

00361



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

19

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA
ZONA LACUSTRE DE TLÁHUAC

292546

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

Maestra en Ciencias (Biología)

P R E S E N T A

LIC. EN GEOGRAFÍA MARÍA DE LOURDES RODRÍGUEZ GAMIÑO.

DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA



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.

DEDICATORIA

Dedico con mucho cariño este trabajo a mis padres **RAFAEL y RAQUEL**, por todo su amor y apoyo para que yo siga estudiando y preparándome cada día, muy especialmente a mi **MAMÁ** por su apoyo moral y económico que me ha brindado durante todos estos años.

A mis queridos hermanos **RAFAEL, LUCIA, MIGUEL y PILAR**, por su confianza y estímulo que siempre me han brindado.

A mi pequeño sobrino **JOSUÉ EDUARDO**, porque por la niñez sigue uno luchando cada día.

A **GILBERTO**, por su apoyo, cariño, comprensión y porque me impulsa a seguir adelante en la lucha por la vida.

*A DIOS PORQUE ME DIO LA VIDA
A LA SOCIEDAD DE MI PAÍS
A MI MÉXICO QUERIDO*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**, por darme la oportunidad de continuar con mis estudios al nivel de posgrado, especialmente a la Facultad de Ciencias, por permitirme lograr una meta más en mi desarrollo profesional.

AI DR. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA, por haber dirigido atinadamente, todos los trabajos para la realización de esta tesis.

A la **DRA. TERESA REYNA TRUJILLO** y al **DR. DAVID FLORES ROMÁN**, por sus acertadas observaciones, comentarios y sugerencias, durante la realización y revisión de este trabajo.

A la **MAESTRA NELLY DIEGO PÉREZ**, al **MAESTRO JAIME JIMÉNEZ RAMÍREZ**, a la **MAESTRA LILIA MANZO DELGADO** y al **MAESTRO GILBERTO VELA CORREA**, por la revisión y sugerencias hechas para mejorar el trabajo y por formar parte del Comité Dictaminador de Tesis.

Al Instituto de Geografía, por las amplias facilidades proporcionadas durante la realización de este trabajo.

A la Biblioteca de Geografía, por el apoyo brindado por su personal en las facilidades otorgadas en la revisión de documentos.

AI ING. AARÓN MASTACHE MONDRAGÓN y a la **COMISIÓN DE RECURSOS NATURALES (CORENA)** por su apoyo brindado durante la realización de este trabajo.

INDICE

	Pag.
Resumen	1
1. Introducción	2
1.1. Objetivos.	5
2. Antecedentes	6
3. Problemática Ambiental	9
4. Marco conceptual	12
4. 1 Enfoque metodológico	13
5. Metodología	17
5.1. Trabajo de gabinete	17
5.1.1. Delimitación del área en estudio	17
5.1.2. Caracterización física y biótica	18
5.1.3. Determinación de unidades ambientales	19
5.2. Trabajo de campo	19
5.3. Análisis de la información	20
5.3.1. Diagnóstico y evaluación de las unidades ambientales	20
5.4. Elaboración del documento	22
6. Localización del área en estudio	23
7. Características físicas, bióticas y de uso del suelo	27
7.1. Geología	27
7.1.1. Sierra Chichinautzin	28
7.1.2. Sierra de Santa Catarina	31
7.1.3. Volcán el Pino	33
7.1.4. Planicie Tláhuac-Chalco	34
7.2. Geomorfología	39
7.3. Hidrología	43
7.3.1. Hidrología superficial	44
7.3.2. Aguas subterráneas	45
7.4. Clima	45
7.4.1. Climas de las estaciones meteorológicas	45
7.4.2. Unidades mesoclimáticas	51
7.4.3. Elementos climáticos	54
7.5. Suelos	57
7.5.1. Andosol	57

