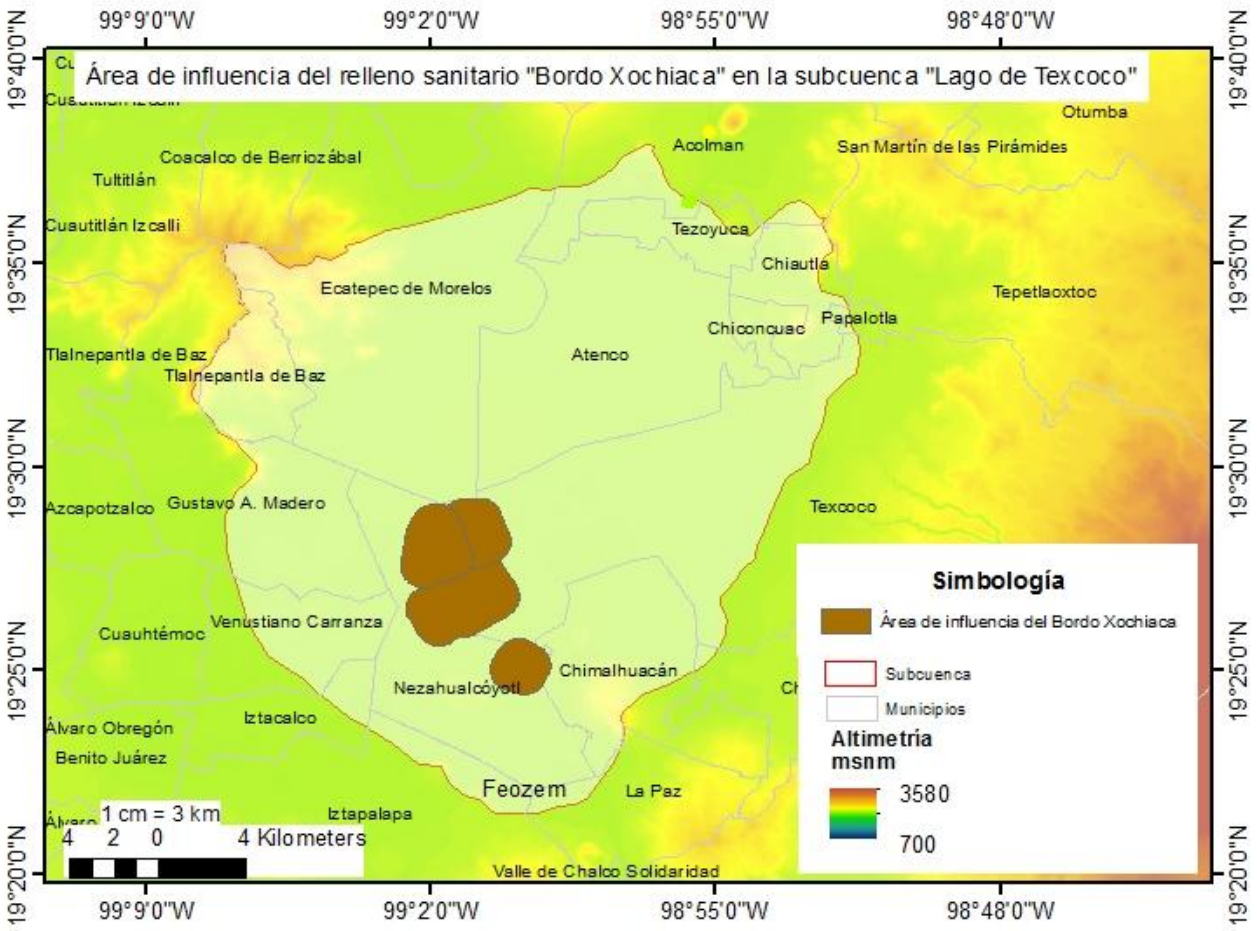


Figura 3. 16 Mapa de la influencia del Bordo Xochiaca en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de INEGI

Se localiza también la problemática que generalmente solo causa problemas de congestión de la población pero que siempre es factor de riesgo, las estaciones del metro de la línea A, B, 1, 5, 6 y 4, localizadas en la parte poniente de la subcuenca, en las cuatro delegaciones de la Ciudad de México y algunas porciones de los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec.

El principal problema que se observa en la subcuenca son el áreas de inundación y encharcamiento, ya que por condiciones del relieve es una zona deprimida y todos los escurrimientos llegan a esta área, además las condiciones del tipo de suelo predominante, el Solonchak, no permite una buena infiltración. Esto aunado a que todos los cauces naturales se encuentran entubados ocasiona que un área bastante grande de la subcuenca sea propensa a inundaciones en las temporadas de lluvias o cuando ocurren lluvias atípicas, (figura 3.17)

