



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

APTITUD RELATIVA AGRÍCOLA DE LA PORCIÓN SUR DEL
LAGO DE CHALCO (HUITZILZINGO, CHIMALPA Y XICO NUEVO).

T E S I S
PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

PRESENTA
BERENICE IRAIS MARTÍNEZ DE LA ROSA

TUTOR
DR. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, 2013





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 mi mamá, por darme la oportunidad de vivir, quien ha visto mi desarrollo y en cada una de las etapas de mi vida, me acompañó sin importar si fueron triunfos o fracasos y no dudo que seguirá a mi lado cuando la necesite, solo ella tiene la capacidad de levantarme. Por cada desvelo, preocupación y por tener esperanza en mí cuando nadie más lo hace.

A mi papá, quien me inculco el amor a la tierra y a la humanidad, quien me dice “si no vives para servir, no sirves para vivir”. Por sus enseñanzas, simplemente el mejor maestro en mi vida.

A mis hermanos Areli y Alfredo, por su comprensión, por ser un motivo importante para seguir adelante.

A mi familia, mis abuelos Alfredo, Josefina e Isabel, por el cariño demostrado a lo largo de mi vida, a mi tío Mauro quien es pieza fundamental de esta tesis, a la tía Martha por las porras y quien despertó mi amor a los libros, a una persona muy especial Mitzy. A mis tías Ceci, Irma y Eva, a mis tíos Raymundo y Francisca (Beto), a mi tío Enrique.

Al Dr. José López García, por aceptar dirigir esta tesis, su interés en su realización, la paciencia y sus conocimientos, por compartir momentos de duro trabajo en campo y de gabinete, por la convivencia entre familia y amigos.

Al Dr. José Lugo Hubp por la asesoría en el trabajo en campo, la revisión y la corrección, pero sobre todo por su amistad y su cariño.

Al Lic. Manuel S. Vázquez Díaz, por el apoyo en el laboratorio de suelos del Colegio de Geografía. Al Mtro. José Manuel Espinoza Rodríguez y al Lic. José Luis Luna Montoya por la revisión de la tesis, las correcciones y aportaciones.

A mi mejor amiga Leslie Islas Varela por su apoyo incondicional en los momentos difíciles y por compartir maravillosos momentos en clase, en campo y en casa.

A mis compañeros y amigos: Hazziel Padilla, Pablo Leautaud, Maviael Sarai, Alfonso Carbajal, Maribel Blancas e Irving Morales, por las asesorías, sugerencias y porras.

Al Mtro. en Ciencias Rodolfo Serrato Cuevas por el apoyo en los análisis de salinidad y saturación de sodio.

A Virginia Alba Romero y Ricardo López Alfaro por permitir la realización del levantamiento de suelos en su terreno, por su interés constante y su apoyo.

A los comités ejidales por la información proporcionada, al municipio de Chalco, al Profesor Arturo Sánchez Leal por la investigación realizada en el Archivo histórico de Toluca y al Ing. Haem.

Al Sr. Benjamín López Ortiz por prestarme el Mapa de las tierras y aguas que son de los naturales del pueblo de Huitzilzinco, 1620.

A René I. Segura Jiménez, por su apoyo en el trabajo de campo y en el laboratorio de suelos.

.

Al Dr. Jorge López Blanco por proporcionarme las fotografías aéreas del área en estudio.

ÍNDICE TEMÁTICO

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	7
1.1. Introducción	7
1.2. Justificación	10
1.3. Objetivo general	11
1.4. Objetivos particulares	11
1.5. Hipótesis	11
1.6. Marco Histórico	12
1.7. Marco Teórico	17
1.8. Metodología	20
1.8.1. Delimitación del área de estudio	20
1.8.2. Nivel de percepción	20
1.8.3. Fases de la investigación	21
1.8.4. Cartografía	22
1.8.5. Modelo Almagra	24
1.8.6. Entrevistas	27
CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	30
2.1. Paisaje físico	32
2.1.1. Geología	33
2.1.2. Geomorfología	37
2.1.3. Hidrografía	44
2.1.4. Clima	45
2.1.5. Suelos	48
2.1.6. Fauna	49
2.2. Paisaje Humano	50
2.2.1. Actividades Económicas primarias	50
2.2.2. Tenencia de la tierra	51
2.2.3. Vegetación y uso de suelo	53
2.2.4. Labores de cultivo (manejo)	54
2.2.5. Costos de cultivo	58
CAPÍTULO III. RESULTADOS	59
3.1. Levantamiento de suelos	59
3.2. Rango de variación	62
3.3. Análisis de laboratorio	64
3.4. Aptitud relativa agrícola	65
3.5. Discusión	71
3.6. Conclusiones	71
Bibliografía	74
Anexo A	80
Anexo B	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Iñigo Noriega Laso con su esposa Guadalupe Castro y sus Hijos (1895),	14
Figura 2. Rio Amecameca, antes de su canalización (a la izquierda Don Pedro Rivas).	15
Figura 3: Canal del sur.	16
Figura 4: Barrenación en la besana Tulapitas.	23
Figura 5. Influencia directa e indirecta de las propiedades en el desarrollo de los cultivos.	25
Figura 6. Propiedades relacionadas con el suelo.	26
Figura 7. Localización del área en estudio.	31
Figura 8. Glifo de Huitzilzingo.	31
Figura 9. Glifo de Chimalpa.	32
Figura 10. Glifo de Xico.	32
Figura 11. El valle de México en el Plio- Pleistoceno (de acuerdo con Moser, 1975).	33
Figura 12. La cuenca de México en el Cuaternario Superior (de acuerdo con Moser, 1975,	34
Figura 13. Mapa geológico de Chalco.	35
Figura 14. Sedimentos lacustres del antiguo lago de Chalco.	36
Figura 15. Mapa de unidades geomorfológicas de Chalco.	38
Figura 16. Mapa de peligros de Chalco.	41
Figura 17. Efecto del relieve sobre el drenaje y la disponibilidad de agua.	42
Figura 18: Tipo de grietas según su expresión en el relieve.	43
Figura 19. Grieta en campo de cultivo, besana San Bartolo.	43
Figura 20. Los lagos de la cuenca de México a través del tiempo.	44
Figura 21. Pequeños lagos someros, indicadores de aéreas deprimidas.	45
Figura 22. Mapa de climas en el municipio de Chalco.	46
Figura 23. 10 de febrero del 2007, tornado al sur de área en estudio.	47
Figura 24. Fauna del lago de Chalco.	49
Figura 25. Actividades primarias.	50
Figura 26. Repartición de tierras por dotación y restitución.	52
Figura 27. Mapa de tenencia de la tierra de la porción sur del lago de Chalco.	52
Figura 28. Vegetación y cultivos.	53

Figura 29. Terreno barbechado en la besana Tulapas.	55
Figura 30. Terreno Rastreado en la besana de Los Ojitos.	55
Figura 31. Arado llamado "pinacate".	56
Figura 32. Arado extranjero.	56
Figura 33. Cultivo de lechuga, en la besana de La Draga.	57
Figura 34. Costos de tractor 2013.	58
Figura 35. Perfil 1, Griatudo.	60
Figura 36. Perfil 2, Arenal.	61
Figura 37. Perfil 3, Xico.	62
Figura 38. Muestras de los horizontes de las tres unidades de mapeo.	64
Figura 39. Cuadro de resultados de los análisis de laboratorio.	64
Figura 40. Propiedades de las unidades de mapeo de suelos.	65
Figura 41. Matriz de gradación de la profundidad útil.	65
Figura 42. Matriz de gradación de la textura.	66
Figura 43. Matriz de gradación del drenaje.	66
Figura 44. Matriz de gradación de contenido de carbonatos.	66
Figura 45. Matriz de gradación de la salinidad.	67
Figura 46. Matriz de gradación de la saturación de sodio.	67
Figura 47. Matriz de gradación de desarrollo del perfil.	67
Figura 48. Tabla de rendimientos de producción.	68
Figura 49. Resultados de la evaluación de tierras para doce cultivos con base en el modelo Almagra.	68
Figura 50. Mapa de suelos de la porción sur del lago de Chalco.	70
Figura 51. Valores para Griatudo.	80
Figura 52. Valores para Arenal.	80
Figura 53. Valores para Xico.	81
Figura 54. Mapa de las tierras y aguas que son de los naturales del pueblo de Huitzilzinco, 1620.	83

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

En este capítulo se aborda la base teórica de la Investigación, se definen los objetivos y la hipótesis; se describen los procesos históricos de la desecación del lago de Chalco y se desarrolla de forma detallada la metodología empleada.

1.1. Introducción

La evaluación de la tierra se define oficialmente como *la evaluación del rendimiento de la tierra cuando se usa para un propósito específico, en la que se involucra la ejecución y la interpretación de encuestas y estudios de las formas de la tierra, los suelos, la vegetación, el clima y los otros aspectos de la tierra con el fin de identificar y comparar las clases de promesas del uso de la tierra en términos aplicables a los objetivos de la evaluación* (FAO, 1976).

La importancia de evaluar las tierras consiste en determinar el potencial agrícola, mediante el análisis de las características del clima, suelo y manejo, con el fin de mejorar los sistemas productivos agrícolas y apoyar la toma de decisiones. El tamaño de las unidades y el grado de detalle dependen de la escala y el propósito del trabajo; pueden definirse a partir de estudios a pequeña escala para importantes extensiones, y estudios a escalas grandes, orientados a superficies pequeñas (Sims, 1993; citado en Bojórquez y López, 1997).

En función de las preguntas que tienen que responderse, la evaluación de la tierra se puede realizar a diferentes escalas (por ejemplo, local, nacional, regional, e

incluso mundial) y a diferentes niveles de cuantificación (por ejemplo, cualitativo ante cuantitativo), la unidad local de planificación podría ser el pueblo, un grupo de pueblos o una pequeña zona de recogida de agua. En este nivel, es más fácil ajustar el plan a las personas, se utilizan los conocimientos y las contribuciones de personas locales (FAO, 1976).

Los levantamientos edafológicos son la base para la definición de las unidades de mapeo a partir de las características y propiedades de los suelos, lo que permite llegar a la evaluación de tierras, las cuales son áreas de terreno distintivamente diferentes unas de otras en sus atributos y con suficiente uniformidad interna en sus características para su manejo (Ponce, 1993; citado en Bojórquez y López, 1997). Proporcionan información teórico- práctica útil en la forma más sencilla posible, de manera que pueda ser entendida y aplicada por los diferentes usuarios del suelo, desde un profesional en esta rama, pero principalmente un agricultor (Elbersen *et al.*, 1986).

Las unidades de evaluación corresponden a “unidades de tierra”, dado que la definición se realiza mediante un análisis fisiográfico (Botero, 1978; Ortiz y Cuanalo, 1984; Bojórquez y López, 1997), en el cual se genera una leyenda fisiográfica como un sistema jerárquico que abarca diferentes niveles de generalización del paisaje. Se entiende por “paisaje” una porción tridimensional de la superficie terrestre, que pertenece a una sola unidad climática, que tiene una relación definida con las áreas que la rodean y dentro de la cual posiciones comparables conllevan un alto grado de homogeneidad geogenética; además de

tener una relación espacial y genética (Villota y Forero, 1986, citado en Bojórquez y López, 1997).

El área en estudio es la porción sur del antiguo lago de Chalco, uno de los cinco lagos que conformaban el extenso sistema lacustre del Anáhuac. La cuenca endorreica de México se originó al cerrarse por el sur el antiguo valle, por una poderosa actividad volcánica que formó a la Sierra Chichinautzin. Sufrió un impacto ambiental importante a finales del siglo XIX, pues el lago pertenecía a la Hacienda de Xico y anexas. Iñigo Noriega con una visión agrícola moderna decide desecar el lago para el aprovechamiento de los terrenos ocupados por el agua; para lograrlo, se canalizó el Río Amecameca que desembocaba al sur de Huitzilzingo.

Los suelos estudiados son el resultado de la desecación de hace poco más de cien años, cuando se reconocieron los cultivos más característicos de la región, tales como frijol, romerito, calabaza, remolacha forrajera y principalmente maíz, el que crea controversia al llamarse *maíz chalqueño*, porque se dice que se nombra así desde la época prehispánica y que pertenece a la región de Cocotitlán, Juchitepec, Ayapango y Chalco (Wellhausen *et al.*, 1951), que abastecían a la ciudad de Tenochtitlán; sin embargo los lugareños dicen que el nombre *chalqueño* es por las características del maíz que se producía en los suelos lacustres y que pertenecen a la región de Huitzilzingo, Chimalpa y Xico.

1.2. Justificación

El funcionamiento de un suelo está asegurado si se logra que las intervenciones antrópicas, que se juzgan necesarias para que cumplan ciertas funciones, se hagan dentro de límites que no provoquen demasiados cambios en su entropía (Etchevers *et al.*, 2009).

El levantamiento de suelos permite evaluar la aptitud relativa agrícola para la porción sur del antiguo lago de Chalco, con el fin de identificar cultivos que mejoren la producción agrícola, paralelamente con la calidad del suelo. Esto va orientado al crecimiento económico de los campesinos, porque será menor el riesgo de la pérdida de su cosecha al disponer de cultivos alternos determinados por el tipo de suelo.

El estudio será una herramienta importante para la gestión de apoyos específicos en sistema de riego, semillas, maquinaria e infraestructura agrícola, ya que será una base teórica con la cual los productores puedan justificar la mejora en la producción con beneficios ambientales, además de valorar el conocimiento que ellos tienen sobre su espacio geográfico, porque sus aportaciones son indispensables para la realización de la investigación.

La descripción de las características del suelo permite identificar cultivos que van a tener un desarrollo integral, lo que se traduce en una producción de calidad y un mejor manejo del suelo. Los criterios de calidad cualitativos se seleccionan de

entre los señalados por los agricultores y permiten pasar del conocimiento empírico al conocimiento científico (Etchevers *et al.*, 2009).

El área en estudio está dentro de la zona metropolitana de la Ciudad de México y es un espacio rural que tiene relevancia porque puede actuar como un área agroecológica, con funciones que apoyen al medio ambiente, desde la infiltración del agua pluvial hasta la conservación de especies.

1.3. Objetivo General

- Determinar la aptitud relativa agrícola de los suelos en la zona lacustre de la porción sur del lago de Chalco.

1.4 Objetivos Particulares

- Realizar un levantamiento de los diferentes tipos de suelos identificados en el área en estudio.
- Elaborar de un mapa de suelos a escala detallada.
- Identificar las principales características para el desarrollo de los cultivos.

1.5. Hipótesis:

- Si los suelos del vaso lacustre de Chalco son el resultado de depósitos lacustres, fluviales y piroclásticos, es de esperarse que ostenten una aptitud con cierto grado de variación, en función de los materiales que les dan origen.

1.6. Marco Histórico

Los habitantes de los pueblos que rodeaban el lago de Chalco se dedicaban a la pesca de carpa, ajolote, acocil y charal, a la recolección del tule que crecía en la ribera y a la caza de aves silvestres como patos y chichicuilotos; en estas actividades se basaba la economía de los pueblos antes de la desecación del lago.

Diversas razones fueron las que determinaron la desecación del lago de Chalco. Los intentos comenzaron desde la época colonial y continuaron durante el siglo XIX; de las más importantes fueron disminuir las inundaciones que sufrían los habitantes de la Ciudad de México y del sur de la Cuenca, provocadas por las corrientes de los ríos que desembocaban en el lago y por las aguas provenientes de la estación de lluvias que aumentaba el nivel del lago, y para el aprovechamiento de las tierras de buena calidad, que tanto el gobierno como los hacendados buscaban obtener.

Entre las primeras acciones están las realizadas por el gobierno del Estado de México: el decreto del 17 de mayo de 1827 indica el costo de la apertura de un canal que permitía desaguar el lago, y el decreto número 320 del 31 de mayo de 1833, disponía de un canal del lago de Chalco al de Texcoco, reglamentando la repartición de los terrenos que resultaron desecados (Beltrán 1998).

Pero fue a finales del siglo XIX que los hermanos Remigio e Iñigo Noriega se asentaron en la región de Chalco, con objetivos de impulsar y modernizar las actividades agrícolas e industriales, los cuales coincidieron con los del Gobierno federal, que no sólo autorizó la desecación del lago de Chalco, sino que también aprobó obras de la misma índole en el estado de Michoacán (Figura 1).