7.5.2. Phaeozem	58
7.5.3. Regosol	58
7.5.4. Litosol	59
7.5.5. Solonchak	59
7.5.6. Gleysol	60
7.5.7. Fluvisol	60
7.6. Vegetación	62
7.6.1. Bosque de coníferas	62
7.6.2. Bosque de latifoliadas	64
7.6.3. Bosque secundario	64
7.6.4. Matorral xerófilo	65
7.6.5. Pastizales	65
7.6.6. Vegetación acuática	66
7.7. Uso del suelo	67
7.7.1. Agrícola	67
7.7.2. Urbano	67
7.7.3. Industrial	68
8. Unidades Ambientales	70
8.1. Zona de la Montaña (I)	70
8.1.1. Sierra Chichinautzín (IA)	72
8.1.2. Sierra de Santa Catarina (IB)	75
8.1.3. Volcán El Pino (IC)	77
8.2. Zona de Piedemonte (II)	78
8.2.1. Sierra Chichinautzín (IIA)	79
8.2.2. Sierra de Santa Catarina (IIB)	80
8.2.3. Volcán El Pino (IIC)	81
8.3. Zona de la Planicie (III)	82
8.3.1. Lacustre (IIIA)	82
8.3.2. Aluvial (IIIB)	84
9. Diagnóstico y evaluación de las unidades ambientales	87
9.1. Indicador de carácter físico	87
9.1.1. Rangos de pendiente	87
9.1.2. Desarrollo, profundidad, pedregosidad y rocosidad del suelo	88
9.1.3. Índice de erosión	89
9.2. Indicador de carácter biótico	89
9.2.1. Cobertura vegetal y niveles de deforestación	89

9.2.2. Uso del suelo en relación a su aptitud natural	89
9.3. Indicador de carácter antrópico	90
9.3.1. Impacto antropogénico	90
9.4. Indicador de carácter estético-ecológico	90
9.4.1. Valor estético	90
9.4.2. Grado de estabilidad	91
10. Conclusiones	95
Bibliografía	97
Anexo Fotográfico	105

RESUMEN

El presente estudio consistió en elaborar un diagnóstico ambiental de la zona lacustre de Tláhuac, considerando principalmente los factores físicos, bióticos y el cambio en el uso de suelo, como principal actor de la degradación ambiental en el área. Este trabajo presenta información sobre los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, clima, suelos, tipos de vegetación y los usos del suelo. Con la finalidad de contar con información de manera más particular se determinaron unidades ambientales las cuales se agruparon en 3 grandes unidades fisiográficas: (I) Zona de Montaña, en la cual se delimitaron 19 unidades ambientales; (II) la Zona de Piedemonte, con 9 unidades; y (III) la Zona de la Planicie, donde se delimitaron 7 unidades, dando un total de 35 unidades ambientales. La zona de montaña es la que presenta un número mayor de unidades ambientales en mejor estado de conservación y se caracteriza por que en ella se encuentra los bosques de coníferas y las zonas de matorral xerófilo. En la zona de piedemonte la mayor parte de las unidades ambientales se están deteriorando por que se está desplazando el matorral xerófilo por el establecimiento de actividades agrícolas y urbanas. Por último, la zona de la planicie es la que presenta un mayor grado de alteración, provocado por la mancha urbana que se establece en los terrenos que se dedicaban a la producción agropecuaria. Por lo tanto se concluye que los factores físicos y bióticos se están alterando en la zona de estudio por el cambio tan drástico en el uso del suelo, provocado por el crecimiento acelerado de la población del Distrito Federal.

1. INTRODUCCIÓN

La Ciudad de México, fue desde la fundación de Tenochtitlán un sitio rodeado por montañas cubiertas de bosques y una planicie cubierta por lagos, medio que albergó a la ancestral cultura azteca, que siempre manifestó profundo respeto por su entorno al diversificar el uso de los recursos naturales, manteniendo la armonía con la naturaleza y protegiendo sus ecosistemas.

Durante la Colonia, la Ciudad de México experimentó transformaciones en su paisaje. A partir de entonces empezó un desequilibrio ecológico, que con el transcurrir de los años y hasta la actualidad la explotación irracional de los recursos naturales y el crecimiento demográfico y urbano, han deteriorado los ecosistemas de la Ciudad de México.