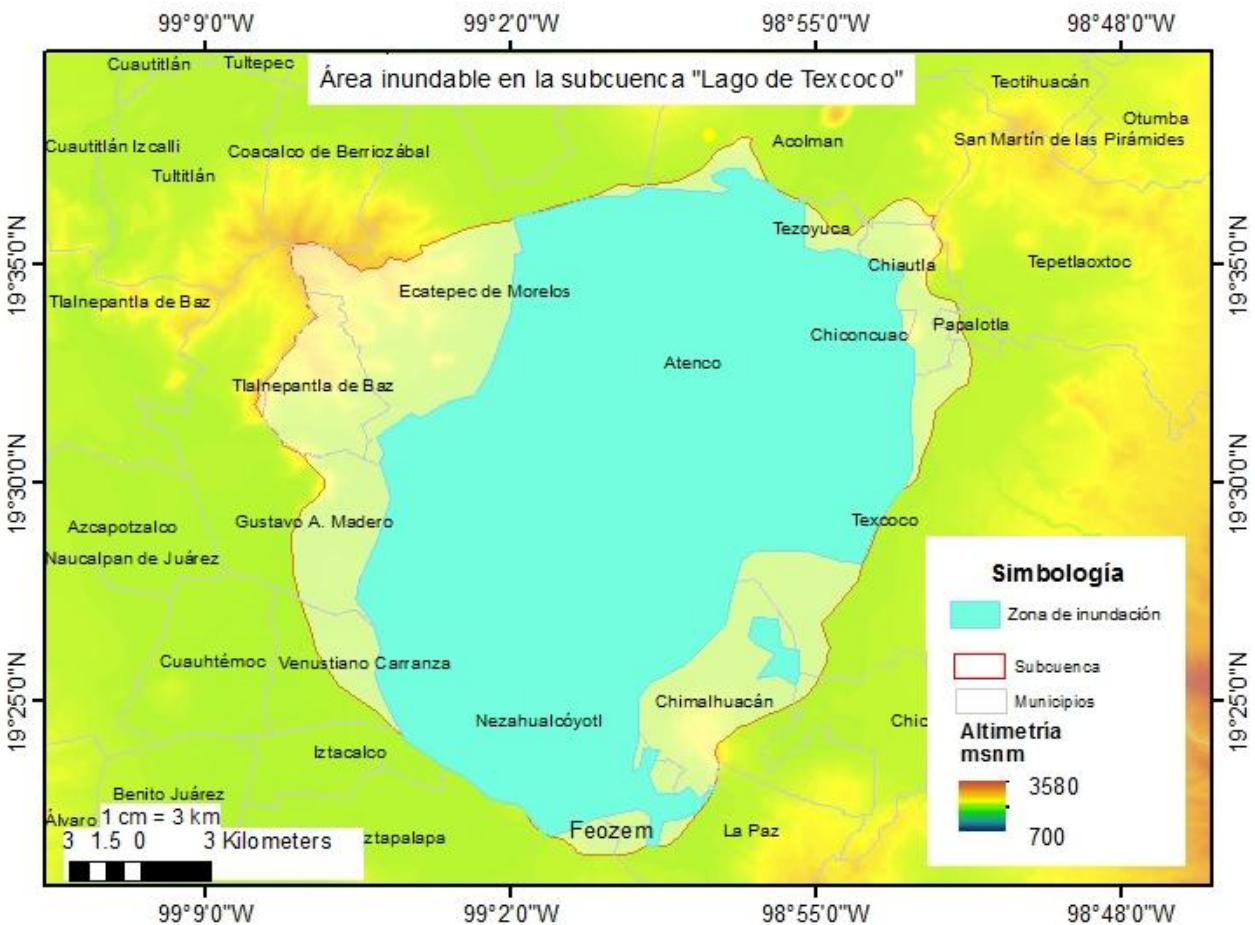


Figura 3. 17 Mapa del área inundable en la subcuenca "Lago de Texcoco"  
Elaborado por la autora con información de los PDM

Una de las principales zonas afectadas por peligros de inundación es el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México en la terminal 1 y en la terminal 2, además cabe indicar que en esta misma porción del territorio se planea la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México. De estos peligros de inundación solo se encuentran exentas las zonas de montaña en la delegación Gustavo A. Madero y los municipios de Tlalnepantla, Papalotla, Chicoloapan y porciones de algunos otros municipios como Chimalhuacán, y Ecatepec.

De acuerdo con los peligros que predominan en la subcuenca se realizaron diferentes procesos digitales en un SIG, primero se unieron por medio de un "merge" las zonas de influencias de las carreteras, las gasolineras, los ductos y el relleno sanitario; para poder relacionarlos con los polígonos de zona de inundación y de hundimientos se convirtieron en raster, es decir, en imagen y así reclasificarlos para obtener los niveles de afectación que estas problemáticas juntas ocasionan. Estos niveles de afectación se determinaron de acuerdo a los sitios donde los peligros coinciden: si los tres raster coincidían la problemática sería alta, si coinciden dos sería media y si solo se encuentra un peligro sería problemática baja. En las zonas blancas no se presenta incidencias de peligros, (Véase figura 3.18)

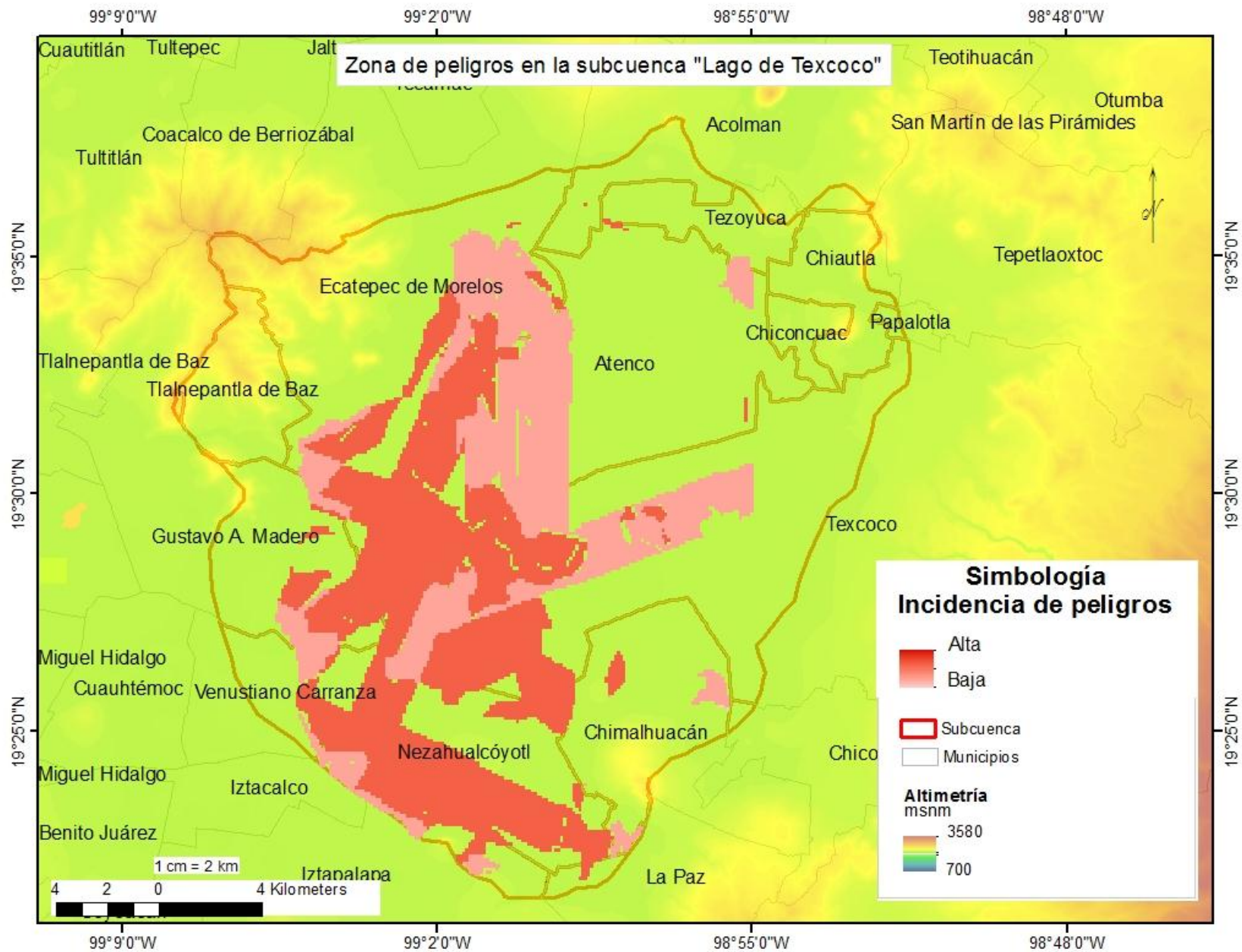


Figura 3. 18 Área de mayor problemática de la subcuenca "Lago de Texcoco"  
Elaborado por la autora con información de INEGI y de trabajo en campo



El resultado de todo ese proceso en el Sistema de Información Geográfica señala las áreas donde los principales peligros ocasionan alguna problemáticas; se observa las áreas de alta incidencia de peligros hasta la parte donde es muy baja o mínima. Los territorios con alta incidencia de peligros se concentran en el centro de la subcuenca en los municipios Ecatepec, Nezahualcóyotl, Chimalhuacán y en las delegaciones Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero. La incidencia media se ubica en las delegaciones de la Ciudad de México, principalmente Iztapalapa y los municipios de Ecatepec, Nezahualcóyotl y Texcoco. La zona de baja incidencia se localiza al oriente de la subcuenca, en la parte correspondiente a los municipios de Texcoco, Atenco, Acolman, Tezoyuca y porciones pequeñas de las delegaciones de la Ciudad de México.