Desde 1886, los hermanos Noriega Laso, empezaron a comprar propiedades agrícolas en la región, entre ellas la hacienda de Zoquiapan formada por los predios El Carmen y El Ventorrillo y la hacienda de Río Frío, pertenecientes al municipio de Ixtapaluca. En noviembre de 1890. Los Noriega compraron el rancho de Xico por la cantidad de \$20, 000.00, a Carlos Riva Palacio. El rancho tenía una extensión de 78 hectáreas, sus límites eran las riberas del Lago de Chalco y en sus laderas se asentaba el poblado de San Martín Xico; tiempo después los habitantes de esta población fueron trasladados a terrenos comprados a la hacienda de San Juan de Dios, localizada en el antiguo barrio de San Sebastián del poblado de Chalco (*Ibíd.*). Desde que llegaron al municipio de Chalco, los Noriega consideraron el proyecto de desecar el lago con el fin de obtener una gran extensión de tierra, aproximadamente 1755.67 hectáreas, para destinarlas al cultivo de cereales.

Los hermanos solicitaron, en 1895, al gobierno federal la concesión para desecar totalmente el lago de Chalco, que tenía más de 9, 500 hectáreas de extensión y una profundidad de 1.2 m en promedio. El gobierno estatal, mediante el decreto

número 17 de mayo 6 de 1895, aprobó el proyecto. A su vez, el Congreso de la Unión aprobó la solicitud de la desecación, el 30 de julio del mismo año.



Figura 1. Iñigo Noriega Laso con su esposa Guadalupe Castro y sus Hijos (1895).
Fuente: www.archivodeindianos.es

DECRETO

Secretaría de Estado y del Despacho de Comunicaciones y Obras Públicas.- Sección 3a.

El Presidente de la República, se ha servido dirigirme el decreto que sigue:

“PORFIRIO DÍAZ, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, á sus habitantes, sabed:

“Que el Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, decreta:

“Artículo único. Se aprueba el contrato celebrado entre el C. General Manuel González Cosío, Secretario de Estado y del Despacho de Comunicaciones y Obras Públicas, en representación del Ejecutivo Federal, y los Sres. Remigio Noriega y Hermano, para canalizar las aguas depositadas en el Lago de Chalco y las de los manantiales que lo alimentan, desecando los terrenos ocupados por dicho lago.

–M. Z. Doria, diputado presidente. – Rúbrica. –F. P. Aspe, senador presidente. – Rúbrica. –Daniel García, diputado secretario. – Rúbrica. –Guillermo de Landa y Escandón, senador secretario. – Rúbrica.”

“Por tanto mando se imprima, publique, circule y se le dé el debido cumplimiento.

“Dado en el Palacio del Poder Ejecutivo de la Unión, de México, á los diez y siete días del mes de Octubre de mil ochocientos noventa y cinco. –*Porfirio Díaz*. – Al C. General Manuel González Cosío, Secretario de Estado y del Despacho de Comunicaciones y Obras Públicas. – Presente.”

Y lo comunico a Ud. Para su conocimiento y demás fines.

Libertad y Constitución, México, Octubre 17 de 1895. –*Manuel G. Cosío*. – Al.....

La obra se inició inmediatamente y requirió mucha mano de obra; se construyeron tres canales principales, uno de ellos el “Canal del Sur” que desalojaba el agua del río Amecameca hacia Xochimilco (Figura 2).



Figura. 2. Rio Amecameca antes de su canalización (a la izquierda Don Pedro Rivas).

Se construyeron dos canales principales para desalojar las aguas de los ríos La Compañía y Amecameca que desembocaban en el lago; el segundo fue canalizado de acuerdo con la ruta de las haciendas que también eran propiedad de los Noriega. Como sistema de riego, el canal tenía una extensión de 18 km y de anchura 12 m, llegaba a Tulyehualco, en el lago de Xochimilco, servía para llevar el agua de los manantiales situados en la parte sur de la ciénaga de Chalco,

y las corrientes de agua provenientes de la Sierra Nevada y del río Amecameca, hacia el lago de Xochimilco. Este canal era utilizado como vía de navegación entre la villa de Chalco, la hacienda de San Juan de Dios y los poblados de Huitzilzingo, Mixquic, San Juan Ixtayopan, Tulyehualco y Xochimilco. Para la desintegración del detritus vegetal impropio para los cultivos, se ordenó la quema del suelo (Figura 3).

En 1902, la construcción del canal del sur causó la inundación de los terrenos de varios pueblos: Chalco, Mixquic, Huitzilzingo, San Juan Ixtayopan, Tulyehualco y de la hacienda de San Juan de Dios, por encontrarse situados a un nivel más bajo que el lecho de la acequia (*Ibíd.*).

La inauguración de las obras de canalización se efectuó el 18 de enero de 1903, con la asistencia de los ministros de Fomento, General Manuel González Cosío, y de Comunicaciones, ingeniero Leandro Fernández, autoridades estatales y de personalidades de la vida pública y privada.

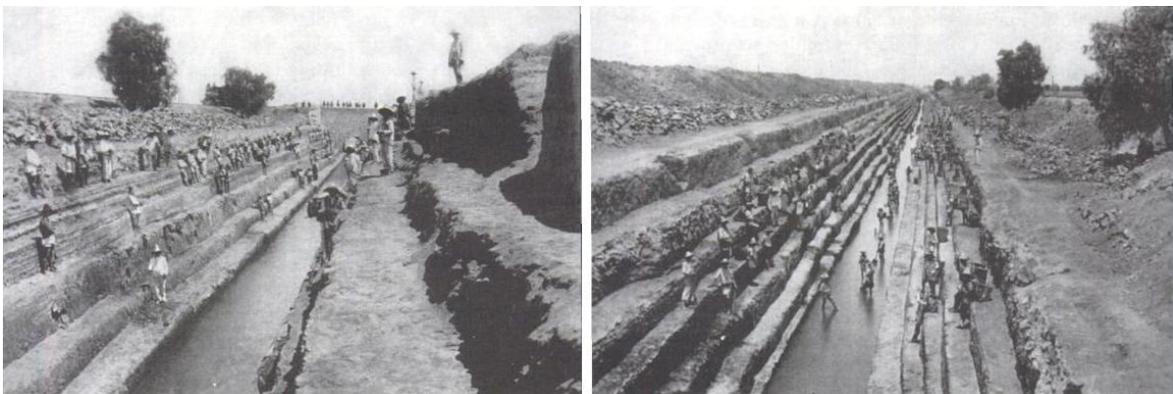


Figura 3. Canal del sur.

1.7. Marco Teórico

La búsqueda del desarrollo sustentable de una región requiere mejorar las prácticas de uso de la tierra, tanto las relativas al manejo de los sistemas agrícolas como otras formas de producción, en un proceso de planificación que permita seleccionar las formas óptimas de uso de la tierra, al considerar las realidades, biológica, física, tecnológica, cultural, económica y política de un territorio determinado (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1997). Así, los estudios de Evaluación de Tierras (ET) son un método de predicción del comportamiento de la misma ante un destino o uso específico, ya sea para impulsar la eficiencia de los mismos usos o suplirlos por otros que procuren satisfacer las necesidades de la población. El objetivo de éstos es influir, controlar o dirigir los cambios en el uso de la tierra, de manera que se dedique a su uso óptimo, mientras que se mantiene la calidad del medio ambiente y se promueve la conservación de los recursos (Dent, 1988, en Andrade, 1990).

Los levantamientos edafológicos son la base para la definición de las unidades de mapeo a partir de las características y propiedades de los suelos, lo que permite llegar a la evaluación de tierras, las cuales son áreas de terreno distintivamente diferentes unas de otras en sus atributos y con suficiente uniformidad interna en sus características para su manejo (Ponce, 1993). Se entiende por “paisaje” una porción tridimensional de la superficie terrestre, perteneciente a una sola unidad climática, que tiene una relación definida con las áreas que la rodean y dentro de la cual posiciones comparables conllevan un alto grado de homogeneidad

geogenética; además, tienen una relación espacial y genética (Villota y Forero, 1986).

Rossiter (2000) hace mención de dos tipos de levantamientos de suelo:

1. Utilitario, para responder preguntas específicas acerca de la respuesta de la tierra a su uso.
2. Científico, para entender el suelo como cuerpo natural en el paisaje

En muchas ocasiones el levantamiento científico es la forma más eficiente de obtener un levantamiento utilitario. En otras palabras, es difícil mapear la distribución de propiedades edáficas específicas sin entender la base científica de las relaciones suelo-paisaje.

Los modelos computacionales para realizar la evaluación de tierras se basan en el conocimiento de las características y propiedades de los suelos, condiciones climáticas, adaptabilidad de los cultivos, disponibilidad de agua o riego y manejo de suelos. El sistema MicroLEIS constituye una herramienta para transferir e interpretar la información agroecológica mediante datos georreferenciados y se basa en modelos computarizados de evaluación de tierras (De la Rosa, 1996). La versión 4.1 del sistema MicroLEIS está integrada por tres módulos; el primero incluye las bases de datos de suelos, de clima y de manejo; el segundo está orientado a la evaluación de la calidad de las tierras con base en modelos como Cervatana (capacidad general de uso), Terraza (deficiencia bioclimática), Almagra

(aptitud relativa agrícola), Sierra (aptitud relativa forestal), Albero (productividad agrícola y FCCAS (fertilidad natural agrícola), y el tercero está dedicado a la evaluación de la vulnerabilidad de las tierras, mediante modelos como Raizal (erosión hídrica y eólica), Arenal (contaminación general) y Pantanal (contaminación específica; De la Rosa, 1996). Actualmente, el sistema MicroLEIS ha evolucionado hacia un sistema de apoyo a la decisión (DSS) para el uso y protección de los suelos, al incorporar nuevas herramientas de optimización, espacialización y aplicaciones Web, y se encuentra totalmente disponibles, el software, la aplicación y la documentación en www.microleis.com (De la Rosa *et al.*, 2004).

El modelo Almagra define la aptitud relativa agrícola con la utilización matrices de gradación para indicar el grado mínimo al que se deben ajustar las distintas variables para corresponder a una determinada clase de aptitud; con base en este planteamiento, para cada criterio o característica del suelo, se establece una comparación entre los diferentes niveles de generalización y las necesidades específicas de cada uso agrícola. De acuerdo con las gradaciones consideradas para cada uno de los criterios seleccionados (matrices de gradación) y en relación con los diferentes usos agrícolas, se establecen cinco clases de aptitud relativa, que van desde los suelos con aptitud óptima (S1), elevada (S2), moderada (S3), marginal (S4) y nula (S5) (De la Rosa, 1996; citado en Bojórquez y López, 1997).

1.8. Metodología

Se describen las fases de la investigación, se definen los criterios para la delimitación del área en estudio y la escala; se desarrolla de forma detallada la metodología empleada para el levantamiento de suelos, la elaboración de la cartografía y la determinación de la aptitud relativa agrícola.

1.8.1. Delimitación del área en estudio

La delimitación del área en estudio se hizo en función de dos criterios:

- Geomorfológico: Se consideraron las unidades planicie lacustre, planicie proluviolacustre y riberas del antiguo lago.
- Administrativos: Se consideraron los ejidos de las tres comunidades y la propiedad privada destinadas a cultivo.

1.8.2. Nivel de percepción

El nivel parcelario corresponde al nivel con mayor detalle de los estudios: el de la agronomía y de los agricultores. Se estudia una parte de una unidad definida previamente a una mayor escala y que presenta un interés para un estudio detallado. Las escalas utilizadas varían de 1: 20 000 a 1:1 000 (Rossignol 1987).

En el nivel parcelario, las características del suelo son las que marcan las diferencias del área en estudio ya que los otros componentes tales como el clima, tienden a ser homogéneos. También permiten la observación detallada de las variaciones de suelo y hacer propuestas de soluciones concretas para el desarrollo agrícola, el mejoramiento de los suelos y de los sistemas de cultivos (*Ibíd.*).

Es a este nivel parcelario que se estudian los procesos elementales con la posibilidad de hacer el mayor número de observaciones, así como medidas que permitan cuantificar los fenómenos: balance hídrico, circulación del agua, pérdidas en tierras, dinámica del agua y de los nutrientes y desencadenamiento de los procesos de erosión, este nivel propone también soluciones concretas para el desarrollo agrícola, el mejorar de los suelos y de los sistemas de cultivo.

1.8.3. Fases de la investigación

Se realizó un levantamiento de suelos con la metodología tradicional de los levantamientos edáficos. Se consideró la metodología propuesta en el manual de levantamiento de suelos del departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Soils Survey Staff, 1993), con algunas adaptaciones, por Elbersen *et al.* (1974), actualizada por Villota y Forero (1986). El levantamiento tuvo cuatro fases:

1° Preliminar: búsqueda de toda la información posible para un primer reconocimiento teórico del área de estudio; se adquirió bibliografía, se realizó

interpretación de fotografías aéreas, mapas y se efectuaron reuniones con campesinos. Este hecho es relevante, porque se tomó en cuenta el conocimiento de la gente para basar el muestreo edáfico, quienes indicaron los diferentes suelos que se tienen en el área.

2° Levantamiento en campo: comprendió a un periodo de febrero a octubre de 2012, se realizó la descripción de tres perfiles con la metodología propuesta por Cuanalo (1990). Posteriormente se hizo la barrenación, se tomaron como referencia los puntos de muestreo y los extremos del área en estudio.

3° Laboratorio: análisis de las muestras en el laboratorio de suelos del Colegio de Geografía, UNAM.

4° Final: se determinó la aptitud relativa agrícola con la metodología propuesta por De la Rosa (1996); Bojórquez y López (2006), quienes con base en un levantamiento de suelos semidetallado, definieron las características de los suelos del municipio de Tuxpan, Nayarit y los requerimientos edáficos para desarrollar la base de datos.

1.8.4. Cartografía

Rossiter (2000), define al mapa de suelo tipo “clase área-polígono” como en el área en estudio o levantamiento, dividida en polígonos por un límite (línea) preciso; cada polígono es etiquetado con un nombre o clase específico y cada

clase es descrita posteriormente en una leyenda. Casi todos los levantamientos de suelos son de este tipo y pueden fácilmente ser representados por el modelo vector de un Sistema de Información Geográfica. Conceptualmente, estos mapas forman parte del Modelo Discreto de Variación Espacial (DSMV); la variación en el paisaje puede ser estratificada en límites precisos en áreas relativamente homogéneas.

La delimitación de las unidades de suelo, se hace con base en la barrenación, en forma lineal cada 100 m. de un punto de muestreo a otro, y en el límite del área en estudio, se lleva un registro de las características para considerar la transición entre una unidad y otra (Figura 4).



Figura 4: Barrenación en la besana Tulapitas.

Los límites entre polígonos en un mapa tipo *área-clase* son de varias clases:

Abrupto: línea más o menos clara en el paisaje y casi siempre en la fotografía aérea.

Gradual: una zona de transición; si es lo suficientemente amplia (de acuerdo con sus medidas en el mapa) puede ser mapeada separadamente.

Natural: de la combinación de los factores formadores del suelo reconocidos en el paisaje. Se trazan las líneas donde se reconocen cambios significantes en uno o más factores formadores del suelo, por ejemplo, un escarpe entre dos terrazas con material parental similar pero con diferencias cronológicas significativas.

Artificial: de un criterio externo impuesto, como un sistema de clasificación que establece normas para ello, se puede tratar de dividir dos series de suelo que difieren sólo a nivel familia en la clase de tamaño de partículas: limo fino a franco fino. Cualquier pedón simple puede ser asignado a cualquiera de las dos series.

Se trata de trazar el mejor límite basado en la propia iniciativa, pero no existen características externas o de diferenciación que ayuden.

1.8.5. Modelo Almagra

El modelo Almagra está orientado para evaluar doce cultivos de clima mediterráneo, con base en la estructura de este modelo, en el área de estudio se desarrolló una base de datos con las propiedades de las unidades de suelo y los requerimientos edáficos de doce cultivos de mayor importancia para la zona, pero no hubo una modificación como tal porque la comparación entre las condiciones de las unidades de suelo con los rangos de aptitud de los cultivos se hizo de forma

manual; no fue necesario hacerlo de forma automatizada, el *software* está diseñado para evaluar hasta cien unidades diferentes de suelo y en este trabajo sólo son tres. La determinación de los niveles de generalización de los doce cultivos, se hizo con base en el conocimiento empírico de los productores con respaldo bibliográfico.