Así, la ciudad se convirtió en la actual metrópoli, proceso que tuvo implícitos grandes flujos migratorios que aunados a su propio crecimiento poblacional, incentivaron un anárquico expansionismo urbano-industrial, mismo que aún repercute en la usurpación de tierras agrícolas, masas boscosas y lechos de antiguos lagos, intensificando el deterioro ecológico traducido en desecación casi total de los medios lacustres, el aniquilamiento de recursos forestales, la extinción de flora y fauna endémica, la elevada pérdida y agotamiento de suelos, la contaminación atmosférica, el decremento en la recarga de mantos freáticos y su gradual abatimiento acuífero.

Pese al estrecho vínculo entre lo urbano y el medio, este hecho para la ciudad parece difuso e incluso irreconocible, dado que la dimensión ambientalista únicamente se asocia a procesos metropolitanos en términos de su infraestructura, servicios públicos, vivienda, áreas verdes, etc.; soslayando al urbanismo como fenómeno multidimensional que ubica al problema de la sustentabilidad en un contexto que rebasa al ámbito propiamente urbano, debiendo en cambio plantearse como el balance de intercambios biofísicos, sociales y económicos entre la metrópoli y su área natural de influencia.

Hasta el momento las acciones emprendidas para conservar los ecosistemas y sus recursos naturales, han sido insuficientes y de no revertir esta tendencia adoptando un nuevo enfoque en materia de política ambiental-urbana acorde a la magnitud del problema, difícil será frenar el tránsito hacia una posible catástrofe ecológica.

Por lo anterior este estudio se encuentra inmerso dentro de la problemática ambiental del Distrito Federal, ya que se presenta información de diversos aspectos de los problemas ambientales y de manera particular sobre la situación ambiental de sus recursos físicos y bióticos que prevalecen en la Zona Lacustre de Tláhuac.

Por lo tanto el trabajo está integrado por 10 capítulos; en el primero se presenta una introducción indicando los objetivos del estudio, en el capítulo 2 de antecedentes se mencionan algunos de los estudios que particularmente se han hecho para la zona. El capítulo 3 aborda la problemática ambiental de la Ciudad de México y sus efectos e impactos sobre el área territorial de la zona en estudio generados por el desequilibrio ecológico resultante del crecimiento de la población y la expansión de la mancha urbana. En el capítulo 4 se presenta un marco conceptual destacando la importancia que reviste la geografía del paisaje como enfoque e instrumento metodológico para la realización del estudio y se presentan algunos conceptos básicos que se tomaron en cuenta de la metodología propuesta en el programa de ordenamiento ecológico del territorio a nivel nacional.

En el capítulo 5 se describe la metodología que se empleó para la realización del estudio, describiendo las fases que se llevaron a cabo: a) trabajo de gabinete, b) trabajo de campo, c) análisis de información y d) elaboración del documento.

En el capítulo 6 se presenta la localización y delimitación del área en estudio. El capítulo 7 trata sobre los aspectos de geología, geomorfología, hidrología, clima, suelos, vegetación y uso del suelo. Es conveniente mencionar que se elaboró el mapa de geomorfología el cual no existía para la zona, con base en Lugo (1998) y con respecto al clima se hizo el mapa de unidades mesoclimáticas para la zona, de acuerdo con Melo y López (1998).

Se caracterizan las unidades de suelos en función a sus propiedades físicas y químicas, y su importancia en función del cubrimiento superficial, limitantes de uso, potencialidad agrícola y vocación natural. Con respecto a la hidrología se describen las características de información referente a los escurrimientos superficiales y aguas subterráneas. Se mencionan las características y la distribución de los tipos de vegetación y usos del suelo para el área.

Con el análisis de la información anterior en el capítulo 8 se determinaron y clasificaron las unidades ambientales utilizando un criterio de lo general a lo particular a partir de la siguiente secuencia: primero se considero a la fisiografía donde se determinaron tres grandes unidades, posteriormente con apoyo de la geología se obtienen unidades a partir de su origen y edad, por otra parte se definieron unidades ambientales a partir del análisis geomorfológico con la finalidad de contar con información sobre los procesos endógenos y exógenos que actúan sobre los recursos naturales del área en estudio. Por último se obtuvieron las unidades a partir de la vegetación y de uso de suelo, característica que imprime el estado en que se encuentran cada una de las unidades definidas.