El uso de suelo habitacional destaca por que supera el 50 % del área total. Este uso se localiza en toda la subcuenca principalmente al poniente, aunado a los peligros de mayor consideración (los asentamientos irregulares, conurbación de la población, crecimiento inadecuado de la población); se entiende que el principal peligro es la urbanización ya que además suele ser la causa de los demás peligros, debido a que los habitantes demandan más servicios (vialidades, gasolineras, servicios de equipamiento y comercios) y también generan más contaminación generada por los rellenos sanitarios, las aguas negras a cielo abierto y la contaminación atmosférica.

En la zona poniente de la subcuenca los conflictos tienen estrecha relación con la alta concentración de población, localizada en los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec, donde además de ser los municipios que superan el millón de habitantes, es la zona en donde colindan la Ciudad de México y el Estado de México por eso ahí se localizan gran cantidad de vías de comunicación y con ellas las gasolineras.

De igual manera la incidencia media de peligros se localiza en sitios con alta densidad de vialidades que generalmente comunican a la Ciudad de México con otros Estados: en Nezahualcóyotl y Ecatepec y en las delegaciones de la Ciudad de México, en cuanto a la delegación Venustiano Carranza, esto se debe al del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México que cuenta con alta densidad de vías de comunicación.

En la zona oriente de la subcuenca este patrón de relacionar peligros con la alta concentración de población es distinto, debido a que la población es mucho menor que la zona poniente y aun así se localizan puntos de media y baja incidencia, debido a que es un área donde confluyen los poliductos con la zona de inundación o la concentración de vías de comunicación como la carretera Texcoco-Lechería, carretera libre que conecta a la zona oriente del Estado de México con el norte de la Ciudad de México u otros estados, o la carretera México- Texcoco a la altura del municipio de Chimalhuacán.

En Ecatepec los peligros se localizan en los límites de la Zona Federal, donde se puede entender que ha sido por crecimiento de la población, pero en lo concerniente a Nezahualcóyotl el problema se observa en casi todo el municipio, problemas de inundación en todas las colonias, problemas de vialidades en los límites del municipio, aunado a su alta cantidad y densidad de población, (figura 3.19)

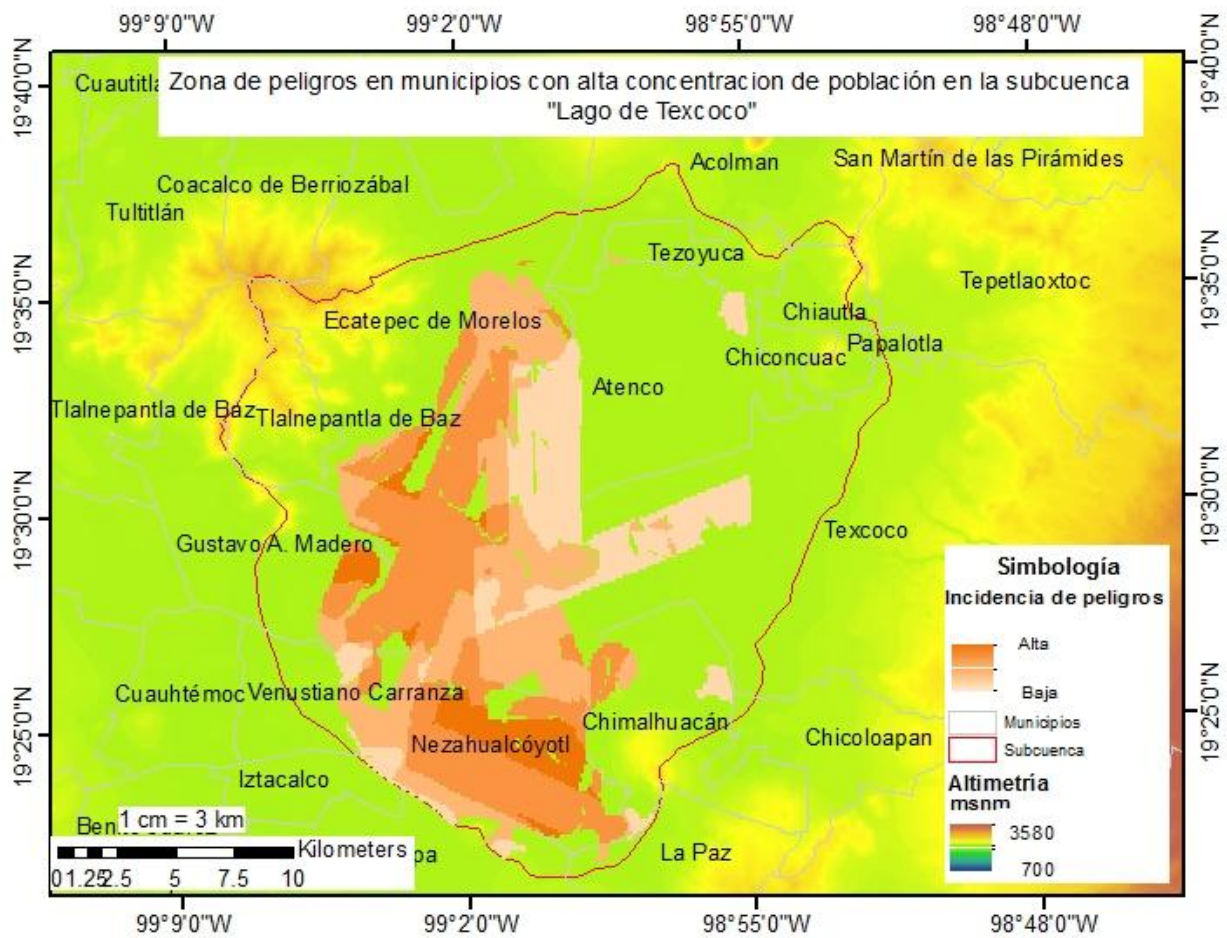


Figura 3. 19 Mapa de relación entre población y problemática en la subcuenca "Lago de Texcoco"

Elaborado por la autora con información de INEGI y de trabajo en campo

En lo que respecta a la cobertura vegetal los peligros han afectado todos los tipos de cobertura, la incidencia alta se localiza en las zonas donde el lago ha perdido superficie, en la parte centro-sur y centro norte de la subcuenca en lo que corresponde nuevamente al municipio de Nezahualcóyotl y Ecatepec y una porción pequeña de la superficie agrícola en el municipio de Atenco. Las zonas de media incidencia afectan casi en su totalidad a la zona con pérdida de superficie agrícola y en menor medida la del Lago en los extremos noreste y suroeste de la subcuenca, y las zonas de baja incidencia se presenta principalmente en donde se ha perdido superficie agrícola, esto al oriente de la subcuenca. La única zona casi libre de incidencia de peligros es la zona montañosa.

La pérdida de cobertura vegetal se representa con color café, señalando las zonas donde de 1989 al 2014 se encontró un cambio de cobertura ya sea agrícola, de montaña o superficie del lago por superficie urbana y sobreponiendo la capa de incidencia de peligros en escala de grises se observa que estas zonas se ubican en municipios mexiquenses como Nezahualcóyotl, Texcoco, Atenco y Ecatepec, municipios donde se presenta la

mayor incidencia de peligros, por lo cual se deduce que todos los factores que determinan la alza en los niveles de problemática han sido producidos por los cambios de la cobertura vegetal (figura 3.20)

La incidencia de peligros en la superficie de lago se incrementa por la construcción de vías de comunicación en los límites que tiene con municipios como Atenco, Ecatepec y Nezahualcóyotl y en la zona agrícola los peligros de igual manera se generan principalmente por las vías de comunicación, en la zona centro/oriente de la subcuenca en los municipios de Texcoco y Atenco.