Los parámetros utilizados en el modelo Almagra (De la Rosa, 1996) y el modelo modificado Almagra-Tuxpan (Bojórquez y López 2006) se tomaron como referencia para las cualidades relacionadas con el suelo con una influencia directa e indirecta sobre el desarrollo de los cultivos (Figura 5). Se establecieron niveles de generalización para cada una de las propiedades (Figura 6).

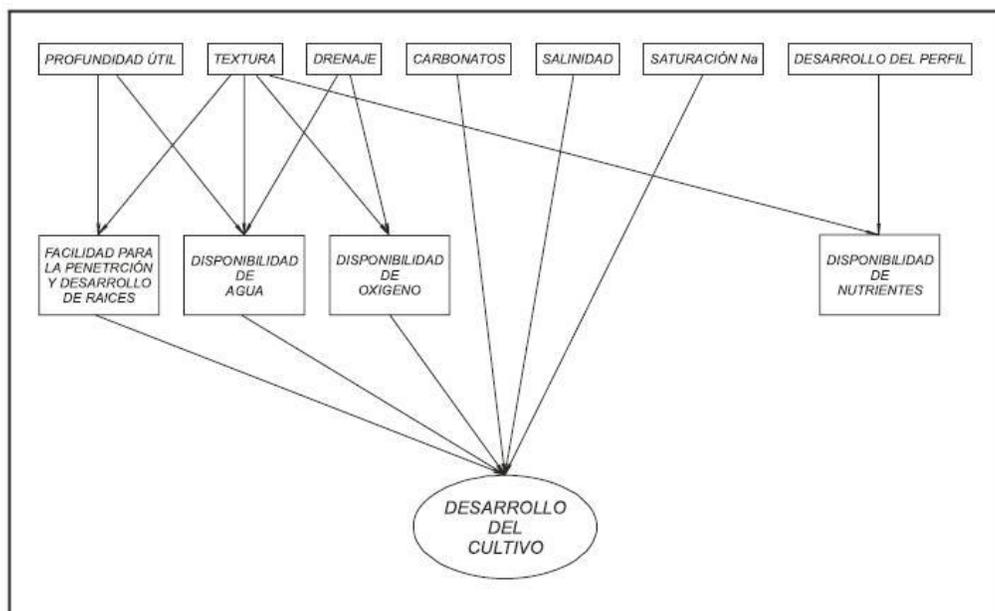


Figura 5. Influencia directa e indirecta de las propiedades en el desarrollo de los cultivos.

Fuente: De la Rosa, 1996.

Propiedades	Tipo	Niveles de generalización
Profundidad util	> 90	Muy profundo
	60- 90	Profundo
	45 - 60	Moderadamente profundo
	35 - 45	Ligeramente profundo
	25 - 35	ligeramente somero
	10 - 25	Somero
	< 10	Muy somero
Textura	Ligera	Arenosa y areno-francosa
	Media - ligera	Franco-arenosa
	Media - equilibrada	Franca, franco-limosa y limosa
	Media - pesada	Franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa y franco-arcillo-limosa
	Pesada	Arcillo-arenosa, arcillosa y arcillo-limosa
Drenaje	Muy pobre	La capa freática permanece en la superficie casi todo el año
	Pobre	El agua se retira lentamente, permanece mojado parte del año
	Moderado	El perfil permanece húmedo por poco tiempo
	Bueno	El agua se pierde con facilidad, pero no con rapidez
	Rápido	El agua se elimina rápidamente
	Excesivo	El agua se elimina con gran rapidez
Contenido de carbonatos %	< 0.5	Nulo
	0.5 - 10	Ligero
	10 - 30	Moderado
	30 - 50	Elevado
	>50	Muy elevado
Salinidad (dS/m)	<2	No afectado
	2 -4	Muy ligeramente afectado
	4 - 6	Ligeramente afectado
	6 - 8	Moderadamente afectado
	8 - 10	Elevadamente afectado
	10 - 15	Fuertemente afectado
	>16	Muy fuertemente afectado
Saturación de sodio %	< 5	Libre de sodio intercambiable
	5 - 10	Muy ligeramente afectado
	10 - 15	Ligeramente afectado
	15 - 20	Moderadamente afectado
	20 - 25	Altamente afectado
	> 25	Muy altamente afectado
Desarrollo del perfil	Grado 1	Suelos con escaso desarrollo del perfil genético
	Grado 2	Suelos con moderado desarrollo de horizontes, B cámbico
	Grado 3	Suelos con horizonte B argílico, con iluviación de arcilla
	Grado 4	B argílico muy desarrollado y fuertes evidencias de iluviación de arcilla

Figura 6. Propiedades relacionadas con el suelo.

Fuente: De la Rosa, 1996.

Los doce cultivos tradicionales seleccionados son: maíz (*Zea mays*), avena (*Avena sativa*), remolacha (*Beta vulgaris var. saccharife*), alfalfa (*Medicago sativa*),

frijol (*Phaseolus vulgaris*), brócoli (*Brassica oleracea* var. *Itálica*), lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacea oleracea* L.), calabaza (*Cucurbita maxima*), chilacayote (*Cucurbita ficifolia*), romerito (*Suaeda torreyana* S. Watson) y acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla*).

1.8.6. Entrevistas

La entrevista es la técnica con la cual el investigador pretende obtener información de una forma oral y personalizada (Murillo et al., 2008). La información versará en torno a los acontecimientos vividos y aspectos subjetivos de la persona, tales como creencias, actitudes, opiniones o valores en relación con la situación que se está en estudio, puede considerarse una técnica propiciadora en sí misma de los datos o como técnica complementaria a otro tipo de técnicas propias de la investigación cualitativa como son la observación participante, los grupos de discusión y nivel de referencia del entrevistador.

La entrevista de tipo no estructurada o abierta, no necesariamente requiere de la realización de algún tipo de guión previo a la entrevista. La información que se obtiene de ésta es el resultado de la construcción simultánea a partir de las respuestas del entrevistado. Ahora bien, en caso de ser necesaria la documentación y preparación por parte del entrevistador se deben preparar las estrategias que le permitan retomar la entrevista cuando el entrevistado se desvía del tema propuesto. La entrevista abierta es compleja, porque es difícil de llevar un control absoluto y debe ser guiada por los siguientes aspectos:

- Formular preguntas sin esquema fijo de categorías de respuestas.
- Controlar el ritmo de la entrevista en función de las respuestas del entrevistado.
- Explicar el objetivo y motivación del estudio.
- Alterar con frecuencia el orden y forma de las preguntas.
- Permitir interrupciones e intervenciones de terceros.
- Sí se requiere, no ocultar sus sentimientos o juicios de valor del entrevistado.
- Explicar cuanto haga falta del sentido de las preguntas.
- Con frecuencia improvisar el contenido y la forma de las preguntas.
- Establecer una relación equilibrada entre familiaridad y profesionalidad.
- Adoptar el estilo de oyente interesado pero no evaluar las respuestas, que deben ser abiertas por definición.
- Grabar y registrar las respuestas conforme a un sistema de codificación flexible y abierta a cambios en todo momento.

El tipo de entrevista abierta es la adecuada para esta investigación de acuerdo con al colectivo de personas en que se centra, porque implica menos estrés al entrevistado en el momento de responder las preguntas. Luis E. Alonso (1994) señala la pertinencia de la entrevista en profundidad en algunos campos específicos como en la reconstrucción de acciones pasadas (enfoques biográficos, archivos orales o análisis retrospectivos de la acción).

La ventaja de tener un vínculo vecinal y familiar con el entrevistado facilita el acceso a la información y garantiza la certeza de sus respuestas, las cuales tienden a ser explícitas, debido a la confianza que se tiene con el entrevistador e incluso, el trabajo tiene un nivel mayor de exigencia por parte de a quién va dirigido.

Estructura de la entrevista (no se formularon preguntas específicas, pero sí temas relacionados con la evaluación de tierras).

- Nombre y ocupación
- Cultivos principales
- Labores de cultivo y riego
- Opinión acerca de su producción (rendimiento del suelo y calidad del producto)
- Cualidades del suelo
- Principales limitantes
- Costos de cultivo
- Fenómenos naturales
- Hechos históricos

Los temas se abordaron con términos coloquiales para facilitar la fluidez en la conversación, sin estresar al entrevistado con términos técnicos.

CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

El área en estudio se localiza en las coordenadas 19° 33' 33" latitud norte y 98° 55' 31" de longitud oeste y abarca tres comunidades del municipio de Chalco en el Estado de México (figura 7); Alemán (1999), hace una descripción:

- San Mateo Huitzilzingo: Se localiza a cinco kilómetros de la cabecera municipal. El nombre propio mexicano es Huitzilzinco, que se compone de *huitzilzin*, abreviatura o síncopa de *huitzitzilin*, chupamirto o colibrí, de *tziltli*, expresión de diminutivo, y de *co*, en; y significa “*En el pequeño colibrí*”. Posiblemente, este nombre es hagiográfico y se refiere a algún colibrí que se veneraba allí como imagen de *Huitzilopochtli* (Figura 8).
- San Lorenzo Chimalpa: Se localiza a cuatro kilómetros de la cabecera municipal. El nombre proviene de Chimalapan, donde *chimalli* es escudo, *atl*, agua y *pan*, en el escudo de agua (Figura 9).
- San Martín Xico Nuevo: Se encuentra a tres kilómetros de la cabecera municipal, se compone de *xictli*, ombligo, y de *co*, en y significa “*en el ombligo*” (Figura 10).

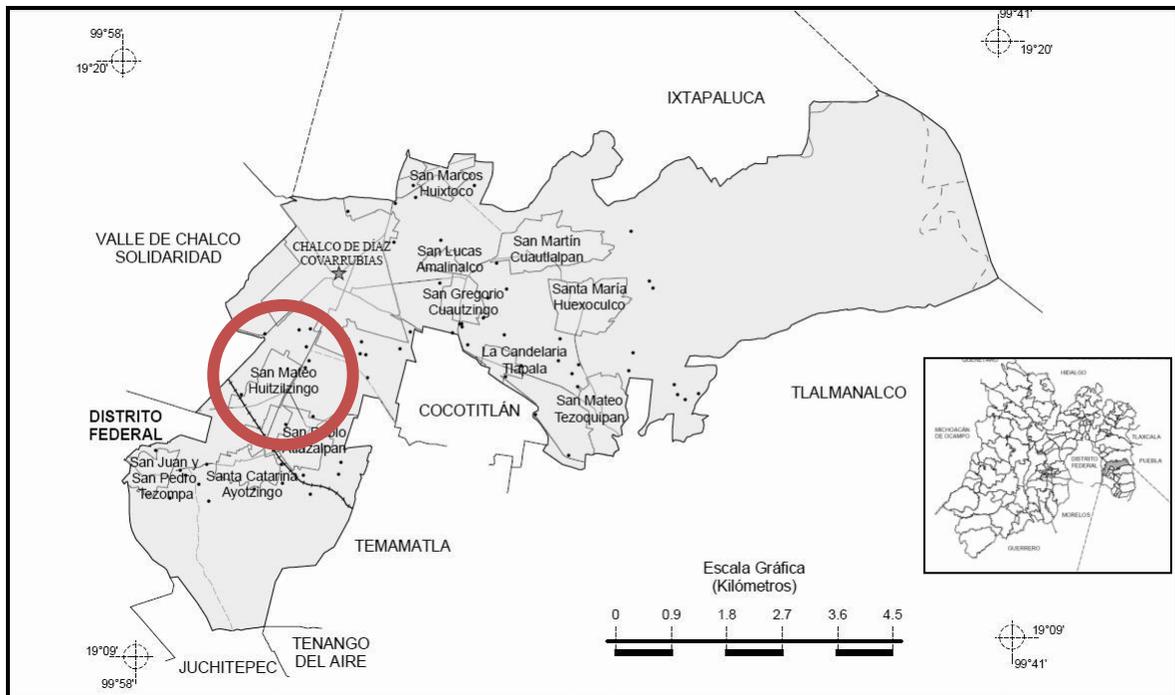


Figura 7. Localización del área en estudio.
Fuente: INEGI, 2009.



Figura 8. Glifo de Huitzilzingo.

Según el censo de población y vivienda (INEGI, 2010), el municipio de Chalco tiene una población total de 310,130 habitantes, de los cuales 15, 389 viven en Huitzilzingo. En cifras aproximadas, Chimalpa tiene 5 800 habitantes y Xico Nuevo 6 300.

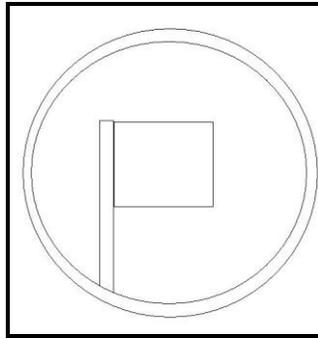


Figura 9. Glifo de Chimalpa.

En esta investigación se observó que es una zona en proceso de urbanización, y que necesita atención a la planeación para evitar problemas como los que presentan Tláhuac y Valle de Chalco, que afectan a un gran número de personas, en infraestructura, desarrollo y salud.



Figura 10. Glifo de Xico.

2.1. Paisaje Físico

Se requiere de la descripción los aspectos físicos del área en estudio para la Evaluación de Tierras, ya que tienen relación con el origen de los suelos y los procesos que los modifican.

2.1.1. Geología

Las rocas más antiguas conocidas en el subsuelo de la cuenca son de origen marino del Cretácico Inferior y Superior, las cuales corresponden con las que afloran al sur, en Morelos y al norte en Hidalgo. Son cuatro formaciones principales: Xochicalco, Morelos, Cuautla y Mexcala (Fries, 1956; en Figueroa, 2007) (Figura 11).

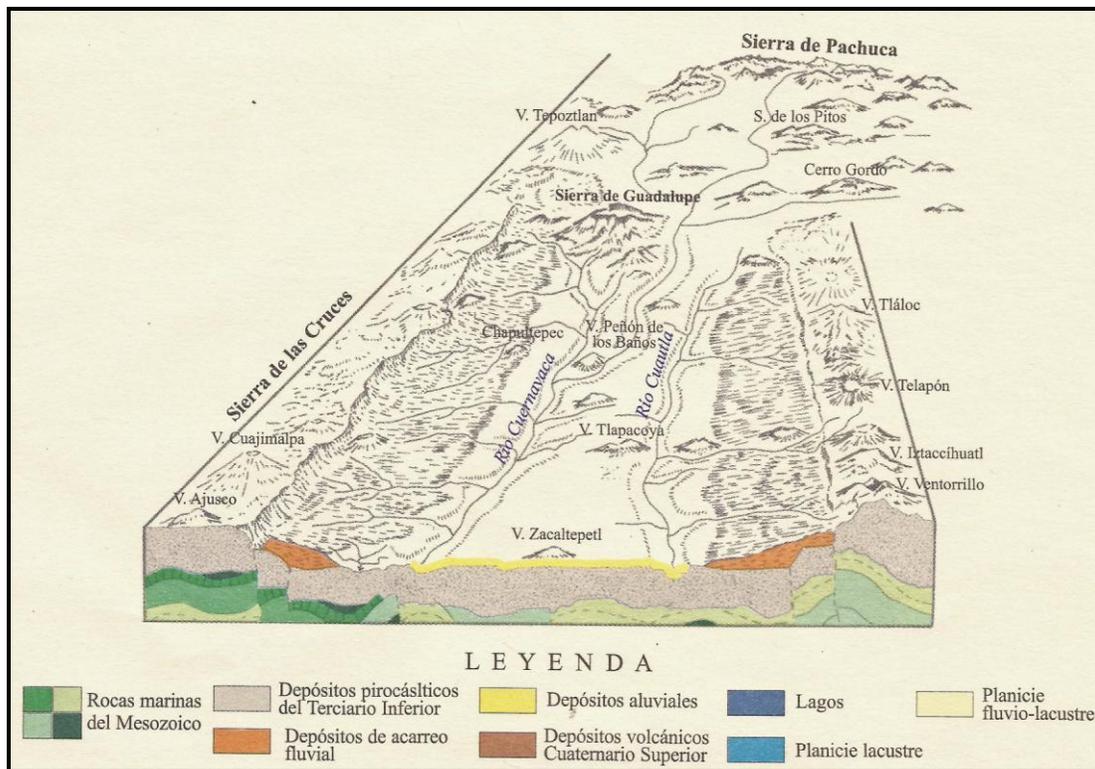


Figura 11. El valle de México en el Plio- Pleistoceno (de acuerdo con Moser, 1975)
Fuente: Zamorano, 2005.