El capítulo 9 aborda información referente al diagnóstico y evaluación de las unidades ambientales de manera integral, tomando en cuenta los indicadores de carácter físico, biótico, antrópico y estético-ecológico, considerando su grado de estabilidad ecológica y por otra parte en éste capítulo se hace una evaluación globalizada de las unidades ambientales. Las conclusiones se tratan en el capítulo 10 y por último presenta la bibliografía que se consultó en la realización de este estudio.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1.OBJETIVO GENERAL.

Elaborar un diagnóstico ambiental que permita conocer el estado actual de los recursos naturales de la Zona Lacustre de Tláhuac, que sirva de base en la propuesta de programas de ordenamiento ecológico.

1.1.2. OBJETIVOS PARTICULARES.

- Realizar una caracterización fisiográfica y biótica de la Zona Lacustre Tláhuac.
- Realizar un diagnóstico y evaluación de los componentes físicos, bióticos de las unidades ambientales, en función de los impactos y efectos que sobre los recursos naturales provoca la actividad humana.
- Determinar y delimitar unidades ambientales, que sirvan de base como unidades de manejo para los programas de ordenamiento ecológico.

2. ANTECEDENTES

Con respecto a estudios de integración del medio o sobre diagnósticos ambientales que se hayan elaborado de manera particular para la zona en estudio no existe información en este sentido. Se hizo una revisión bibliográfica, que sirvió de base en la elaboración de la caracterización física y biótica, y en la generación de los mapas de climas y geomorfología específicamente. Es importante mencionar que la zona en estudio se localiza dentro de la Cuenca de México, la cual se ha estudiado desde un punto de vista físico y biótico, ya que representa una de las zonas más importante del país, debido a que alberga a la Ciudad de México, la cual presenta una problemática ambiental muy interesante desde el punto de vista ecológico.

A continuación se presentan algunos de los trabajos que se han hecho para la zona. Con respecto a geología existen estudios de Ordóñez (1895), presenta información sobre las rocas eruptivas de la cuenca. Fries (1960), realizó estudios sobre petrografía y espesor de la Sierra Chichinautzín. Arellano (1948), presenta información sobre análisis realizados de varios ejemplares de roca de los conos volcánicos Xico, Tlapacoya, Santa Catarina y del volcán Xitle. Mooser (1957, 1963) ha publicado artículos sobre geología y ha elaborado mapas sobre la Cuenca de México. Así mismo determinó las edades en que se desarrolló y formó la cuenca. Una aportación de este autor es su participación en la elaboración del documento sobre las Memorias del Drenaje Profundo (1975). Martín del Pozzo (1980, 1994), autora que ha trabajado sobre la vulcanología y petrografía de la Sierra Chichinautzín. Lugo (1984), publicó un libro sobre la geomorfología de la parte sur de la Cuenca de México. Lugo y García (documento inédito) presentan información sobre la geomorfología del sur del Distrito Federal. Además Lugo *et al.*, (1994), elaboraron un levantamiento geomorfológico sobre la Sierra de Santa Catarina. En cuanto a la información climática, existen las cartas de INEGI a escala 1: 500,000 de 1980, así como la información de las estaciones meteorológicas del Sistema Meteorológico Nacional. Con respecto a suelos, en la zona se han hecho estudios por el INEGI (1980), que elaboró la cartografía temática sobre edafología y realizó análisis físicos y químicos de los sitios donde se tomaron muestras. Otros estudios sobre suelos los

realizó Cervantes (1983), donde presenta información de la génesis, morfología y clasificación de los suelos de la Cuenca de México.

En las Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal (1975) y en el Atlas de la Ciudad de México (1986), se presentan estudios sobre la geología, geomorfología, climas suelos y tipos de vegetación de la Cuenca de México.