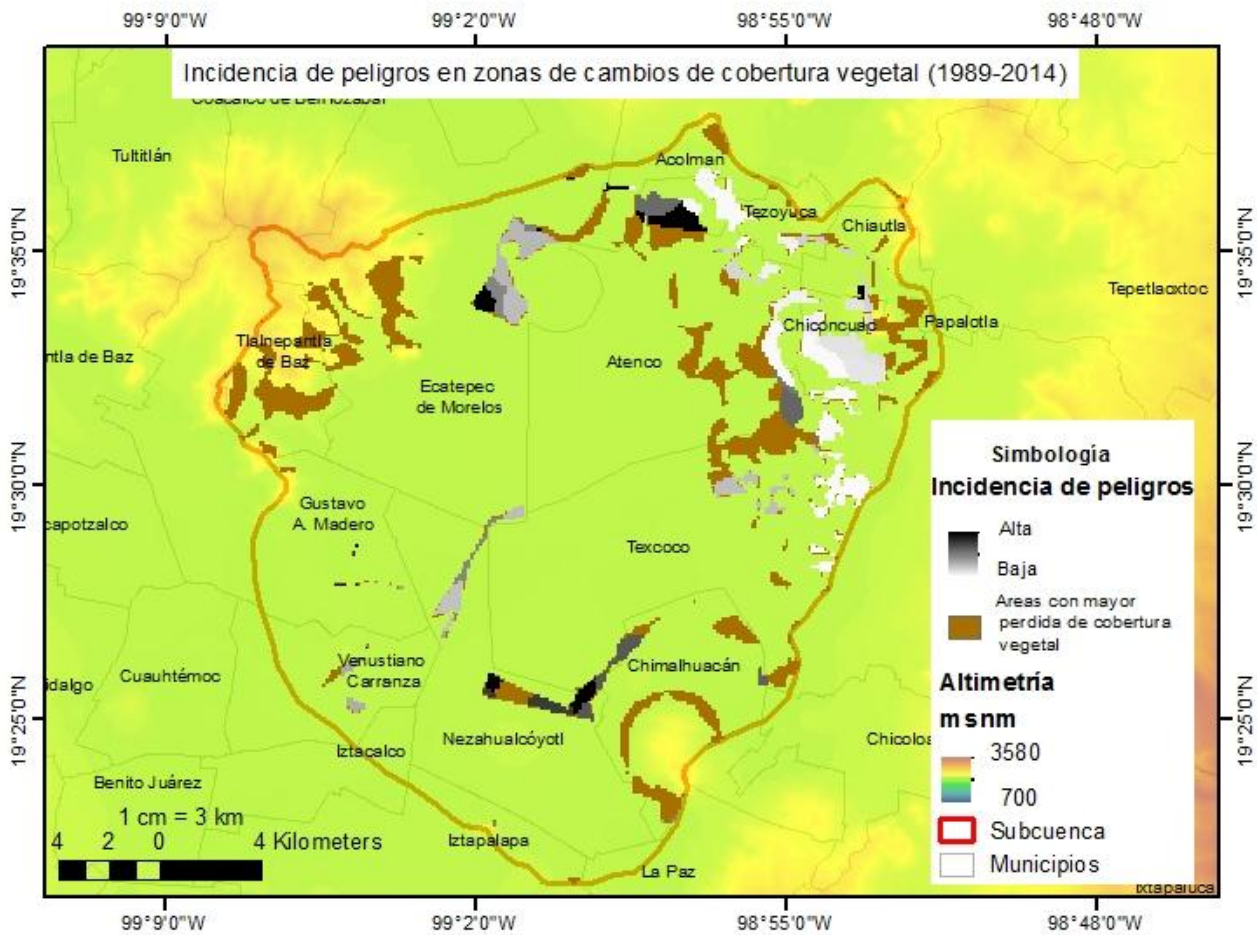


Figura 3. 20 Mapa de problemática en las zonas de mayor cambio de coberturas en la subcuenca “Lago de Texcoco”

Elaborado por la autora con información de INEGI, de trabajo en campo y de imágenes Landsat

En lo referente al uso del suelo, las áreas con uso del suelo habitacional y de equipamiento son las más afectadas, ya que la zona de alta incidencia de peligros se concentra casi en su totalidad en este uso del suelo, localizada en la zona centro de la subcuenca, principalmente en los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec y la delegación Gustavo A. Madero, además en estos municipios no solo se encuentran zonas de alta problemática, de hecho en casi todo su territorio se ubican zonas de mediana o baja incidencia



El uso del suelo correspondiente a la Zona Federal del Lago de Texcoco se ve constantemente amenazado; como se observa en la figura 3.21 se ubica en esta zona incidencia de peligros alta y media referida por el Bordo Xochiaca y las vías de comunicación que están en esta zona pero también se puede ver afectada por los asentamientos aislados así como por proyectos federales, siendo el más próximo el “Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México”; que terminaría por transformar este uso del suelo en uso de equipamiento.

El uso del suelo agrícola se ve afectado en menor medida, ya que en él hay sitios de pequeño tamaño con mediana y baja incidencia de peligros esto debido a que son puntos concretos del territorio donde se concentran peligros como vías de comunicación o gasolineras en zonas de inundación por ejemplo. Y la zona de montaña, donde no se presenta incidencia de peligros, aunque se ve amenazada por los asentamientos aislados y el crecimiento urbano en zonas cada vez más altas.