La cuenca de México está rodeada de montañas volcánicas de edad plioceno-cuaternaria. Se localiza en la parte centro-oriente del Sistema Volcánico Transversal. Es una cuenca endorreica que se originó por la obstrucción del

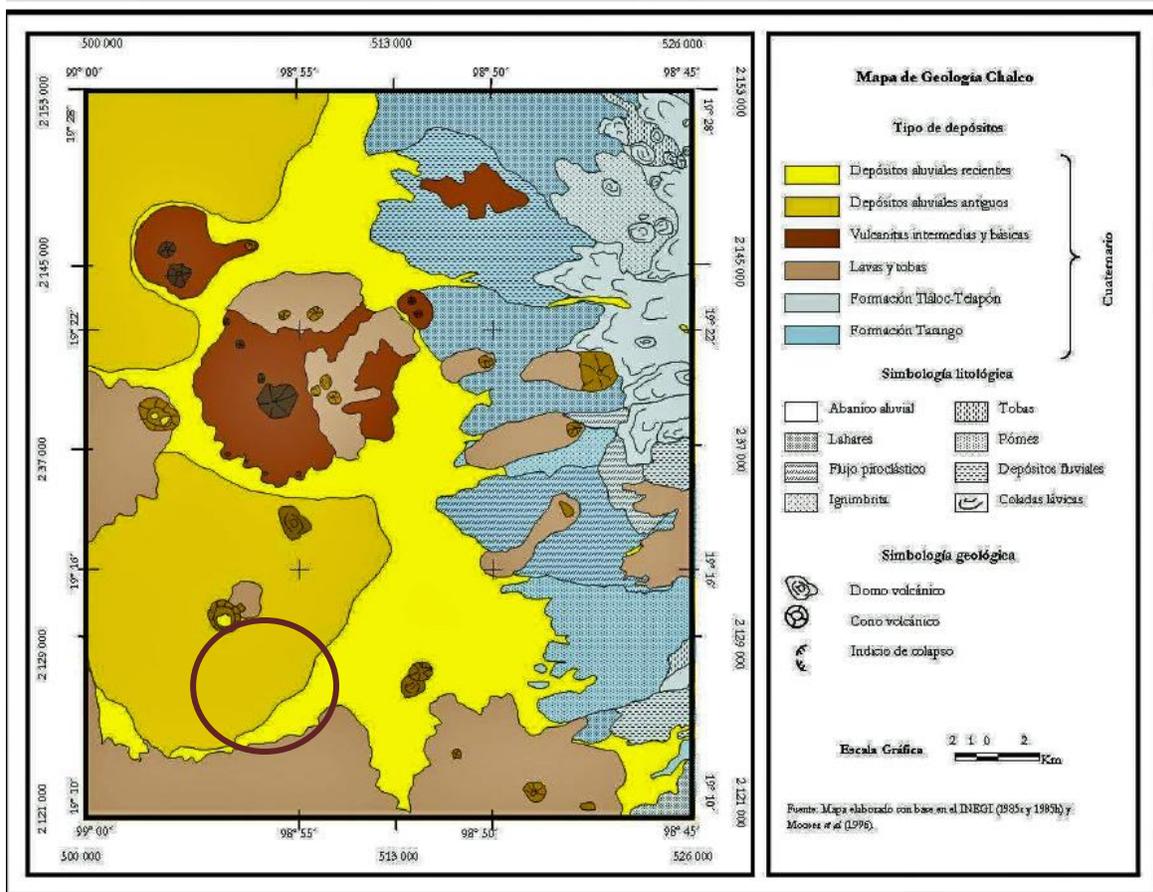


Figura 13. Mapa geológico de Chalco.
Fuente: Figueroa (2007).

Los depósitos lacustres son sedimentos clásticos y piroclásticos depositados en un ambiente de lagos (Vázquez y Jaimes; citado en Figueroa, 2007). El grosor aumenta del centro de la cuenca hacia las márgenes y de sur a norte; al sur en las cercanías de la Sierra Chichinautzin son del orden de 600 m (Figueroa, 2007). Proviene principalmente de piroclastos producidos por la actividad volcánica del Popocatepetl y de la unidad Chichinautzin, que al depositarse en el antiguo lago de Chalco, originaron suelos arcillosos blandos (Figura 14).



Figura 14. Sedimentos lacustres del antiguo lago de Chalco.

Los depósitos de transición son materiales aluviales y lacustres que forman una franja intermedia entre los suelos lacustres y las sierras que rodean la planicie de Chalco, o los aparatos volcánicos que sobresalen en la zona del lago (Moser, 1991). Como el lago central no fue profundo, los arroyos que bajaban por las barrancas y desembocaban en la planicie, formaron deltas poco extensos que se introdujeron en el cuerpo lacustre y consecuente los depósitos aluviales se

acumularon en la ruptura de pendiente, intercalándose localmente con las series arcillosas (Figueroa, 2007).

- Transición interestratificada o gradual. Es una zona que se forma en la desembocadura de barrancos por la acumulación de aluvión, forma abanicos y se extienden hacia los antiguos lagos de Chalco y Texcoco, por lo que se intercalan las arcillas lacustres con arenas y gravas de río.
- Transición abrupta. Es una zona donde las arcillas lacustres están en contacto directo con la roca volcánica; se encuentra en la base del volcán Xico.

2.1.2. Geomorfología

Zamorano (2005) describe dos planicies diferentes (Figura 15):

- a) Planicies proluviales lacustres: se caracterizan por presentar una inclinación muy debil; están constituidas por materiales proluviales (transportados por ríos que aparecen en estación lluviosa) que son acarreados principalmente desde el piedemonte para ser depositados en las riberas lacustres, en cuerpos de agua poco profundos o en llanuras de inundación temporal. Las gravillas y arenas son las texturas que predominan en los amplios abanicos que se desarrollan en esta superficie de transición, entre el piedemonte y la planicie lacustre. En la medida en que los lagos o zonas inundables,

comienzan a rellenarse (colmatarse), dan paso a porciones de tierra firme con humedad constante, lo que favorece la aparición de vegetación hidrófila y en algunos casos la formación de cieno; este ambiente se conoce como ciénagas y marca el inicio de la desaparición de los lagos. La expresión morfológica de las planicies proluviales-lacustres en la cuenca de México es muy sutil e incluye superficies subhorizontales, inclinadas, onduladas, cóncavas y escalonadas.

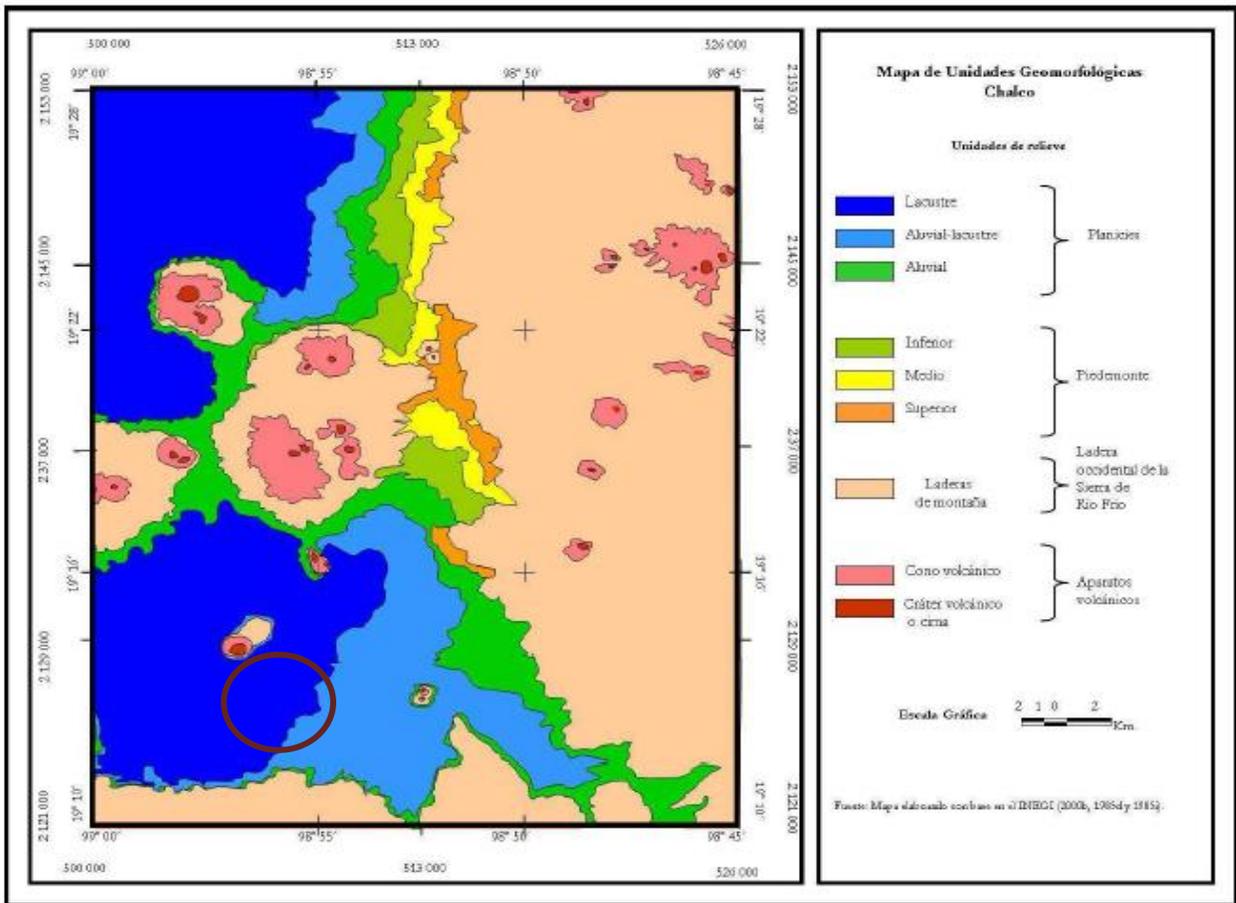


Figura 15. Mapa de unidades geomorfológicas de Chalco.
Fuente: Figueroa (2007)

b) Planicie lacustre: ocupa el nivel altitudinal más bajo de la cuenca de México; se trata de una superficie casi horizontal, cuya pendiente es inferior a los 0.5° de inclinación y presenta una altitud promedio de 2 240 m. El régimen lacustre se calcula que inició hace menos de 700 000 años (Moser, 1975); cuando el volcanismo empezó a formar la unidad Chichinautzin y cerró el desagüe hacia el sur.

Subsidencia y deformación vertical diferencial.

Han sido varios los estudios realizados sobre la subsidencia en el sistema lacustre en la ciudad de México, se entiende que este proceso es originado por la dinámica de los depósitos del antiguo lago de México y acentuado por la extracción de agua para uso rural y urbano. Incluso se menciona que la subsidencia fue reportada antes del comienzo de la extracción intensiva de agua en el centro de la ciudad de México (Gayol, 1929; citado en Mazari y Alberro, 1990). Desde hace varias décadas, ciertos aspectos de la relación entre la subsidencia regional, el fracturamiento y la extracción de agua subterránea fueron establecidos por varios autores (Zeeavert, 1953, Marsal y Mazari, 1959; Juárez Badillo, 1962; Juárez Badillo y Figueroa Vega, 1984; Figueroa Vega, 1989; Orozco y Figueroa, 1991 y Lugo *et al.*, 1991).

El incremento de la población por creación de nuevas colonias y el proceso de urbanización e industrialización en municipios de Chalco, Ixtapaluca y Valle de

Chalco, originó una mayor demanda de agua, y no sólo eso, las construcciones pesadas y vías de comunicación provocó un mayor hundimiento en la zona.

Los registros de extracción de agua de pozos localizados en Mixquic, Chalco y Tlahuac, demuestran que se ha incrementado la cantidad de agua extraída, de 1.4 m³/seg y 1.75 m³/seg en la ZMCM (Ortega *et al.*, 1993). La cantidad total de agua subterránea extraída en la subcuenca de Chalco se estimó en 7.75 m³/seg en 1988 (Huizar, 1989) y en 1991 fue estimada en casi 8 m³/seg (Ortega *et al.*, 1993), contra una recarga estimada de 6.5 m³/seg (Huizar, 1989); en la actualidad se calcula que son 21m³/s.

Los hundimientos son de hasta 40 cm/año en el centro de la planicie de Chalco, se estima que para 2015 serán de un total de 15 m y donde el espesor de los sedimentos lacustres es del orden de los 600 m; de acuerdo con modelos numéricos de predicción de la deformación vertical del terreno, en mediciones de parámetros hidráulicos y de mecánica de suelos, tanto del acuífero como de los sedimentos lacustres (Ortega *et al.*, 1993; Ortega *et al.*, 1999).

La extracción de agua provoca pérdida de presión hidrostática, quedan poros vacíos que antes eran ocupados por agua y que provocan inestabilidad del suelo, y origina la subsidencia. La expresión en el relieve radica en la deformación vertical diferencial creando planicies onduladas y presencia de depresiones, así como la formación de grietas y fracturamiento a profundidad. Este proceso se da en cuencas lacustres, donde los depósitos son arcillas (Figura 16).

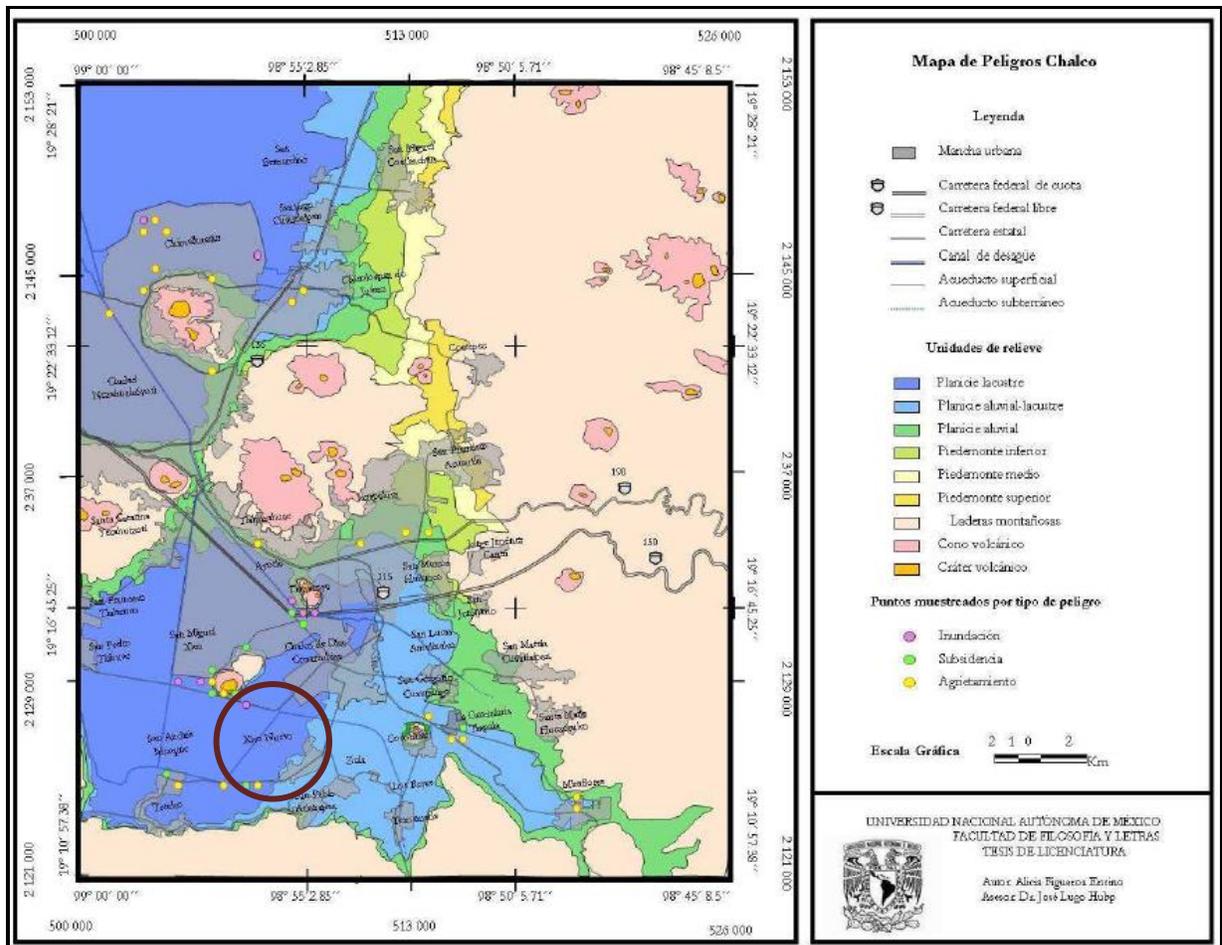


Figura 16. Mapa de peligros de Chalco.
Fuente: Figueroa (2007).