Específicamente para la Subcuenca de Chalco, Cannon (1957) elaboró un estudio sobre la influencia de la geomorfología en la hidrología y las condiciones de suelo en la cuenca de Chalco - Tláhuac. Básicamente es un documento que presenta un análisis histórico de la hidrología del Valle de México y del problema del mal uso del agua en ésta zona, concluye que la extracción de agua provocará que la zona lacustre de Chalco-Tláhuac quedará árida en un futuro no muy lejano. Vázquez y Jaimes (1989) presentan información sobre la estratigrafía, estructura y análisis petroquímico para conocer la evolución geológica de la Cuenca de México desde el Cretácico. Cserna, *et al.*, (1988) elaboraron un proyecto de investigación sobre la estructura geológica, gravimetría, sismicidad y las relaciones neotectónicas regionales de la Cuenca de México. Martín del Pozzo *et al.*, (1994), presentan información sobre el impacto que tuvo el vulcanismo durante el Holoceno en la Cuenca de México. Delgado y Martín del Pozo (1993), elaboraron un estudio sobre la geología volcánica del Plioceno y Holoceno en las Cruces, Chichinautzín y Ajusco. Urrutía y Martín del Pozo (1993) elaboraron un estudio sobre datos paleomagnéticos para conocer la edad de la Sierra Chichinautzín. Por otra parte Urrutia (1995) presenta información sobre los contrastes paleomagnéticos sobre la actividad volcánica en la Sierra de Santa Catarina-Chalco. Ortega *et al.*, (1996), elaboraron estudios sobre el origen del agua y la salinidad en los lagos de Texcoco y Chalco. Caballero (1997), presenta información sobre las glaciaciones pasadas en la Cuenca de México, con registros de diatomeas entre 34,000 y 15,000 años en el lago de Chalco. Lozano y Ortega (1997), presentan información sobre los cambios ambientales durante el Cuaternario de la parte central de la Cuenca de México y la correlación entre los lagos de Texcoco y Chalco.

Es importante mencionar que en el área de estudio las investigaciones han estado enfocadas a cuestiones básicamente geohidrológicas, por la importancia que la zona representa para la recarga de los mantos acuíferos. Por otra parte, respecto al clima y vegetación, es menor la cantidad de estudios que se han realizado.

3. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.

El crecimiento demográfico y la expansión urbana han traído como consecuencia serios problemas ambientales en la Ciudad de México. En nuestro país la urbanización tiene hondas raíces desde la época prehispánica.

El Distrito Federal ha experimentado desde su constitución a finales del siglo XIX, un constante aumento demográfico y una expansión urbana que se ha intensificado durante el siglo XX. A partir de entonces se pueden identificar cuatro etapas: el desarrollo post-revolucionario (1900-1930); el surgimiento de la industria manufacturera (1930-1950); la industrialización que da origen a una metropolización (1950-1980); y finalmente la tendencia megapolitana iniciada a partir de los años ochentas y que continúa vigente hasta la fecha haciendo de la Ciudad de México una de las urbes más grandes y pobladas del mundo (D.D.F., 1984).

Después del siglo XIX la Ciudad de México se expandió sobre 1,076 ha ocupadas por solo 137 mil habitantes y una densidad de 120 hab/ha y entre 1900 y 1950 causó un aumento del 40%, llegando a 31 millones de habitantes, asentados en 2,714 ha del Distrito Federal y una densidad de población de 135 hab/ha en 1950 (D.D.F., 1997)

Durante el decenio de 1950 a 1960, la superficie urbana de la Ciudad de México excedió el límite norte del Distrito Federal, ampliando su superficie urbana a 47,070 ha. Esto originó que a pesar del incremento demográfico a 5.4 millones de habitantes, se redujera la densidad a 114 hab/ha. Al crecimiento norte se sumó el del sureste integrado por Iztapalapa e Iztacalco y hacia el sur Tlalpan y Xochimilco (D.D.F., 1997).

A partir de este momento se inició un crecimiento conjunto entre el Distrito Federal y el Estado de México, pero con desarrollo diferencial en superficie y población, que absorben el 50% del flujo migratorio rural. La población estimada para 1995 era de 8,481, 847 habitantes, asentados sobre 132,576 ha, con una densidad de población media de 129 hab/ha (D.D.F., 1997). Este fenómeno demográfico ha

provocado impactos ambientales y ha afectado zonas muy frágiles, ya que se han ocupado áreas con alto valor ecológico y de recarga acuífera.