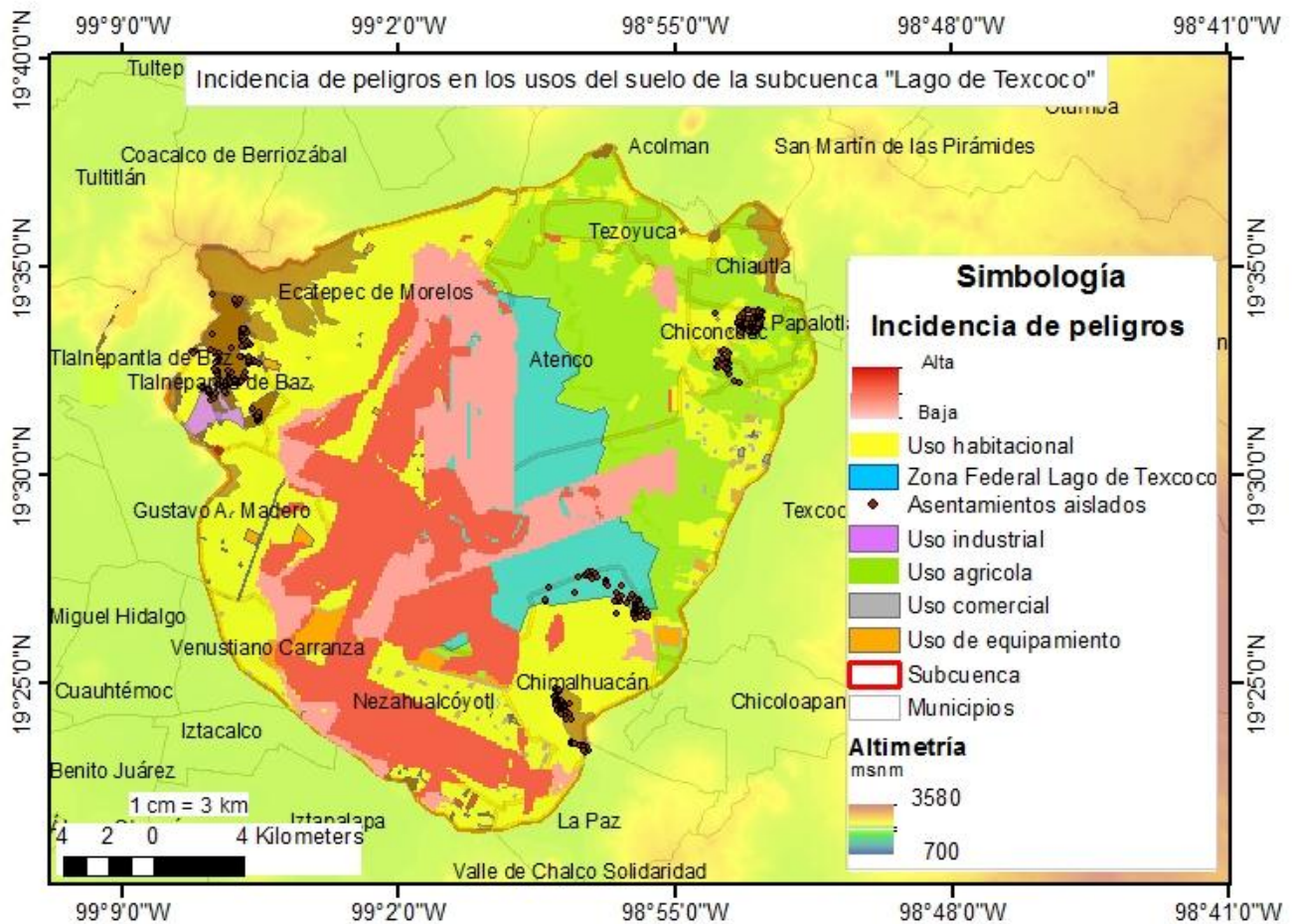


Figura 3. 21 Mapa de problemática en los usos del suelo en la subcuenca “Lago de Texcoco”  
Elaborado por la autora con información de INEGI y de trabajo en campo



## CONCLUSIONES

Mediante análisis de imágenes Landsat se obtuvo como resultado que la mayor pérdida de cobertura fue en las áreas agrícolas con casi el 5 % de disminución en su cobertura de 1989 a 2014, seguido por la zona de montaña con una disminución del 3 %, la zona del lago con una pérdida de 1.68 % esto coincide con el casi 10 % que la cobertura de uso habitacional se elevó en los últimos 25 años, (1989-2014).

Por medio del trabajo en campo se trazaron polígonos de acuerdo al uso del suelo, con su procesamiento e interpretación se obtuvo como resultado que el suelo habitacional tiene casi el 60 % del total de superficie, principalmente en el suroeste, seguido por los usos del suelo agrícola y suelo del Lago donde ambos se aproximan al 20 % y los usos del suelo de equipamiento, industrial y comercial apenas alcanzan el 10 %.

Con la información plasmada en las matrices de análisis de conflicto se delimitaron los rangos el impacto que los peligros, tanto naturales como sociorganizativos, tienen en la subcuenca. El peligro natural de mayor impacto son los hundimientos; los sociorganizativos son los asentamientos en áreas de inundación y gasolineras.

Estos peligros se ubicaron cartográficamente y por medio de procesos digitales en un Sistema de Información Geográfica se plasmó las zonas donde tienen influencia, para continuar con la localización de las áreas en donde las zonas de influencia de cada peligro confluyeran y así determinar el grado de incidencia de peligros en la subcuenca.

La incidencia alta se localiza en los municipios de Nezahualcóyotl, Ecatepec, Chimalhuacán y en las delegaciones Venustiano Carranza y Gustavo A. Madero, que son los sitios con mayor población, con uso de suelo habitacional predominante y en donde la cobertura es habitacional.

El estudio de uso de suelo gubernamental tiene coincidencias con el trabajo de campo y manejo de imágenes Landsat en cuanto a que el uso de suelo predominante es el suelo habitacional, cabe destacar que en la porción de la Ciudad de México los cambios son poco notorios, pero en la porción del Estado de México el estudio realizado en campo aportó nuevos datos en cuanto a lo referente a uso de suelo agrícola y de montaña ya que han disminuido considerablemente, esto debido al incremento de uso de suelo urbano reflejado en unidades habitacionales y asentamientos aislados.

La ventaja que tiene el trabajo principalmente es la actualización de datos, ya que en las imágenes Landsat se muestra información de 1989, 2000 y 2014 lo que abarca un periodo de 25 años que permite hacer una comparación evidente y en cuanto al uso del suelo es un análisis realizado en 2014, por lo que es más confiable.

El análisis de peligros se hizo por medio de un Sistema de Información Geográfica plasmando los peligros no solo de manera puntual o lineal, según sea el caso, sino que se delimitó su zona de influencia y por medio de varias herramientas digitales se delimitaron las áreas donde la influencia de cada peligro coincidiera y así

determinar espacios de incidencia de peligros por medio de colores que indican cuantos factores de peligro coincidían.

Al centro sur de la subcuenca es donde se detectó la mayor incidencia de peligros de la subcuenca, principalmente el municipio de Nezahualcóyotl donde habitan más de un millón de habitantes, con densidad de población alta, alta cantidad de peligros sociorganizacionales y por lo tanto la problemática se incrementa.

El uso de suelo habitacional es predominante y tiene procesos que tienden a aumentar por lo que se puede establecer que el principal agente que ocasiona la mayor problemática, ya que con este uso del suelo se implementan algunos servicios lo cual incrementa el uso de suelo comercial y de equipamiento, que son el detonante de la pérdida de cobertura.

En los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec es donde se detectó que el deterioro del medio se debe al poblamiento y a los altos niveles de densidad demográfica. En primer término por la pérdida de cobertura vegetal original producido por la gran transformación del área del Lago de Texcoco y la zona agrícola por cobertura urbana. Esto trajo consigo la alta concentración de población haciendo estos municipios altos en densidad de población lo que conlleva a una alta exigencia de servicios, algunos de ellos implican peligros sociorganizacionales los que aunados a los peligros naturales propician que problemática se eleve.

En los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec es donde se puede iniciar la identificación de los espacios de alta problemática para poder atenderlos con la implementación de proyectos, modelos y medidas de orden gubernamental, social y ambiental, lo cual se puede iniciar en los lugares donde los usos del suelo no sean urbanos (áreas verdes o sin uso aparente) para que puedan convertirse en zonas de conservación y evitar que se dediquen al uso habitacional y con ello aumenten los niveles de problemática, así también se pueda evitar que por su cercanía a la Ciudad de México se tengan grandes efectos negativos que afecten a corto y mediano plazo al medio físico como al ámbito social.