Por sus características plásticas (composición arcillosa), estos sedimentos se encuentran en un proceso constante de consolidación; Figueroa (2007) menciona las principales causas:

- Natural. Por compactación por peso, excepto en las capas que se consolidaron por deshidratación o secado solar. Debido a que Texcoco no sufrió etapas de sequía, y por tener mayor cantidad de sales, las arcillas son más blandas y compresibles que en el resto de la cuenca, lo que aumenta la probabilidad de que los hundimientos sean más intensos.

- Inducida. Debido a la apertura de tajos y túneles del drenaje, y a la extracción del agua subterránea para abasto de viviendas y mantenimiento de zonas agrícolas, acciones que han influido en el abatimiento del nivel freático, así como en la consolidación constante de las arcillas, condiciones que aumentan la peligrosidad por hundimiento en el área en estudio.

La deformación vertical diferencial, actúa como limitante para la producción agrícola, porque influye en la disponibilidad de agua en las partes altas y el mal drenaje en las bajas (Figura 17).

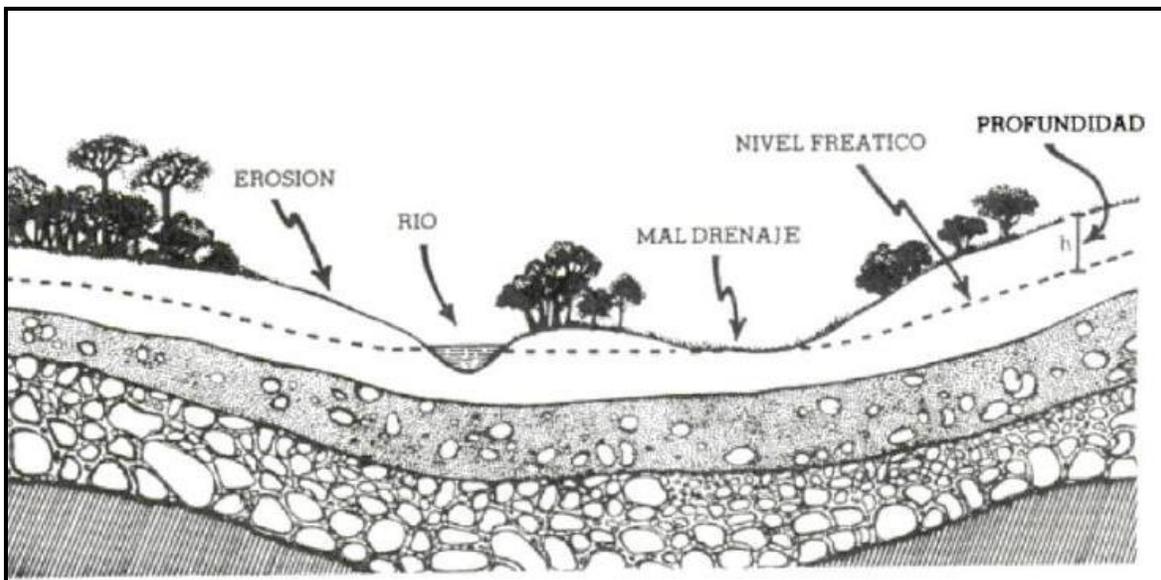


Figura 17. Efecto del relieve sobre el drenaje y la disponibilidad de agua.
Fuente: Núñez 1981.

En campos de cultivo la formación de grietas representa un riesgo menor; el daño consiste en la reducción de la superficie útil para la agricultura. Lugo *et al.* (1999) habla del fenómeno de la generación repentina de grietas en campos de cultivo, localizados en el piedemonte de la Sierra Nevada- Río frío, un área contigua a la

planicie lacustre. En las grietas estudiadas, su anchura y profundidad observables son heterogéneas y les permitió hacer la clasificación (Figura 18).

Tipo	Anchura (m)	Profundidad (m)
I	< 0.010	< 0.010
II	0.02-0.10	0.05-60
III	0.10-0.30	0.10-1
IV	0.30-1	0.70-3.0
V	> 3.10	2.5-10

Figura 18. Tipo de grietas según su expresión en el relieve.
Fuente: Lugo *et al.* (1999).

En la besana San Bartolo, parcela del Sr. Alfredo Martínez Calderón, se formó una grieta que, de acuerdo con la clasificación anterior es del orden IV, de 0.20- 0.50 m de anchura, 0.30- 0.70 m de profundidad y 7 m de longitud (Figura 19); no es la única también hay del orden I y II, por lo que se le conocen como los “terrenos de los griatudos”.



Figura 19. Grieta en campo de cultivo, besana San Bartolo.

2.1.3. Hidrografía

Eran cinco los lagos principales de la cuenca de México, de norte a sur: Zumpango, Xaltocan, Texcoco, Xochimilco y Chalco (Mooser, 1975). Estos dos últimos eran de agua dulce. Chalco pertenece a la región hidrológica Pánuco, Cuenca del río Moctezuma y subcuenca L. Texcoco y Zumpango (INEGI, 2009) (Figura 20).

Existían numerosos manantiales que alimentaban al lago, la mayoría de agua potable: tres en Tlapacoya, tres en Xico, veintidós en Tuyahualco de agua diáfana y transparente, dos en Ixtayopan, cincuenta y nueve en Tetelco, los de mayor caudal; tres grandes en Tepozco, treinta en Xocotlán, ocho en Nieves, catorce en Tezompán, uno en el rancho El Ahuehuete (Beltrán, 1998).



Figura 20. Los lagos de la cuenca de México a través del tiempo.
Fuente: Mooser (1975).

En 1895 el lago tenía una extensión aproximada de 9, 500 hectáreas y una profundidad que variaba de 1.131 a 1.166 metros en los meses de mayor precipitación pluvial (Beltrán, 1998). Al sur del área en estudio se localizaba la

antigua planicie de inundación del río Amecameca, alimentado por la Sierra Nevada, principalmente por el Popocatepetl. Actualmente se encuentra canalizado y descargan en él aguas insalubres, desechos y residuos de las localidades cercanas. También se presentan cuerpos de agua pequeños, algunos lagos someros y reducidos en área, esto sirve como indicador de las partes más bajas y deprimidas (Figura 21).



Figura 21. Pequeños lagos someros, indicadores de aéreas deprimidas.

2.1.4. Clima

Según el sistema de clasificación de Köppen modificado por E. García (1987), en la cuenca de Chalco existen dos tipos de clima, que se encuentran distribuidos de la siguiente forma (Ortiz y Cuanalo, 1976) (figura 22):

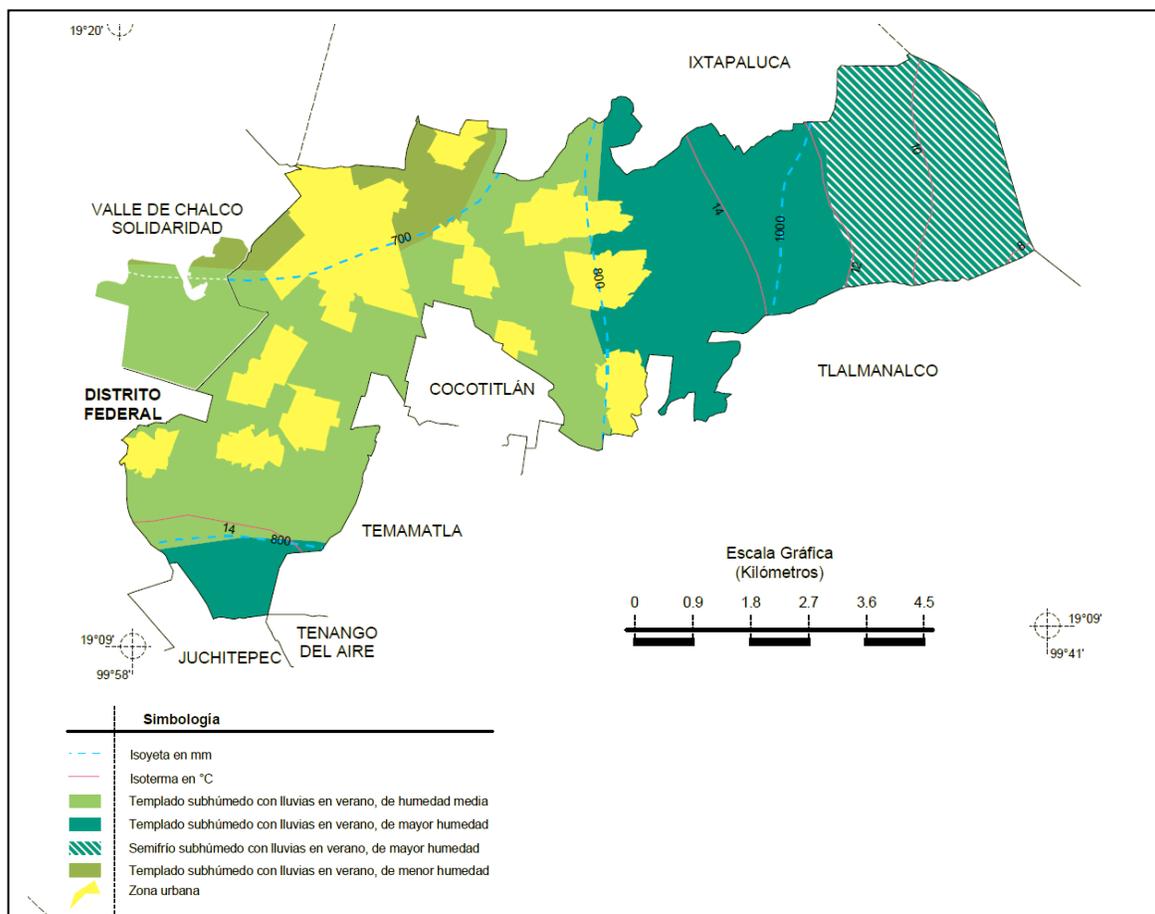


Figura 22. Mapa de climas en el municipio de Chalco.
Fuente: INEGI (2009).

1. En la parte central un C (wo)(w) b (i'); templado subhúmedo con una precipitación media anual de 600 a 700 mm, con un régimen de lluvias en verano, siendo el mes de julio el más lluvioso con una temperatura de media anual entre 12° y 18° C y con una oscilación de las temperaturas medias menor de 5° C
2. En la zona de lomeríos, en las estribaciones de la Sierra Nevada y de la Sierra Chichinautzin, el tipo de clima es un C (wl)(w) b (i'), templado subhúmedo con una precipitación media anual entre 700 y 800 mm, con un

régimen de lluvias en verano, con una temperatura media anual entre 12° y 18° C y con una oscilación de las temperaturas medias menor a 5° C.

Se presentan también fuertes vientos y remolinos lo que los pobladores llaman “culebras de agua”, e incluso en el año del 2007 se presentó un tornado, el 10 de febrero de 2007 a las 12:18 hrs., al sur del municipio de Chalco, Estado de México; afectó a las comunidades de Huitzilzingo, Chimalpa y Xico Nuevo. Tuvo una trayectoria de sur a norte y pasó por el centro de cada una. Ocasionó daños a casas, a la red eléctrica, además de derribar árboles. No se tiene registro de la magnitud de este fenómeno, pero los pobladores dicen que fue algo impresionante y nunca habían visto algo parecido. Tampoco se sabe realmente qué fue lo que lo provocó, aunque tiene mucho que ver la época del año (con vientos fuertes) y la ausencia de vegetación que actúe como barrera. Es interesante porque en México ocurren tornados y el registro de los mismos es escaso (Martínez, 2011). Tuve la oportunidad de observarlo y fotografiarlo (Figura 23).



Figura 23. 10 de febrero del 2007, se originó un tornado al sur de área en estudio y afectó a tres comunidades.

2.1.5. SUELOS

Los suelos del área en estudio corresponden a tres unidades geomorfológicas: la planicie lacustre, la planicie proluviolacustre y la ribera del lago; a continuación se describen:

- *Lacustre*: Los suelos se forman a partir de sedimentos heterogéneos, volcánicos, lacustres, con una proporción y variedad de microfósiles (ostrácodos y diatomeas) que añaden compuestos solubles generados por la alteración de sus exoesqueletos y que forman parte de la microestructura del suelo (Díaz *et al.*, 1998); son de colores oscuros profundos, con problemas de sales y mal drenaje (Ortíz *et. al.*, 1976). Esto influye de tal manera en su comportamiento que los suelos no pueden considerarse dentro de una clasificación simple (Díaz, 2005).
- *Aluvial*. Se forman a partir de depósitos de origen volcánico, principalmente pómez, acarreados por el río Amecameca, provenientes de la Sierra Nevada. Son suelos profundos, de textura media y gruesa, de color pardo en varias tonalidades y se encuentran en terrenos planos (Ortíz *et. al.*, 1976).
- *Ribera*. Se forman a partir de depósitos piroclásticos o por caída de ceniza; los horizontes tienen una pendiente aproximada de 20%, probablemente porque los lagos están sometidos a cambios de nivel.

2.1.6. Fauna

Las especies que habitan el área en estudio son muy variadas, algunas son endémicas y otras migratorias. Son importantes, porque cumplen con funciones biológicas como la polinización, regulan plagas y aportan materia orgánica al suelo (Figura 24).

Hay aves tanto acuáticas como voladoras; entre las más características son: a) el chichicuilote (*Limnodromus scolopaceus*), b) el pato cucharón (*Anas clypeata*), c) la garza ganadera o garrapatera (*Bubulcus ibis*), d) el pato canelo (*Anas cyanoptera*), e) el patamarilla (*Tringa flavipens*) y f) el zopilote (*Coragyps atratus*). Otras especies que habitan la zona son: g) el sapito de tierra, h) la culebra de agua (*Thamnophis eques*), i) el caracolito negro, j) el grillo saltamonte, k) el cencuate (*Pituophis deppei*) y l) el escorpión (*Barisia imbricata*).

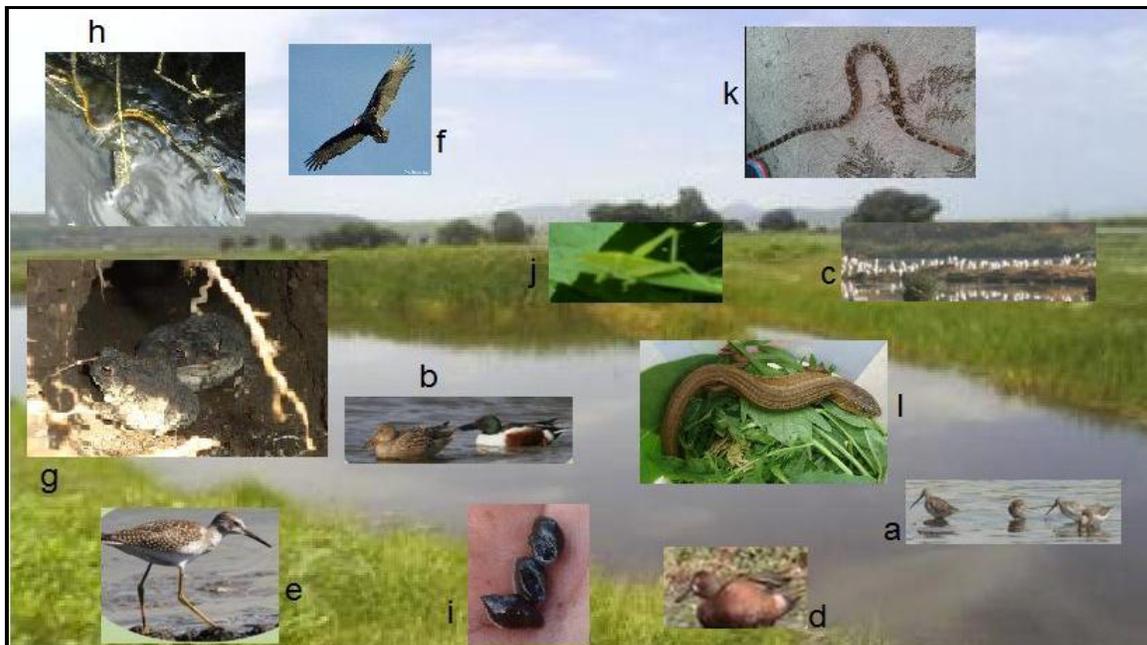


Figura 24. Fauna del lago de Chalco.