Actualmente el Distrito Federal tiene una superficie de 149,500 ha de las cuales 62,700 ha (42%) es zona urbana, y 86,800 ha (58%) constituyen la zona establecida como "Área de Conservación Ecológica" (D.D.F. 1997). Entre de los objetivos a cumplir dentro de ésta zona está la conservación y preservación de los ecosistemas, a partir del establecimiento de programas de reforestación y de conservación de suelo y agua. De la superficie del Área de Conservación Ecológica (ACE) 29,100 ha son de agricultura de temporal y 1,070 se destinan al riego; 12,700 ha con pastos y matorrales; 37,500 ha forestales; 650 ha de cuerpos acuíferos y 5,780 ha ocupadas por las zonas de desarrollo controlado (D.D.F., 1997).

Políticamente el Área de Conservación Ecológica está integrada por fracciones de las delegaciones Alvaro Obregón, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco. En el ACE se localizan 36 poblados rurales que abarcan 3,200 ha. Sin embargo, también existen 559 asentamientos irregulares, de los cuales 168 fueron regularizados como ZEDEC's y 261 son factibles de consolidar y los otros 160 asentamientos deberán reubicarse o desalojarse por ocupar zonas ecológicamente vulnerables y poner en riesgo la pérdida de 7,500 ha correspondientes al Área de Conservación Ecológica (D.D.F., 1997).

De acuerdo con información del Programa Metropolitano de Recursos Naturales (1997), la ruptura del balance hídrico y la sobreexplotación del manto acuífero pone en riesgo el suministro de agua para la ciudad, ya que del volumen total de lluvia el 85% se evapora, el 8.7% escurre en superficies, aprovechándose solo 3 m³/seg mientras que el 11.3% es captado e infiltrado en las zonas montañosas, destacando por su elevada permeabilidad la Sierra Chichinautzín (que forma parte del área en estudio) cuyo aporte a la recarga del acuífero supera los 90 millones de metros cúbicos. Así de los 62 m³/seg que abastecen a la ciudad, 42 m³/seg provienen del manto acuífero, 1.5 m³/seg se captan de escurrimientos superficiales y los restantes son de fuentes externas.

El proceso de urbanización cada día reduce superficies de recarga natural y por otra parte exige mayor cantidad de agua para satisfacer las necesidades de sus habitantes, lo que ha provocado un sobrebombeo subterráneo que abate el nivel freático a ritmo de 1m/año en la ciudad y 1.2 m/año en la zona de Tláhuac-Xochimilco, lo que ha ocasionando hundimientos diferenciales.

Con respecto al los recursos forestales, en el ACE se pierden 500 ha a causa de desmontes con fines agrícolas, la tala clandestina, plagas y enfermedades y la expansión urbana. Consecuencia de lo anterior es la pérdida de suelos por la erosión, la cual oscila entre 11.72 y 12.7 ton/ha problema que se agudiza en las zonas agrícolas de Tlalpan, Milpa Alta y Xochimilco.

Finalmente, en cuanto a las especies de flora y fauna silvestres, tomando de referencia las 5,600 especies florísticas y de mantenerse la actual tasa de deforestación, se infiere que para el año 2025 se habrán perdido, 1919 especies de flora. Por lo que respecta a la fauna de vertebrados, de las 403 especies existentes hasta 1995, se infiere la pérdida aproximada de 117 especies (D.D.F., 1997).

4. MARCO CONCEPTUAL.

La problemática ambiental del Distrito Federal se ha centrado básicamente sobre el contenido y las modalidades propias del desarrollo, pero actualmente los proyectos de carácter explicativo exigen interpretarse con respecto a su importancia ecológica y las condiciones de la viabilidad de la naturaleza. Es en este sentido que surgió el término Desarrollo Sustentable cuyo principio es construir un futuro más racional estable y equitativo.

El desarrollo sustentable, aspira a una armonía con el mantenimiento de los equilibrios necesarios para incentivar el desarrollo actual y futuro. En este sentido, la relación naturaleza-hombre, forma un círculo virtuoso que garantiza un entorno natural conservado y un progreso constante para la sociedad; es decir, la protección del medio incrementa el capital natural y en consecuencia reditúa mayor productividad y bienestar para la sociedad (Melo y López, 1998).