## **Fuentes consultadas**

- ANDERSON, James R.; HARDY, Ernest E; ROACH, John T. y WITMER Richard E. (1976). A land use and land cover classification system for use with remote sensor data. Geological Survey Professional Paper 964 A revision of the land use classification system as presented in U.S. Geological Survey Circular 671.
- BERRY, M. W.; FLAMM R. O.; HAZEN B. C. y MACINTYRE R. L. (1996). The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decision. IEEE Computational Science & Engineering 3(1)
- BOCCO, Gerardo. (2004), La cartografía y los Sistemas de Información Geográfica en el Manejo Integral de Cuencas. El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. INE, México.
- CABRAL Cano, Enrique, DIAZ Molina, Oscar y DELGADO Granados, Hugo. (2011) Subsidencias y sus mapas de peligro: un ejemplo en el área nororiental de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Vol. 63 #1, México D.F.
- CARDONA, O D y SARMIENTO-PRIETO, J. P. (1988). Análisis de vulnerabilidad y evaluación del riesgo para la salud de una población en caso de desastre. Plan de Atención Hospitalaria, Ministro de Salud de Colombia, Bogotá.
- CATHALIFAUD M. Arnold y OSORIO, Francisco. (1998) Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. Cinta de Moebio [en línea]. Consultado el 13 de abril de 2014
- CHILAR, Josef, y JANSEN Louisa J. M. (2001). From land use: a methodology for efficient land use mapping over large areas.
- CINCOTTA, Richard P. y ENGELMAN, Robert. (2000). Nature's place: human population and the future of biological diversity. Population Action International
- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2015), Atlas de riesgos (<http://www.CENAPRED.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/297-INFOGRAFAATLASDERIESGOS.PDF>), consultado 26 de marzo 2015
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2004) Atlas del agua “Región XIII, Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala”. Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala, México D. F.
- Consejo Estatal de Población Estado de México (COESPO). 2014, Consulta y descarga de variables básicas, ([http://COESPO.edomex.gob.mx/cuantos\\_somos](http://COESPO.edomex.gob.mx/cuantos_somos)) consultado junio 2014
- Consejo de Cuenca del Valle de México (CCVM) Tipo de vegetación en la región. (<http://cuencavalledemexico.com/informacion/cuenca-del-valle-de-mexico/ubicacion/>), consultado 14 junio 2014
- Consejo Nacional de Biodiversidad, (CONABIO) Remanentes del complejo lacustre de la cuenca de México, ([http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp\\_068.html](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_068.html)) consultado 17 de junio 2014
- Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) (2012). Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda. ([http://sniiv1.CONAVI.gob.mx/sniiv/cgi-bin/sniiv/Info\\_SocioDem.html](http://sniiv1.CONAVI.gob.mx/sniiv/cgi-bin/sniiv/Info_SocioDem.html)) consultado diciembre 2014

- CRUICKSHANK G. Gerardo. (1994) Proyecto Lago de Texcoco, rescate hidroecológico. Memoria de la evolución del proyecto que mejora en forma importante las condiciones ambientales de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Ed. Mansua, México.
- CUEVAS, G. Gabriela. (2005). Tesis de licenciatura. Pronostico del cambio de uso del suelo en áreas forestales del estado de Michoacán. UNAM, México, D.F
- DETWILER, R. P. (1986), Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils, Bioiogeochemistry.
- DOUROJEANNI, Axel (2000), Tendencias actuales en la gestión del agua, Institucionalidad y Gestión del Agua: los Desafíos Jurídicos y Ambientales de Hoy, Santiago, Chile.
- DOUROJEANNI, Axel; JOURAVLEV, Andrei. (1999), Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Serie “recursos naturales e infraestructura” CEPAL, Santiago, Chile
- DOUROJEANNI, Axel (2000), Tendencias actuales en la gestión del agua, Institucionalidad y Gestión del Agua: los Desafíos Jurídicos y Ambientales de Hoy (Santiago, Chile, 24 de octubre de 2000).
- DOUROJEANNI, Axel; JOURAVLEV, Andrei y CHÁVEZ, Guillermo. (2002), Gestión del agua a nivel cuenca: teoría y prácticas. Serie “recursos naturales e infraestructura” CEPAL, Santiago, Chile.
- FRIES, C. Jr. (1960) Geología del estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México, Boletín 60 del Instituto de Geología, UNAM, México.
- GUTIERREZ de MG, María Teresa., GONZÁLEZ S., Jorge y ZAMORANO O., José Juan (2005), La cuenca de México y sus cambios demográfico-espaciales. Temas selectos de Geografía de México, la cuenca de México, Instituto de Geografía UNAM, México D. F.
- Instituto Nacional de Ecología (INE, actualmente INECC) Red Hidrográfica escala 1:50000 edición 2.0. ([http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/regiones\\_hidrograficas.aspx](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/regiones_hidrograficas.aspx)) Consulta y descarga mayo 2014
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía I (INEGI). (2000) Censo de población y vivienda, tabulados básicos, México. (<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ccpv/cpv2000/default.aspx>) consultado septiembre 2014
- INEGI. (2005) Sistema para la consulta de cuadernos estadísticos municipales y delegacionales, (<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/cem05/nacional/index.htm>) consultado el 1 de abril del 2014.
- INEGI (2010a) Cartas topográficas E14A29, E14A39, E14B21 y E14B31, escala 1:50000
- INEGI. (2010b) Censo de población y vivienda 2010, tabulados básicos, México (<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>) consultado septiembre 2014
- INEGI (2010c). Conjunto de datos vectoriales topográficos y de recursos naturales escala 1:1000000 descargas gratuitas de recursos naturales y topografía (<http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/default.aspx>), consultado y descargado enero 2010

- INEGI. (2010d) Documento técnico descriptivo de la red hidrográfica escala 1:50000
- INEGI. (2010e). Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas. ([http://antares.inegi.org.mx/analisis/red\\_hidro/SIATL/?s=geo&c=1693#](http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/SIATL/?s=geo&c=1693#)), descarga de red hidrográfica junio 2014
- JANSEN, Louisa y DI GREGORIO, A. (2002) Parametric land cover and land-use classification as tools for environmental change detection. Agriculture, Ecosystems and Environment,
- KUNZ, I. (2009) Procesos actuales de restauración urbana en la zona metropolitana de Querétaro, México
- LAMBIN, Eric F. (1997). Modelling and monitoring land cover change process in tropical regions. Progress in physical geography.
- LAMBIN, Eric F.; TURNER, Billie L.; GEIST Helmut J.; AGBOLA, Samuel B.; ANGELSEN Arild; BRUCE John W.; T. COOMES Oliver; DIRZO Rodolfo; FISCHER Günther; FOLKE Carl; HOMEWOOD Katherin; IMBERNON Jacques; LEEMAN Riks; LI Xiubin; MORAN, Emilio F. . (2001). The causes of land-use and land cover change: moving beyond the myths. Global environmental Change
- LAMBIN, Eric F. (2006) Land-use and Land-cover change. Local Processes and global impacts. H. J. Geist Editors, Berlin
- MOOSER, Federico (1975). Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal, tomo I, DDF, México.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU), (2005). Elementos conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales. Cuatro experiencias en América latina y el caribe. Cuadernos #91 proyecto CEPAL/GTZ, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Compilación y edición Chaparro Ávila y Matías Renard Reesse.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO, por sus siglas en inglés), (1993) Análisis de sistemas de producción animal. Tomo 1. Las bases conceptuales, capítulo 4 “conceptualización de sistema. Estudio FAO producción y sanidad animal 140/1. Depósito de documentos de la FAO, departamento de agricultura, Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, (FAO, por sus siglas en inglés), (2007) Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional. Informe sobre recursos mundiales de suelo, #103, Roma, Italia.
- Real Academia Española (RAE) (2014). Diccionario de la lengua española. (<http://dle.rae.es/?id=7yqs7dT>) consultado agosto 2014
- RODRÍGUEZ, Sánchez, Luis A: (2014). Tesis de licenciatura, Áreas potenciales de efectos a corto plazo por contaminación atmosférica en dos grupos de edad de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México., UNAM, México D. F.
- SÁNCHEZ, A. Adolfo. (2012) La evolución de la Ciudad de México factores para el desarrollo social. Informe del Estado de Desarrollo Social en el Distrito Federal, Consejo de Evaluación del Desarrollo Social del Distrito