2.2. Paisaje humano

En este apartado, se describen los aspectos sociales del área en estudio. Con base en las entrevistas realizadas a los campesinos se hizo una descripción del manejo del suelo con términos locales, como complemento para la Evaluación de Tierras que no se limita sólo a considerar los aspectos físicos.

2.1.1 Actividades económicas primarias

La agricultura no es la única actividad económica, la mayoría de los habitantes de estas localidades tiene otra fuente de ingresos, pero tiene un fuerte peso cultural (Figura 25). La actividad agrícola se complementa con la ganadera, se siembran follajes para alimentar a los animales, de los cuales se extrae leche para la elaboración de sus derivados.

Actividades primarias	Chalco	México
Superficie sembrada total (Hectáreas), 2010	8529	890170
Superficie sembrada de alfalfa verde (Hectáreas), 2010	170	8202
Superficie sembrada de avena forrajera (Hectáreas), 2010	387	68362
Superficie sembrada de frijol (Hectáreas), 2010	120	12541
Superficie sembrada de maíz grano (Hectáreas), 2010	6170	562496
Superficie sembrada de sorgo grano (Hectáreas), 2010	0	282
Superficie sembrada del resto de cultivos nacionales (Hectáreas), 2010	770	137231
Superficie cosechada total (Hectáreas), 2010	8529	842637

(Continúa)

Superficie cosechada total (Hectáreas), 2010	8529	842637
Superficie cosechada de alfalfa verde (Hectáreas), 2010	170	8199
Superficie cosechada de avena forrajera (Hectáreas), 2010	387	67013
Superficie cosechada de frijol (Hectáreas), 2010	120	9776
Superficie cosechada del resto de cultivos nacionales (Hectáreas), 2010	770	112061
Volumen de la producción de alfalfa verde (Toneladas), 2010	13719	646559
Volumen de la producción de avena forrajera (Toneladas), 2010	8862	1370779
Volumen de la producción de chile verde (Toneladas), 2010	0	1281
Volumen de la producción de frijol (Toneladas), 2010	171	6664
Volumen de la producción de maíz grano (Toneladas), 2010	21690	1549545
Volumen de la producción de pastos (Toneladas), 2010	0	2645546
Volumen de la producción de sorgo grano (Toneladas), 2010	0	1410
Volumen de la producción de tomate rojo (jitomate) (Toneladas), 2010	0	81712
Volumen de la producción de tomate verde (Toneladas), 2010	1319	52138
Volumen de la producción de trigo grano (Toneladas), 2010	2566	23568
Superficie sembrada de temporal (Hectáreas), 2010	8057	733062

Figura 25. Actividades primarias.
Fuente: SAGARPA; en INEGI 2010.

2.2.2. Tenencia de la tierra

Después de la Revolución Mexicana, comenzó el reparto agrario, las tierras fueron otorgadas por dotación y restitución en 1925, se conformaron los ejidos de las poblaciones afectadas por la hacienda de Xico y San Juan de Dios. Los ejidos ocupan un 45% de la extensión total del área en estudio (Figura 26). La traza de canales que mantenían hidratados los terrenos, fue respetada para la misma

función y para el trazo de las besanas de los ejidos: Santa Cruz, de a Once, Parcela escolar, Tulapas, San Bartolo, Draga y Ojitos (Figura 27).

Comunidad	Posesión provisional	ha	Hacienda	Posesión definitiva	ha	Hacienda
San Mateo				Nov. 4 1922	232.58	Xico y Anexas
Huitzilzingo				Junio 2 1924	210	
San Lorenzo	Marzo 14 1925	152	Xico y Anexas	Junio 28 1925	137	San Juan de Dios.
Chimalpa						
San Martin	Abril 9 1925	210	Xico y Anexas	Julio 12 1924	40	Dios.
Xico Nuevo				Abril 10 1925	40	

Figura 26. Repartición de tierras por dotación y restitución.
Fuente: Archivo histórico de Toluca.

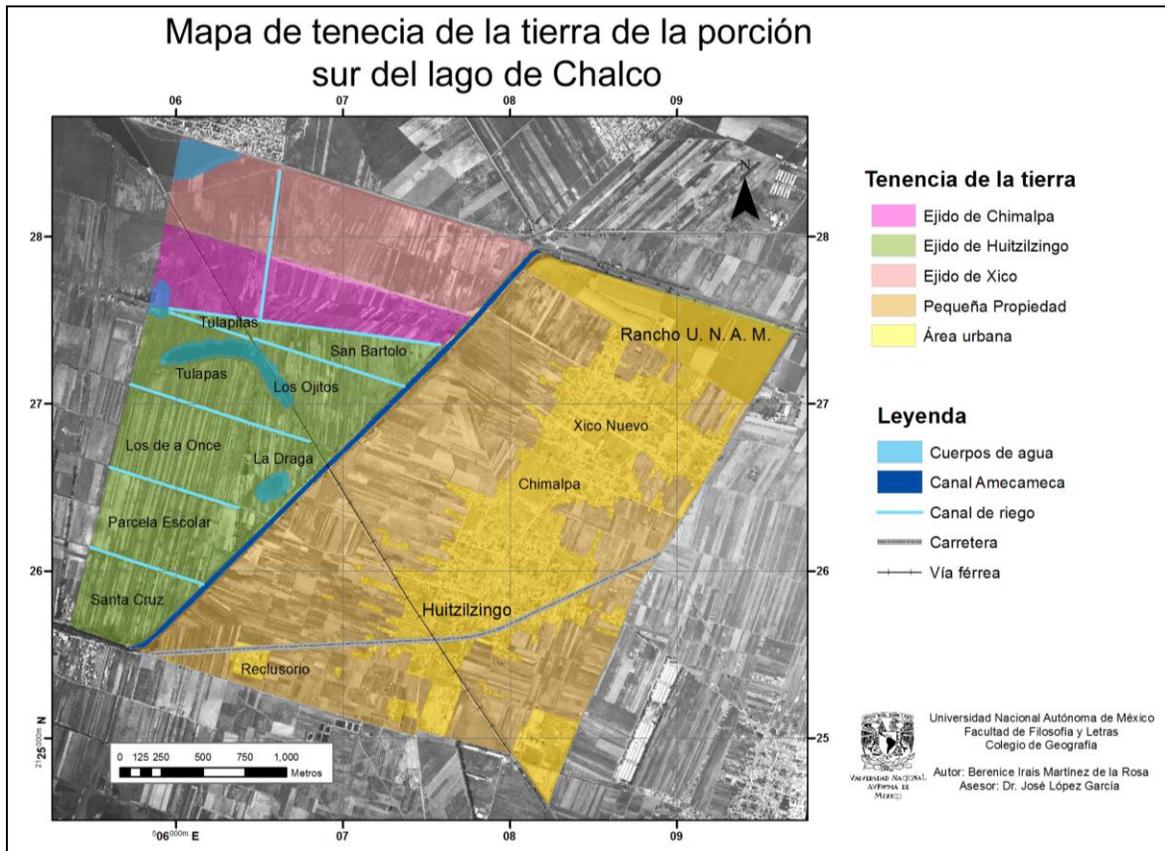


Figura 27. Tenencia de la tierra.

55% del área en estudio es de pequeña propiedad, 25% de la extensión total está ocupada por los habitantes de los tres poblados y 30% está destinado a actividades agrícolas.

2.2.3. Vegetación y uso de suelo

Se desarrollan plantas de forma silvestre, como a) el girasol, b) gigantón (variación del girasol), c) verdolaga, d) quelite, f) quintonil, g) tule y h) huejotes, además cultivos considerados para esta investigación i) maíz, j) avena, k) remolacha, l) alfalfa, m) frijol, n) brócoli, ñ) lechuga, o) espinaca, p) calabaza, q) chilacayote, r) romerito y s) acelga; también se siembra t) rábano, u) cilantro, v) chile y w) pasto forrajero (figura 28).



Figura 28. Vegetación y cultivos.

En los años 1990, la expansión urbana se aceleró en la zona y empezó a tapizar las zonas de recarga en Ixtapaluca y Chalco. Afortunadamente se han conservado superficies de riego en el piedemonte en Chalco e Ixtapaluca, y en las zonas lacustres de Chalco y Tláhuac, los suelos profundos y fértiles de la subcuenca Amecameca son altamente productivos a pesar de ser de temporal (Plan hídrico de las Subcuencas Amecameca, la Compañía y Tláhuac-Xico 2012).

2.2.4. Labores de cultivo (manejo)

La preparación del suelo en el área en estudio, es un proceso complejo que requiere de tiempo, gente y de una inversión que incluso no se recupera. Está conformado por diversos pasos de labranza del suelo que deben de realizarse en una temporada específica que es la húmeda, para la siembra principalmente de maíz. La información fue obtenida por las entrevistas de campo, se describe con los términos locales.

Barbecho: es el primer movimiento, consiste en una remoción profunda que quita la hierba y afloja el suelo para un mejor manejo (Figura 29).

Rastra: es el segundo movimiento, la remoción es poco profunda y se auxilia con una viga para emparejar el suelo para evitar la pérdida de la humedad. En este movimiento se siembra avena, trigo y alfalfa (Figura 30).

Melgar: es la elaboración de surcos para el cultivo de maíz.



Figura 29. Terreno barbechado en la besana Tulapas.



Figura 30. Terreno rastreado en la besana de Los Ojitos.

De uno: es el movimiento al suelo que se le da a la planta de maíz, con un arado llamado “pinacate” que tiene una reja de metal adaptada, con este arado se elimina la hierba y le echa suelo al pie de la milpa a partir del lomo del surco (Figura 31).



Figura 31. Arado “pinacate”.

Cajón o zeta: se utiliza el arado “extranjero” que tiene alas, y con él se abre un nuevo surco, al borrar el bordo anterior y echa suelo al pie de la milpa. Es el último movimiento de suelo a la milpa. Se realiza cuando la planta alcanza una altura aproximada de un metro (Figura 32).



Figura 32. Arado “extranjero”.

Almácigo: se prepara un lodo con tierra negra, rica en arcilla y materia orgánica; se forma un cuadro en el piso de 2 x 1 m, se deja orear, se divide en cuadros

pequeños cuadros de 25 cm² de 5 cm de grosor y se coloca la semilla en el centro.

Cuadreo: después de que la semilla ya germinó, se prepara el terreno en cuadros de aproximadamente 9 m², se empareja el terreno y se siembra la planta de la verdura al suelo; esta técnica de cultivo facilita el riego (Figura 33).

Fertilización: para mejorar el suelo y protegerlo de la erosión, se agrega una capa de abono animal, de manera constante.

Cultivos intercalados: siembra de dos cultivos a la vez, por lo general maíz con calabaza.



Figura 33. Cultivo de lechuga, en la besana de La Draga.

2.2.5 Costos del cultivo

Hace 16 años se gestionó al gobierno municipal semillas subsidiadas de avena, alfalfa, maíz y pasto forrajero. En el año 2010 hubo un apoyo de semilla de avena a bajo precio, aunque desde hace cuatro años no habido apoyos por parte del gobierno en semilla (considerado como un buen apoyo) consistía en el pago del 50% de su costo; ahora el campesino gasta mucho más ya que la semilla tiene un precio elevado. El uso del tractor para labrar la tierra ha subido de precio a consecuencia del incremento en el precio del combustible, cuyo costo aumenta aproximadamente \$100.00 por año (Figura 34).

Tractor	
Concepto	Costo/ha.
rastra	\$300.00
barbecho	\$600.00
melgar	\$350.00
de uno	\$250.00

Figura 34. Costos de tractor 2013.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del levantamiento de suelos con los rangos de variación, de los análisis de laboratorio y la aptitud relativa agrícola de la porción sur del lago de Chalco para cada una de las unidades.

3.1. Levantamiento de suelos

Se realizó un levantamiento de suelos, para caracterizar sus propiedades, en campo, la descripción detallada del perfil nos permite identificar características importantes del suelo, útiles para la investigación, como la profundidad del perfil, la estructura del suelo, el reconocimiento del material y el ambiente en que se originó.

La delimitación de los puntos de muestreo, se realizó de acuerdo con las unidades geomorfológicas y el tipo de depósito, de las cuales se reconocieron tres:

1. Griatado típico: se localiza en la planicie lacustre.

Descripción del perfil 1 (griatado): se identificaron cuatro horizontes (Ap, B, C1 y C2). Se formó a partir de los sedimentos lacustres ricos en materia orgánica; antes de su desecación predominaban los procesos de eutrofización (falta de aeración) característicos de suelos inundados, a lo que se debe sus colores grises y blancos. Las raíces llegan hasta los 62 cm, es rico en arcilla, presenta grietas internas y externas, su estructura es laminar y se identificaron espejos de fallas de deslizamiento. El manto freático está a los 104 cm, y en 40 min el perfil se inundo

18 cm. En los horizontes inferiores C1 y C2 hay una alta capacidad de retención de agua. Presenta conchitas de gasterópodos (Figura 35).

2. Arenal Típico: se localiza en la planicie proluviolacustre.

Descripción del perfil 2 (Arenal): se identificaron seis horizontes (Ap, A2, B1, B2, C1 y C2), se originó a partir de los depósitos fluviales del río Amecameca. Presenta rocas pequeñas de pómez en la superficie, horizonte B2, partículas finas lixiviadas, baja estabilidad de agregados y poca estructura, gran contenido de arena y limos. También se pueden observar rasgos de erosión eólica, tiene buen drenaje y es considerado por los campesinos como el suelo que produce maíz de mejor calidad (Figura 36).



Figura 35. Perfil 1, Griatudo.



Figura 36. Perfil 2, Arenal.

3. Xico Típico: se localiza en la ribera del antiguo lago de Chalco.

Descripción del perfil 3 (Xico): se identificaron siete horizontes (Ap, A2, C, IIA, IIC, IIIA, y IIIC). Se formó a partir de depósitos piroclásticos del Popocatepetl; se identificaron capas delgadas e inclinadas que posiblemente se debe a periodos de crecidas del lago (cambios de nivel del agua por estacionalidad), son cuatro horizontes de suelos sepultados que corresponden a diferentes periodos de depósito, hay una capa muy dura de aproximadamente a 60 cm, de los cuales los últimos 10 cm están compactados por el uso de arado y tractor. Existe una actividad significativa de oxidación por presencia de hierro y aluminio (figura 37).



Figura 37. Perfil 3, Xico.

3.2. Rango de variación

Griatudo

El horizonte Ap varía de 15 a 24 cm de profundidad, hacia la besana Santa Cruz; con color pardo grisáceo muy oscuro puede no presentar horizonte B y la capa blanca se presenta a menor profundidad de 20 a 50 cm, con un espesor de 15 a 30 cm.

La presencia de conchitas es frecuente al norte, entre las besanas de Tulapas y San Bartolo (dentro del Ejido de Huitzilzingo), en el ejido de Chimalpa y Xico

Nuevo. En el área que rodea al canal del sur (río Amecameca) hay una capa de arena de 10 a 30 cm de profundidad, depositada por el mismo.

En los ejidos de Chimalpa y Xico Nuevo, se aprecia la presencia de salitre en la superficie; el manto freático se encuentra a 50 cm de profundidad, el suelo tiende a ser inundable.