En la actualidad los procesos de deterioro del medio comprometen a la sustentabilidad para el desarrollo, por lo que es urgente se profundice en el conocimiento de las interacciones entre el sistema económico y los sistemas naturales, con el fin de fundamentar las decisiones dentro del sector público y privado de acuerdo con criterios ecológicos de viabilidad social a largo plazo.

Por lo anterior, un elemento básico en la conducción de la política ecológica de México, es el Ordenamiento Ecológico de Territorio que a nivel jurídico, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (1997), lo define como "un instrumento que regula o induce el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio y la preservación y uso sustentable de los recursos naturales, partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos".

Por lo tanto, el ordenamiento ecológico debe ser la base de la planeación de los recursos naturales, determinando su potencial productivo, con referencia a su posible uso agrícola, pecuario, forestal, sin riesgo de deteriorar a los ecosistemas,

así como la identificación y establecimiento de áreas para la conservación y preservación de los ecosistemas.

4.1. Enfoque Metodológico

A continuación se hace una descripción de los métodos que se han empleado con el fin de integrar los aspectos físicos y biótico con las actividades económicas. Uno de los métodos utilizados para el análisis de paisajes tuvieron su origen en Europa central y oriental durante el siglo XIX, donde el término "paisaje" corresponde a la traducción del alemán "Landschaft". La noción de paisaje se caracteriza por una asociación de caracteres de relieve, clima, vegetación y suelo (Tricart, 1982).

Por otra parte en el desarrollo de la Geografía dentro del concepto de paisaje, es importante mencionar el impulso que ha tenido la ciencia como la Ecología, cuyo objetivo es el estudio de los organismos tanto vegetales y animales, y su relación con el medio en el cual habitan. Representantes de ésta escuela son: Tricart (1982), de la Universidad de Estrasburgo cuyos trabajos se apoyan en la geomorfología; G. Rougerie de la Universidad de París, el cual se apoya en la Edafología para realizar estudios integrados del espacio geográfico, entre otros (Morales, 1998).

En las últimas décadas el paisaje ha alcanzado un nivel importante específicamente en Alemania y los países bajos, donde se hace más notorio este desarrollo. Lo anterior se confirma con otros autores como Naveh y Lieberman quienes mencionan que fueron los primeros en organizar el primer congreso de ecología de paisaje en la ciudad de Vendhoven en 1981. Otro ejemplo se encuentra en el Instituto Geográfico de la Universidad de Munich en Alemania, con los trabajos de K. F. Schrireiber sobre Ecología del Paisaje, quien ha sugerido métodos más rápidos y eficientes (Morales, 1998).

Para llevar acabo este diagnóstico ambiental se tomó como base a la ciencia geográfica, ya que esta permite estudiar las relaciones que se dan entre los elementos del medio natural y el hombre, así como su expresión espacial. La Geografía del Paisaje es la ciencia más idónea para investigar dichas relaciones bajo

un contexto sistemático e integrado, dado que el paisaje constituye un sistema territorial formado por componentes abióticos y bióticos (origen geológico, relieve, clima, hidrología, suelos y cobertura vegetal), cuyos procesos naturales influidos por las actividades humanas se manifiestan objetivamente como unidades de paisaje distintivas.

Con un menor desarrollo en el siglo pasado, los elementos teórico-metodológicos de la geografía del paisaje maduraron en el presente gracias al impulso dado por las escuelas soviética, alemana y francesa, disciplina a la que recientemente se han incorporado países latinoamericanos como son los casos de Cuba, Venezuela, Brasil, Argentina y México.

La relevancia actualmente adquirida por la geografía del paisaje ha sido paralela al incremento de la crisis global planetaria, encauzando su aplicación hacia la evaluación del medio, manifestaciones de impacto ambiental y el ordenamiento ecológico del territorio. Así, esta disciplina geográfica se significa como valioso instrumento que contribuye a proteger y restaurar el medio ambiente favoreciendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Bajo estas circunstancias y en virtud de las metas práctico-aplicativas implícitas a la geografía del paisaje, la presente investigación se realiza con base en su enfoque metodológico cuyo proceso comprende el desarrollo de las siguientes fases generales: determinación, diagnóstico y evaluación global de las unidades ambientales.