Federal (CEDSDF) México, D. F.( [http://www2.df.gob.mx/virtual/evaluadf/files/pdfs\\_sueltos/evo\\_cmexico.pdf](http://www2.df.gob.mx/virtual/evaluadf/files/pdfs_sueltos/evo_cmexico.pdf)) consultado junio 2014

- Secretaria de Desarrollo Urbano y Metropolitano (SDUM) (2003) Plan Regional de Desarrollo Urbano del Valle Cuautitlán-Texcoco. ([http://seduv.edomexico.gob.mx/dgau/planes\\_regionales/prduvct/RVCT %2010-06-05.pdf](http://seduv.edomexico.gob.mx/dgau/planes_regionales/prduvct/RVCT_%2010-06-05.pdf)) consultado 23 de mayo de 2014.
- SDUM (2011a) Plan de desarrollo del Estado de México 2011-2017 Región III Chimalhuacán 2011. ([http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas\\_regionales/groups/public/documents/edomex\\_archivo/copladem\\_pdf\\_rv\\_chimalhuacan.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas_regionales/groups/public/documents/edomex_archivo/copladem_pdf_rv_chimalhuacan.pdf)) consultado 18 de febrero 2014
  - SDUM (2011b) Plan de desarrollo del Estado de México 2011-2017 Región V Ecatepec 2011. ([http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas\\_regionales/groups/public/documents/edomex\\_archivo/copladem\\_pdf\\_rv\\_ecatepec.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas_regionales/groups/public/documents/edomex_archivo/copladem_pdf_rv_ecatepec.pdf)) consultado 18 de febrero 2014.
- SDUM (2011c) Plan de desarrollo del Estado de México 2011-2017 Región IX Nezahualcóyotl. 2011 ([http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas\\_regionales/groups/public/documents/edomex\\_archivo/copladem\\_pdf\\_rv\\_nezahualcoyotl.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas_regionales/groups/public/documents/edomex_archivo/copladem_pdf_rv_nezahualcoyotl.pdf)) consultado 18 de febrero 2014
- SDUM (2011d) Plan de desarrollo del Estado de México 2011-2017 XI Texcoco. ([http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas\\_regionales/groups/public/documents/edomex\\_archivo/copladem\\_pdf\\_rv\\_textcoco.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas_regionales/groups/public/documents/edomex_archivo/copladem_pdf_rv_textcoco.pdf)) consultado 18 de febrero 2014
- SDUM (2011e) Plan de desarrollo del Estado de México 2011-2017 XII Tlalnepantla. 2011 ([http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas\\_regionales/groups/public/documents/edomex\\_archivo/copladem\\_pdf\\_rv\\_tlalnepantla.pdf](http://portal2.edomex.gob.mx/copladem/programas_regionales/groups/public/documents/edomex_archivo/copladem_pdf_rv_tlalnepantla.pdf)) consultado 20 de febrero 2014
- Secretaria de Desarrollo Urbano (SEDUV, actualmente SDUM) (2008) Plan estatal de desarrollo urbano 2005-2011. Gobierno del Estado de México (<http://seduv.edomexico.gob.mx/dgau/pdf/PEDU.pdf>) consultado abril 2014.
- Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI).(2010) Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Gustavo A. Madero, México D. F. ([http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetas/2008/PDDU\\_.pdf](http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2008/PDDU_.pdf)) consultado el 26 de febrero de 2014
- SEDUVI (2008a) Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Iztacalco, México D. F. ([http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetas/2008/PDDU\\_.pdf](http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2008/PDDU_.pdf)) consultado el 26 de febrero de 2014
- SEDUVI (2008b). Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Iztapalapa México D. F. ([http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetas/2008/PDDU\\_.pdf](http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2008/PDDU_.pdf)) consultado el 26 de febrero de 2014
- SEDUVI (2005), Programa Delegacional de Desarrollo Urbano en Venustiano Carranza México D. F. ([http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU\\_Gacetas/2008/PDDU\\_.pdf](http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/PDDU_Gacetas/2008/PDDU_.pdf)) consultado el 26 de febrero de 2014

- SEDUVI (2003). Programa general de Desarrollo Urbano del Distrito Federal. Gaceta oficial del Distrito Federal ([http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/programageneral/031231\\_PGDU.pdf](http://www.SEDUVI.df.gob.mx/portal/docs/programas/programageneral/031231_PGDU.pdf)), consultado el 26 de febrero de 2015
- Sistema de Planeación Regional (SPR), (2005). Programa de desarrollo regional. macro región III Oriente 2006-2011 (<http://transparencia.edomex.gob.mx/copladem/informacion/sectoriales/M%20III%20%20R%20XIV%20Tultitlan.pdf>) consultado el 20 de mayo 2014.
- Sistema Meteorológico Nacional (SMN) Base de datos climatológica nacional (sistema CLICOM), (<http://clicom-mex.cicese.mx/>) consultado y descargado mayo 2010
- TURNER, Billie L.; SKOLE, David L. y Moss R. (1993). Relating land use and global land cover change: a proposal for and IGBP-HDP core Project, Global Change,
- SAN JUAN, César; OTERO, Yosú. (2000). Conflictos socioambientales y áreas protegidas en América Latina: Contextos y métodos de intervención en el caso boliviano Psychosocial Intervention, vol. 9, núm. 2, pp. 247-258 Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid, España.
- Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) (2014), Imágenes Landsat 1989, 2000 y 2014, consulta y descarga, (<http://landsatlook.usgs.gov/viewer.html>), consultado 25 mayo 2014
- VALEK V., Gloria (2000). Reflejo de un valle en el tiempo. Historia de la ciencia y la técnica. UNAM, Distrito Federal, México.
- VELÁZQUEZ Alejandro; MAS, J. F.; DÍAZ GALLEGOS, J. R.; MAYORGA SAUCEDO, R.; ALCÁNTARA, P. C.; CASTRO, R.; FERNÁNDEZ, T.; BOCCO, Gerardo.; EZCURRA, E.; PALACIO, José. Luis (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. Gaceta ecológica, #62 INE, Distrito Federal, México.
- VELÁZQUEZ Alejandro; DURAN, Elvira; LARRAZÁBAL, Alejandra; LÓPEZ, Faustino y MEDINA, Consuelo (2010), La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo. INECC, México Distrito Federal (<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/601/cobertura.pdf>) consultado mayo de 2014.
- Word Vision, (2007) Manual de Manejo de Cuencas Canadá. ([http://www.ufrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/ensino/TMBH/2015-I/TMBH%20Dinamica%2007%20\(2015-1\)%20Anexo.pdf](http://www.ufrj.br/institutos/if/lmbh/pdf/ensino/TMBH/2015-I/TMBH%20Dinamica%2007%20(2015-1)%20Anexo.pdf)), consultado marzo 2014