En estos terrenos es común el cultivo en almácigos de verduras como: lechuga, frijol y espinaca, porque el contenido de arcillas facilita su elaboración. Sus principales limitaciones para el uso agrícola son la disponibilidad de agua por efecto de la deformación vertical diferencial y el mal drenaje.

Arenal

El horizonte Ap varía de 10 a 40 cm de espesor, puede no presentar horizonte B2, hay cantos rodados hacia el sur de 5 a 8 cm de diámetro, y aumenta la cantidad en el límite con Ayotzingo y Tezompa.

Xico

El horizonte Ap varía de 30 a 44 cm de profundidad; a los 50 cm presenta una capa compacta de 10 a 20 cm de espesor, en el límite de Huitzilzingo y Chimalpa, se mezcla con los sedimentos lacustres y presenta una capa de color negro.

3.3. Análisis de laboratorio

Se obtuvo un total de 17 muestras de horizontes de suelos (cuatro de El Griatudo, seis del Arenal, y siete de Xico) (Figura 38) y se realizaron pruebas de laboratorio para identificar propiedades del suelo (Figura 39).

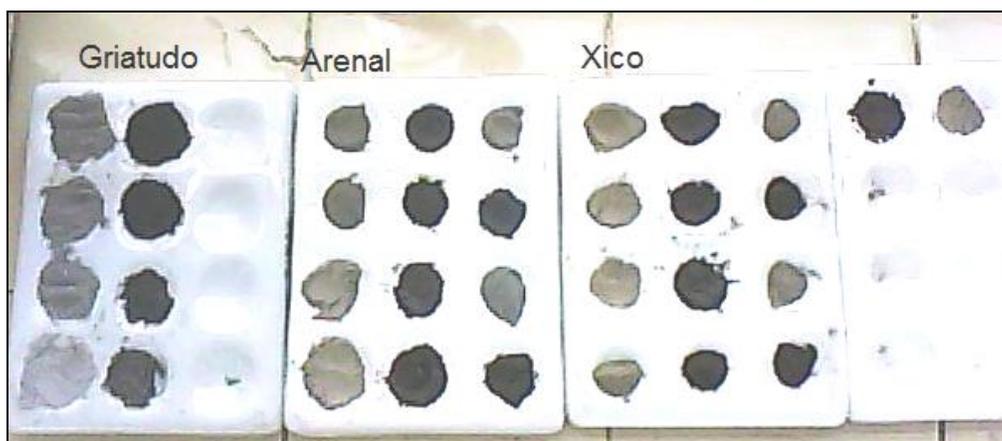


Figura 38. Muestras de los horizontes de las tres unidades de mapeo.

PERFIL 1 (GRIATUDO)												
HORIZONTE	PROFUNDIDAD CM	COLOR		TEXTURA	M.O.	pH	CIC	C.C.	DENSIDAD APARENTE	CARBONATOS	SATURACION Na PPM	SALINIDAD DS/M
		SECO	HUMEDO	CLASE								
AP	0 a 24	2.5Y4/1	5Y2.5/1	ARCILLOSA	8.9	8.01	38.4	38.2	1.4	0.6	63.16	2
B1	24 a 55	2.5Y5/1	5Y2.5/1	ARCILLOSA	7.3	7.01	35.2	38.9	1.4	0.3	45.83	2
C1	55 a 86	2.5Y6/1	5Y2.5/1	ARCILLOSA	10.28	7.1	30.4	40.1	1.2	0.4	36.05	2
C2	86 a 103	GLEYS 17	2.5Y4/1	ARCILLOSA	10	7.13	24.9	43.8	1	0.4	41.64	2
PERFIL 2 (ARENAL)												
AP	0 a 40	2.5Y4/3	2.5Y2/1	ARENOSA FRANCA	5.6	7.1	23.1	20.5	1.6	0.3	17.33	1
A2	40 a 70	2.5Y4/3	2.5Y3/1	FRANCO ARENOSA	6.1	6.99	13.6	21.4	1.6	0.3	59.25	1
B1	70 a 90	2.5Y5/4	2.5Y3/2	FRANCO LIMOSA	5.5	7.11	21.4	23.8	1.2	0.4	63.16	1
B2	90 a 130	2.5Y6/3	2.5Y3/2	FRANCO LIMOSA	5.5	7.08	25.2	23.8	1.2	0.3	70.99	1
C1	130 a 150	2.5Y5/3	2.5Y3/1	FRANCO ARENOSA	4.7	7.06	14.8	19.7	1.6	0.2	89.43	1
C2	150 a 160	2.5Y4/2	2.5Y2/2	ARENOSA FRANCA	4.1	6.97	13.36	19.9	1.7	0.2	25.15	1
PERFIL 3 (XICO)												
AP	0 a 44	2.5Y5/4	2.5Y3/2	FRANCA	7.6	7.12	40	27.3	1.4	0.4	43.04	2
A2	44a 53	2.5Y5/3	2.5Y3/3	FRANCA	8.1	7.1	22.4	28.1	1.6	0.4	31.3	1
C1	53 a 65	2.5Y6/4	2.5Y4/3	FRANCO ARCILLOSA	5.6	7.15	14.8	29.4	1.8	0.3	23.75	1
IIA	65 a 76	2.5Y5/4	2.5Y3/3	FRANCA	7.5	7.17	19.2	30.5	1.8	0.3	75.18	1
IIC	76 a 85	2.5Y4/3	2.5Y3/2	FRANCO ARENOSA	5.5	7.08	16	30.8	1.8	0.3	64	1
IIIA	85 a 93	2.5Y5/3	2.5Y3/3	FRANCO LIMOSA	5.2	7.06	11.2	29.1	1.9	0.4	26.83	1
IIIC	93 a 115	2.5Y5/4	2.5Y4/4	FRANCO ARENOSA	3.9	7.06	27.68	28	1.9	0.4	68.75	1

Figura 39. Resultados de los análisis de laboratorio.

3.4. Aptitud relativa agrícola

La tabla de propiedades de las unidades de mapeo de suelos es resultado del levantamiento (Figura 40), en la que se asignó valores de los niveles de generalización, de acuerdo con las condiciones locales, con base en el cuadro de propiedades relacionadas con el suelo (Figura 6).

ID	Unidades de Mapeo	Profundidad útil (cm)	Clase Textural	Drenaje	Salinidad dS/m	Saturación de sodio %	Contenido de carbonatos %	Desarrollo del perfil
1	Griatudo	103	Pesada	Pobre	1	0	0.5	Grado 2
2	Arenal	160	Media - Ligera	Bueno	1	0	0.3	Grado 3
3	Xico	50	Media - Equilibrada	Moderado	1	0	0.4	Grado 1

Figura 40. Propiedades de las unidades de mapeo de suelos.

Con resultados de las entrevistas realizadas a los productores locales y respaldo bibliográfico de manuales de cultivos, se construyeron las matrices (Figuras 41 – 47), de acuerdo con los niveles de generalización; en función de los requerimientos edáficos de los doce cultivos principales, se les asignó un valor según el grado de limitaciones a su desarrollo.

Niveles de generalización (cm)		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
> 90	Muy profundo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
60- 90	Profundo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45 - 60	Moderadamente profundo	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2
35 - 45	Ligeramente profundo	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	1	3
25 - 35	ligeramente somero	3	2	3	2	4	3	3	3	3	3	2	4
10 - 25	Somero	4	3	4	3	5	4	4	4	4	4	2	4
< 10	Muy somero	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5

Figura 41. Matriz de gradación de la profundidad útil.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=frijol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Niveles de generalización		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
Ligera	Arenosa y areno-francosa	3	3	3	1	3	2	2	2	2	2	2	2
Media - ligera	Franco-arenosa	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2
Media - equilibrada	Franca, franco-limosa y limosa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Media - pesada	Franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa y franco-arcillo-limosa	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Pesada	Arcillo-arenosa, arcillosa y arcillo-limosa	3	1	2	2	3	2	2	2	1	1	2	2

Figura 42. Matriz de gradación de la textura.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Niveles de generalización		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
Muy pobre	La capa freática permanece en la superficie	3	3	3	5	4	4	4	5	4	3	2	4
Pobre	El agua se retira lentamente	2	1	2	3	3	2	2	3	2	2	1	2
Moderado	El perfil permanece húmedo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bueno	El agua se pierde con facilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rápido	El agua se elimina rápidamente	2	2	4	2	2	2	4	2	2	3	2	2
Excesivo	El agua se elimina con gran rapidez	4	4	5	2	4	4	5	4	3	4	4	4

Figura 43. Matriz de gradación del drenaje.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Niveles de generalización %		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
<0.5	Nulo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.5 - 10	Ligero	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
10 - 30	Moderado	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	1	2
30 - 50	Elevado	3	4	4	4	3	4	3	3	3	2	1	3
>50	Muy elevado	4	5	5	5	5	5	4	5	5	3	2	4

Figura 44. Matriz de gradación de contenido de carbonatos.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Niveles de generalización (dS/m)		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
<2	No afectado	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1
2-4	Muy ligeramente afectado	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1
4-6	Ligeramente afectado	2	2	1	2	3	3	2	2	2	1	2	1
6-8	Moderadamente afectado	3	3	1	3	4	4	2	3	3	2	1	2
8-10	Elevadamente afectado	4	3	2	3	5	4	3	4	4	3	1	2
10-15	Fuertemente afectado	4	4	3	4	5	5	4	5	4	4	1	3
>16	Muy fuertemente afectado	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	2	3

Figura 45. Matriz de gradación de la salinidad.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Niveles de generalización %		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
<5	Libre de sodio intercambiable	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1
5-10	Muy ligeramente afectado	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1
10-15	Ligeramente afectado	3	2	2	2	3	3	2	2	2	1	2	1
15-20	Moderadamente afectado	3	3	2	3	4	4	2	3	3	2	1	2
20-25	Altamente afectado	4	3	3	3	5	4	3	4	4	3	1	2
>25	Muy altamente afectado	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	3

Figura 46. Matriz de gradación de la saturación de sodio.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Niveles de generalización (cm)		Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
Grado 1 (Xico)	Escaso desarrollo del perfil genético	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2
Grado 2 (Griatudo)	Debil desarrollo de horizontes, B cámbico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Grado 3 (Arenal)	Moderado desarrollo de horizontes, B cámbico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 47. Matriz de gradación de desarrollo del perfil.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

De acuerdo con los cálculos realizados por los productores (debido a que el municipio no cuenta con información específica por localidad) se generó una base de datos sobre el rendimiento del suelo. Mencionan que el suelo ha tenido un alto rendimiento en general para varios cultivos, sólo que también es necesario tener riego y únicamente se cuenta con la lluvia de temporal (Figura 48).

id	Cultivo	Rendimientos (%)				Calidad		
		Ton/ha	Griatudo	Arenal	Xico	Griatudo	Arenal	Xico
1	Maiz	5.0	35	40	25	Media	Alta	Baja
2	Avena	4.0	30	40	30	Media	Alta	Alta
3	Remolacha	1.0	35	20	45	Media	Media	Alta
4	Alfalfa	4.0	40	40	20	Alta	Alta	Alta
5	Frijol	2.0	80	0	20	Alta	Media	Media
6	Brocoli	3.0	40	25	35	Alta	Media	Alta
7	Lechuga	2.5	60	0	40	Alta	Baja	Media
8	Espinaca	2.0	70	0	30	Alta	Baja	Media
9	Calabaza	2.5	35	35	30	Media	Alta	Alta
10	Chilacayote	1.0	40	30	30	Alta	Alta	Alta
11	Romero	2.5	100	0	0	Alta	Baja	Baja
12	Acelga	2.0	60	0	40	Media	Baja	Alta

Figura 48. Tabla de rendimientos de producción, valores aproximados.

Para el cálculo de la aptitud relativa agrícola se capturó el valor de las condiciones para cada unidad de mapeo, resultado de la comparación de las propiedades de las unidades de mapeo de suelos (Figura 40) y las matrices; posteriormente, con la ley del mínimo, la cual indica, que el crecimiento no es controlado por el monto total de los recursos disponibles, sino por el recurso más escaso, se realizó la evaluación.

Las unidades de suelo presentan, en la mayoría de los casos, elevada aptitud relativa agrícola y por lo menos cada una tiene un cultivo con clase 1, (Figura 49).

Id.	Unidades de mapeo	Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
1	Griatudo	3	1	3	3	3	2	3	3	2	2	2	2
2	Arenal	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	3	1
3	Xico	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2

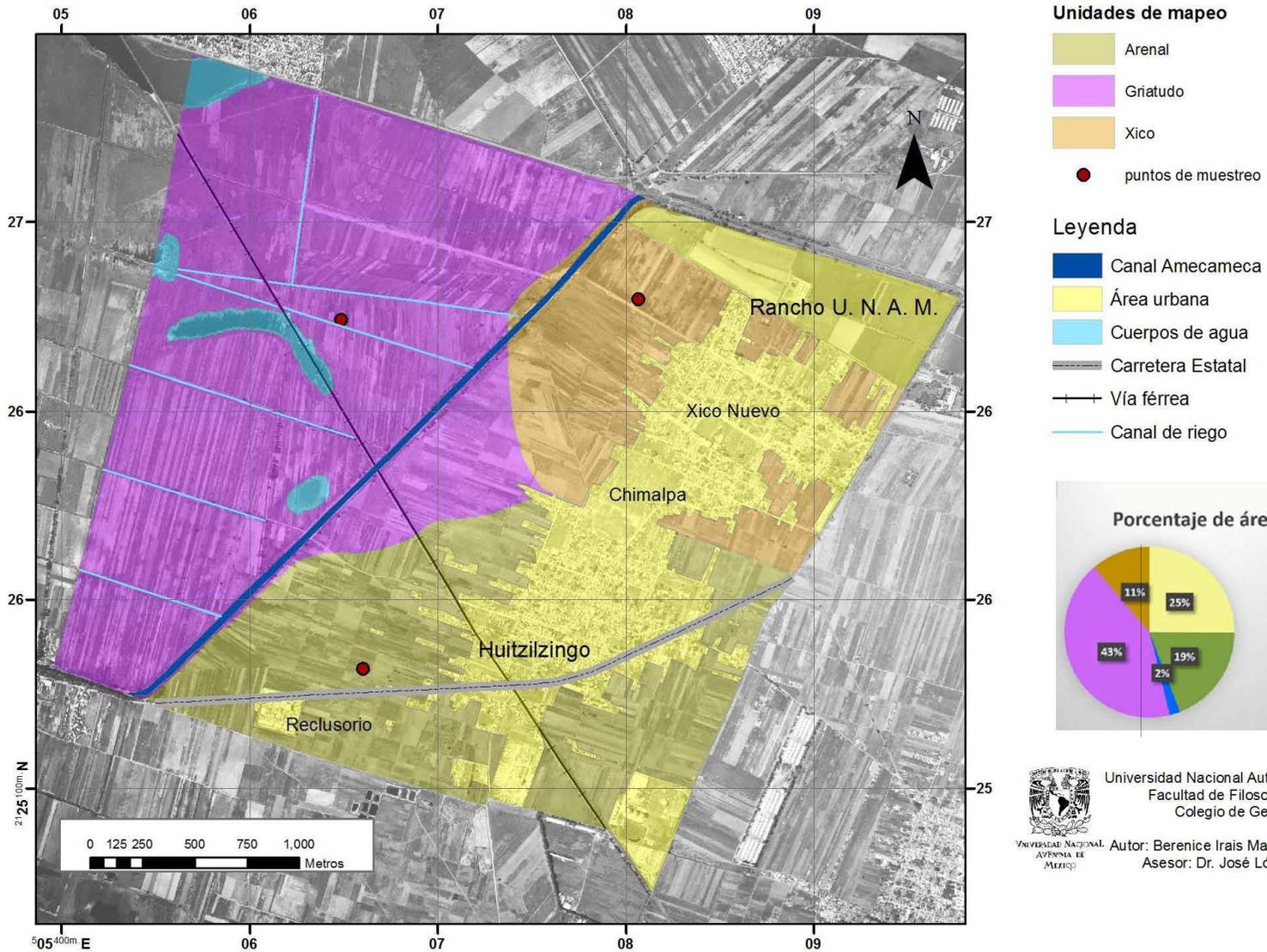
Figura 49. Resultados de la evaluación de tierras para doce cultivos con base en el modelo Almagra.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=frijol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Aptitud relativa agrícola: 1 = óptima, 2 = elevada, 3 = moderada, 4 = marginal, 5 = nula.