## Anexos

### Cobertura vegetal por municipio

| Tipos de cobertura   | Municipios  | Características  | Servicios ambientales  |
|----------------------|---|--|--|
| Zona urbana          | Iztapalapa, Iztacalco, GAM, y Venustiano Carranza y en los municipios del Estado de México como Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán principalmente. | Se refiere a cobertura con usos de suelo referente a uso de suelo industrial, de equipamiento y habitacional.  | *Recreación<br>Educación<br>*Información cultural y artística *Ciencia y   |
| Zona del Lago        | Texcoco, Atenco, Ecatepec, Nezahualcóyotl, Tezoyuca y Chimalhuacán  | Se delimito de acuerdo a la zona de conservación del Lago de Texcoco y sus alrededores siempre y cuando no exista población ni áreas de cultivo en la zona.                      | *Regulación del clima del suelo<br>*Captación y filtración del agua<br>*Recreación<br>Formación del suelo<br>*Hábitat de especies<br>*Tratamiento de desechos<br>*Regulación del agua<br>*Belleza escénica<br>*Recarga de acuíferos *Control biológico<br>*Retención |
| Zona de montaña      | Gustavo A. Madero, Tlalnepantla, Acolman, Ecatepec, Chimalhuacán, Chiautla y Tepetlaoxtoc   | Es la zona de la Sierra de Guadalupe, los cerros de Chiquigüite, Zacatenco, Tepeyac, Tezontlale, Chimalhuachi y el volcán de Caldera donde no haya población.                    | *Producción de madera<br>*Regulación del clima<br>*Provisión de agua<br>de oxígeno y asimilación de contaminantes<br>*Captación y filtración del agua<br>*Provisión de materias primas<br>* Producción de alimentos<br>*Retención del suelo<br>*Generación           |
| Zona agrícola        | Texcoco, Atenco, Chiconcuac, Chiautla, Tezoyuca, Acolman, Chimalhuacán y Chicoloapan.   | Es la zona donde se observa una cobertura agrícola, una zona sin población con diferentes tonalidades y texturas características de sembradíos, que generalmente es zona ejidal. | *Provisión de materias primas<br>alimentos<br>*Retención del suelo<br>*Producción de   |
| Zona de equipamiento | Iztapalapa, la Gustavo A. Madero y Nezahualcóyotl   | Son las zonas verdes de considerable tamaño que se pueden diferenciar fácilmente como el Bosque de Aragón, la Alameda Oriente y el Parque Zoológico del Pueblo                   | *Regulación del clima<br>*Belleza escénica<br>*Recreación<br>*Generación de oxígeno y asimilación de contaminantes<br>*Biodiversidad   |

| Cobertura 2000       | Municipios  | Cobertura 2014              | Municipios  |
|----------------------|---|-----------------------------|---|
| Zona urbana          | Iztapalapa, Iztacalco, GAM, y Venustiano Carranza y en todos los municipios del Estado de México excepto Tultitlan, Coacalco, Tecámac | <b>Zona urbana</b>          | Iztapalapa, Iztacalco, GAM, y Venustiano Carranza y en todos los municipios del Estado de México excepto Tultitlan, Coacalco, Tecámac |
| Zona del Lago        | Texcoco, Atenco, Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán  | <b>Zona del Lago</b>        | Texcoco, Atenco, Ecatepec, Nezahualcóyotl y Chimalhuacán  |
| Zona de montaña      | Gustavo A. Madero, Tlalnepantla, Acolman, Iztapalapa, Ecatepec, Chimalhuacán, La Paz, Tepetlaoxtoc y Chiautla                         | <b>Zona de montaña</b>      | Gustavo A. Madero, Tlalnepantla, Acolman, Iztapalapa, Ecatepec, Chimalhuacán, La Paz, Tezoyuca y Chiautla.                            |
| Zona agrícola        | Texcoco, Atenco, Chiautla, Tezoyuca, Acolman.   | <b>Zona agrícola</b>        | Texcoco, Atenco, Chiconcuac, Chiautla, Tezoyuca, Acolman, Papalotla.  |
| Zona de equipamiento | Iztapalapa y la Gustavo A. Madero   | <b>Zona de equipamiento</b> | Iztapalapa y la Gustavo A. Madero   |

Tipos de cobertura por municipios

## Cuadrante A

### 1. Uso de equipamiento, Sistema Colectivo Metro, en Ecatepec



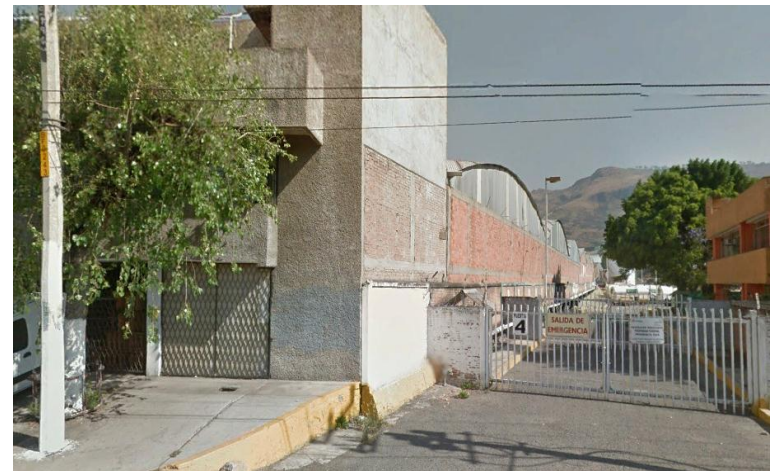
### 2. Vialidades importantes y transporte en la frontera del municipio de Ecatepec y la delegación GAM



### 3. Uso habitacional nivel bajo en el municipio de Tlalnepantla



### 4. Uso industrial, en el municipio de Tlalnepantla



## Cuadrante B

1. Uso habitacional nivel alto, en el municipio de Texcoco



2. Uso comercial en el municipio de Chiconcuac



3. Uso habitacional nivel bajo en el municipio de Chiautla



4. Uso de equipamiento, centro de salud en el municipio de Atenco





## Cuadrante C

### 1. Uso de equipamiento, UAEM, en el municipio de Nezahualcóyotl



### 2. Uso habitacional en la delegación Venustiano Carranza



### 3. Uso comercial el en municipio de Nezahualcóyotl



### 4. Uso de equipamiento, Sistema Colectivo Metro y metrobús en Iztapalapa



## Cuadrante D

1. Uso de equipamiento, escuela en el municipio de Chimalhuacán



2. Uso del suelo comercial, plaza comercial en el municipio de Chimalhuacán



3. Uso habitacional nivel bajo en el municipio de Texcoco



4. Uso de equipamiento, atrio de iglesia en el municipio de Chimalhuacán