En la unidad Griatudo, los dos factores que influyeron en la evaluación fue la textura y el drenaje, los que presentan una correlación; en el caso de Xico, el factor fue la profundidad útil y del Arenal en el caso del romero tiene una clase tres, porque es una planta halófito, que se desarrolla mejor con un alto grado de salinidad.

Figura 50. Mapa de suelos de la porción sur del lago de Chalco



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Filosofía y Letras
Colegio de Geografía

Autor: Berenice Irais Martínez de la Rosa
Asesor: Dr. José López García

3.5. Discusión

La agricultura de subsistencia tiene más y mayores retos que en el siglo pasado, frente a un comercio global la pequeña producción es desplazada por productos importados de menor calidad. Para la cantidad que se produce por parcela es difícil de que consiga mercado.

En la actualidad existen muchas técnicas para mejorar el rendimiento del suelo, pero requieren un alto nivel de inversión para uso de fertilizantes y de maquinaria sofisticada, que va orientada a grandes productores que tienen garantizada la venta de su producción. Muchos de los productores de la región no tienen acceso a ellas e, independientemente del costo, no se adaptan a las necesidades de suelo.

Al respecto de la calidad de los cultivos, los productores mencionan que el suelo es bueno, lo que necesitan es agua.

3.6. Conclusiones

Los suelos de la porción sur del lago de Chalco tienen, en general, una aptitud relativa agrícola buena para la mayoría de los cultivos de la región, con la única limitante del descenso de humedad en el suelo. De las unidades diferenciadas, la del Arenal es la que tiene la mejor aptitud agrícola, seguida de Xico y, por último, el Griatudo. Anteriormente se tenían mejores rendimientos con lluvias más

frecuentes, que mantenían niveles freáticos a menor profundidad y, por tanto, mejores rendimientos.

Esta investigación con la evaluación de tierras con el sistema microLEIS, cumple con las necesidades de los productores de saber el estado en el que se encuentra su suelo e identificar las cualidades para mejorar el manejo y su producción. No sólo se evaluaron los suelos sino los cultivos tradicionales, con lo que se puede enfocar los cultivos de acuerdo con la su aptitud correspondiente.

El Griatudo es el que presenta problemas en textura para su desarrollo, aunque en los análisis de laboratorio, los índices de salinidad son bajos, no quiere decir que no estén presentes; en la observación de campo es evidente su presencia en la superficie. En la comparación con la tabla de rendimientos elaborada con base en la información proporcionada por los productores, es en el que mejor se desarrollan las hortalizas, aunque el factor determinante es que cuente con canales de riego. La producción de romerito se garantiza en esta unidad e incluso se puede decir que mejoraría la calidad del suelo al absorber la salinidad.

En el caso de Arenal, presenta una aptitud óptima para la alfalfa, el brócoli, la lechuga, la espinaca y la acelga; Xico también presenta en la mayoría de los cultivos buena aptitud; la principal limitante es que se ve seriamente afectado por el piso de arado a los 50 cm de profundidad. En ambos casos no existe riego por canales, lo que afecta la disponibilidad de agua.

Los suelos de la porción sur del lago de Chalco son de buena calidad, lo que influye en los rendimientos es el agua; esto último pasa en muchos lugares de nuestro país, donde se desarrolla agricultura de temporal. Para mejorar la producción es necesaria la introducción de sistemas de riego, mientras, el acelerado crecimiento urbano se manifiesta como un serio obstáculo. La unidad Griatudo abarca los ejidos de las tres localidades, pero las unidades Arenal y Xico son de pequeña propiedad, con tendencia de que son lotificados para uso habitacional.

Bibliografía

- Alemán O. (1999), *Chalco. Monografía municipal, Gobierno del Estado de México*, Asociación Mexiquense de Cronistas Municipales, Instituto Mexiquense de Cultura, Toluca, 180 p.
- Alonso L. (1994), "Sujeto y discurso: el lugar de la entrevista abierta en las prácticas de la sociología cualitativa", en Delgado J. y J. Gutiérrez (Coords.), *Métodos y Técnicas cualitativas de investigación en Ciencias Sociales*, Madrid, pp. 225-240.
- Andrade A. 1993. "Sistemas agrícolas tradicionales en el medio río Caquetá", en Correa F. (ed.), *La selva humanizada, Ecología alternativa en el trópico húmedo colombiano*, Instituto Colombiano de Antropología, Bogotá, pp. 63-85.
- Auvinet G. (1991), *Agrietamiento del suelo*, Memoria de la sociedad mexicana de mecánica de suelos. México, 120 p.
- Beltrán T. (1998), *La desecación del lago (ciénaga) de Chalco*. Colegio Mexiquense, Toluca.
- Bojórquez J. I. y J. López-García (1997), "Levantamiento de suelos del municipio de Tuxpan, Nayarit", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, No. 35, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 85-120.
- Bojórquez J. I., López-García J. y D. De la Rosa (2006), "Aptitud relativa agrícola del municipio de Tuxpan, Nayarit, utilizando el modelo Almagra del Sistema MicroLEIS", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, No. 59, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 59-73.
- Botero P. J. (1978), *Fisiografía y estudios de suelos*, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá, 40 p.

- Bouvier C. et al. (1995), *Hidrología e Hidrogeología en la cuenca de Chalco Descripción y Perspectivas* [http://horizon.documentation.ird.fr/exldoc/pleins_textes/pleins_textes_6/b_fdi_35-36/41387.pdf]
- Carrillo N. (1497), *Influencia de los pozos artesianos en el hundimiento de la Ciudad de México*, Anuario de la comisión impulsora y coordinadora de la investigación Científica, Tomo II, México, 245 p.
- Comisión de cuenca de los ríos Amecameca y la Compañía (2012), *Plan hídrico de las subcuencas Amecameca, la Compañía y Tláhuac-Xico*, UAM, 240 p.
- Cuanalo de la Cerda H. (1990), *Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo*, 3ra edición, Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Chapingo.
- De la Rosa D. (1996), *MicroLEIS 4.1, Sistema Integrado para la Transferencia de Datos y Evaluación Agroecológica de Tierras*, IRNAS, CSIC, Sevilla.
- Díaz A. (2005), "Los suelos lacustres de la ciudad de México", *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*. Vol. 6(2), México, pp. 111-130.
- Elbersen G. W., Benavides S. T. y P. J. Botero (1986), *Metodología para levantamientos edafológicos*, IGAC, Bogotá
- Etchevers J. et al. (2009), "Calidad o Salud del suelo: conceptos, indicadores y aplicación en agricultura", en López- Blanco J. y M. L. Rodríguez (Coords.) *Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México*, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 106-121.
- FAO (1976), "A framework for land evaluation", *FAO Soils bulletin*, No. 32, FAO and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 79 p.

- Figuroa A. (2007), *Estudio geomorfológico general y aplicado a peligros en la zona del lago de Chalco, Edo. de México*, Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 119 p.
- Figuroa G. (1989). "Mecanismos de producción de grietas inducidos por la explotación del agua subterránea", *Alternativas Tecnológicas*, No. 29, Academia Mexicana de Ingeniería, pp. 371-378.
- García E. (1987), *Modificaciones al sistema de clasificación de Köeppen*, UNAM, México, 217 p.
- Gayol R. (1929), "Perturbaciones producidas en el fondo del Valle de México por el drenaje de las aguas del subsuelo", *Revista mexicana de Ingeniería y Arquitectura*, Vol. III, No. 8.
- Gutiérrez M., González J. y J. Zamorano (2005), *La Cuenca de México y sus cambios demográfico-espaciales*, Temas selectos de Geografía de México, I. Textos monográficos: 8. La Cuenca de México, Instituto de Geografía, UNAM, pp. 17- 41, México.
- Hernández G. B. (2007), *Zonificación de riesgos por hundimiento y agrietamiento al noroccidente de la Delegación Tláhuac, D.F.*, Tesis de Licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 93 p.
- Huízar R. (1989), *Contributions à l'étude géologique et hydrogéologique de la plaine de Chalco-Amecameca et de son bassin versant (Mexique)*, Diplôme de docteur de l'université de Besançon, Franch.
- Huízar R. (1993), "Simulación matemática del sistema de acuífero de Chalco-Amecameca", *Geofísica Internacional*, Vol. 32, No. 1, pp. 57-79, México.
- IGAC (1997), *Guía metodológica para la formulación del plan de ordenamiento municipal*, Bogotá, 81 p.

- INEGI (2009), "Chalco, México", *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Clave geoestadística 15025, 9 p.
- INEGI (2009), "Valle de Chalco Solidaridad, México", *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, Clave geoestadística 15122, 8 p.
- Juárez E. (1962), *Mecanismos de grietas de tensión en el Valle de México*. Tesis de Doctorado, UNAM, México.
- Juárez E. y G. Figueroa (1984), "Stresses and displacements in an aquifer due to seepage forces (one dimensional case)", *Journal of Hydrology* 73, pp. 259-288.
- Lugo J., Pérez A. y M. Rojas (1991), "Formación de grietas en la margen del antiguo lago al oriente de la cuenca de México", *Geofísica Internacional*, No. 30 (2), pp. 87-95.
- Lugo J. (1999), "Grietas en campos de cultivo, un tipo de riesgo", *CENAPRED/PREVENCIÓN*, No. 22, pp. 18- 23.
- Marsal R. J. y M. Mazari (1959), *El Subsuelo de la Ciudad de México*, 2ª ed., Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- Martínez B. (2011), Tornado en Chalco, en *Naturaleza, Chichón*, boletín informativo del Departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía, UNAM, año 5, No. 7, pp. 1, México.
- Martínez R. (2010), "Historia de la destrucción de mi pueblo, San Martín Xico", *Cuadernos de Historia del Valle de Xico*, No. 10, Museo Comunitario del Valle de Xico.
- Mazari M. y J. Alberro (1990), "Hundimiento de la Ciudad de México", en Kumate J. y M. Mazari (Coords.), *Problemas de la Cuenca de México*, El Colegio Nacional, pp. 83-114.

- Mooser F. (1963), "La cuenca lacustre del Valle de México", *Mesas Redondas sobre Problemas del Valle de México*, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C., México., pp. 12-16.
- Mooser F. (1975), "Historia geológica de la Cuenca de México", en *Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal*, Tomo I, pp. 7-38.
- Orozco J. M. y G. Figueroa (1991), "Descripción cronológica del desarrollo de los conocimientos sobre el agrietamiento de terrenos", *Agrietamiento de suelos*, Sociedad mexicana de mecánica de Suelos, pp. 1-12.
- Ortíz S. y H. Cuanalo de la Cerda (1984), *Metodología del levantamiento fisiográfico, un sistema de clasificación de tierras*, Colegio de Posgraduados, Chapingo.
- Ortiz D. y M. Ortega (2007), "Origen y Evolución de un nuevo lago en la planicie de Chalco: implicaciones de peligro por subsidencia e inundación de áreas urbanas en Valle de Chalco (Estado de México) y Tláhuac (Distrito Federal)", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 64, pp. 26-42, Instituto de Geografía, UNAM.
- Ponce H. R. (1993), "Land resources inventories for land evaluation and land use planning: a combined approach for Mexico", in *Land Evaluation for Sustainable Agriculture for Mexico*, pp. 65-88.
- Rossignol J. P. (1987), "La morfoedafología: un método de estudio del medio biofísico para su ordenación", en Geissert D. y J. P. Rossignol (Coords.), *La morfoedafología de los paisajes rurales. Conceptos y primeras aplicaciones en México*, INIREB-ORSTROM, Xalapa
- Rossiter D. G. y Vargas R. (2000), *Metodologías para el levantamiento del recurso suelo*. Segunda versión revisada, Traducción y adaptación Agosto del 2004.
- Sims D. (1993), "A framework for land evaluation and land use planning in Mexico", in *Land Evaluation for Sustainable Agriculture for Mexico*, pp. 99-117.

Soil Survey Staff (1975), *Soil Taxonomy*, Hand 436, USDA, Government Printing Office, Washington.

Vazquez E. y L. R. Jaimes (1989), *Geología de la cuenca de México*, Geofísica Internacional, Vol. 28, pp. 133-190, México.

Villota H. y M. C. Forero (1986), *Actualización de la metodología para levantamientos edafológicos, especificaciones y manual de procedimientos*, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.

Wellhausen J., Roberts M. y E. Hernández (1951), *Razas de maíz en México, su origen, características y distribución*, Oficina de Estudios Especiales, Secretaria de Agricultura y Ganadería, México, Folleto Técnico, No. 5, 237 p.

Zamorano J. (2005), "Formas del relieve en la cuenca de México", en Gutiérrez M., González J. y J. Zamorano, *La Cuenca de México y sus cambios demográfico-espaciales*, Temas selectos de Geografía de México, I. Textos monográficos: 8. La Cuenca de México, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 17- 41.

Zeevaert L. (1949), *An investigation of the engineering characteristics of the volcanic lacustrine clay deposit beneath Mexico City*, Ph.D. Thesis, University of Illinois, Urbana.

Zeevaert L. (1953), *Estratigrafía y problemas de ingeniería en los depósitos de arcilla lacustre de la Ciudad de México*, Memoria del Congreso Científico Mexicano, Vol. 5, pp. 58-70.

ANEXO A

Determinación de la aptitud relativa agrícola

En los siguientes cuadros (Figuras 51- 53) se asignaron los valores para determinar la aptitud relativa agrícola, de acuerdo a los requerimientos edáficos de cada cultivo y las condiciones específicas de cada unidad.

Id.	Factor	Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
1	Profundidad útil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Textura	3	1	2	2	3	2	2	2	1	1	2	2
3	Drenaje	2	1	2	3	3	2	2	3	2	2	1	2
4	Carbonatos Ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Salinidad	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	2	1
6	Saturación de Na	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
7	Desarrollo de perfil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aptitud relativa agrícola		3	1	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2

Figura 51. Valores para Griatudo.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=frijol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Id.	Factor	Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
1	Profundidad útil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	Textura	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	2
3	Drenaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Carbonatos Ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Salinidad	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1
6	Saturación de Na	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
7	Desarrollo de perfil	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Aptitud relativa agrícola		2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	3	2

Figura 52. Valores para Arenal.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=frijol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

Id.	Factor	Cultivos											
		Ma	Av	Re	Al	Fr	Br	Le	Es	Ca	Ch	Ro	Ac
1	Profundidad útil	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	2
2	Textura	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
3	Drenaje	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	Carbonatos Ca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	Salinidad	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1
6	Saturación de Na	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
7	Desarrollo de perfil	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2
Aptitud relativa agrícola		2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2

Figura 53. Valores para Xico.

Cultivos: Ma=maíz, Av=avena, Re=remolacha, Al=alfalfa, Fr=fríjol, Br=brócoli, Le=lechuga, Es=espinaca, Ca=calabaza, Ch=chilacayote, Ro=romerito y Ac=acelga.

Limitaciones: 1= ninguna, 2= ligera, 3= moderada, 4= severa, 5= muy severa.

ANEXO B

Mapa de las tierras y aguas que son de los naturales del pueblo de Huitzilzinco, 1620

Es uno de los documentos más antiguos del aérea en estudio y pertenece al Sr. Benjamín López Ortiz por herencia familiar. En el mapa por el paso del tiempo ha perdido detalle, aun así se puede apreciar los límites del pueblo de Huitzilzingo, los pueblos cercanos y tierras ocupadas por el antiguo lago de Chalco (Figura 54),.

Es un mapa muy detallado, en el cual está representada la Iglesia, la Casa de los Tributos y Real Caja, la Casa de la autoridad, así como las casas de los habitantes y a qué familia pertenecía. En el extremo inferior izquierdo, se encuentra la descripción, cuyo texto es el siguiente:

*“EL EXMO SR DON DIEGO FERNANDEZ DE CORDOBA, MARQUEZ DE
GUADALCALAZAR, VIRREY DE ESTA NUEVA ESPAÑA, AUTORIZO
ESTE MAPA EN 2 DE ENERO DE 1620”*



Figura 54. Mapa de las tierras y aguas que son de los naturales del pueblo de Huitzilzinco, 1620.