Por otra parte en la realización de este estudio se considero el trabajo realizado por SEDUE (1988) sobre el Ordenamiento Ecológico, por lo cual se hace una breve descripción general del método empleado por en el Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio (1988), para el caso de México, el cual también se consideró para este trabajo.

1. El análisis global del paisaje entraña distinguir, caracterizar, y cartografiar los elementos bióticos, abióticos y humanos insertos en el territorio de la zona en estudio; fase que comprende tanto a la estructura vertical como a la horizontal.

La estructura vertical del paisaje en su análisis, refiere el tratamiento particularizado de los elementos del medio representados por elementos diferenciadores del paisaje (geología, relieve y clima) que expresan marcados contrastes en el territorio de la cuenca, los cuales a su vez, actúan sobre los elementos indicadores (agua, suelo y biota), influyendo en su génesis, dinámica y patrones de distribución.

Por su lado, la estructura horizontal del paisaje, involucra la asociación espacial de áreas con homogeneidad relativa de componentes verticales que dan lugar a unidades de paisaje, las que siendo diferentes interactúan entre sí. Esta estructura de carácter plano muestra el arreglo espacial y el comportamiento que tienen en el interior de la cuenca las diversas unidades de paisaje, en torno a sus relaciones recíprocas.

2. La determinación y evaluación general de las unidades de paisaje radica en conocer, a partir de los componentes naturales, la calidad que ostenta cada paisaje y mediante su comparación, definir las políticas ambientales más idóneas para su manejo dentro del esquema de ordenamiento ecológico.

La evaluación ambiental aplicada, valora el estado actual de los elementos del medio en su perspectiva horizontal, empleando para cada unidad de paisaje índices ambientales de carácter físico (pendientes, mesoclima, erosión, profundidad y pedregosidad del suelo), bióticos (cobertura vegetal y deforestación), antropogénicos (uso actual del suelo y nivel de impacto ecológico) y escénicos (atributos estéticos del paisaje); ello, a fin de identificar el potencial y tolerancia que cada paisaje ostenta en cuanto a admitir el incremento o reducción de impactos producidos por las actividades socioeconómicas que se verifican en la zona.

3. El ordenamiento ecológico del territorio comprende la etapa que a partir del conocimiento preliminar de los rasgos biofísicos, recursos naturales, intervención humana, vocación original del suelo y problemas ambientales, sienta las bases para la planificación integral de la cuenca, estableciendo las unidades de manejo y sus respectivas políticas ambientales, obras y acciones, que bajo el criterio del desarrollo sustentable deberán regir el eficiente aprovechamiento de los recursos en la zona Lacustre de Tláhuac.

5. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos de este estudio, éste se dividió en cuatro etapas: 1) trabajo de gabinete, 2) trabajo de campo, 3) análisis de la información y 4) elaboración del documento final. A continuación se hace una descripción de cada una de las etapas que se realizaron durante la investigación.

5.1. Trabajo de Gabinete.

Durante esta fase se realizó una revisión de los documentos, tesis, estudios, artículos científicos, revistas, periódicos y trabajos que se han hecho sobre el área en estudio, especialmente de los aspectos de geología, clima, vegetación, hidrología, suelos y topografía. Así mismo se integró la información publicada por instituciones oficiales, para conocer los aspectos de uso del suelo y se adquirieron las cartas temáticas a escala 1: 50,000 de INEGI (1980) y las fotografías aéreas a escala 1:40,000 de los vuelos realizados por INEGI (1989) para el área en estudio.

5.1.1. Delimitación del área en estudio.

Considerando que la zona lacustre funciona como área receptora o de acumulación de material que es transportado de las partes de la montaña, se consideró su delimitación a partir del parteaguas del área montañosa como zona de influencia.

Por lo anterior la delimitación se hizo con apoyo de las cartas topográficas a escala 1: 50,000 de Milpa Alta, Ciudad de México, Amecameca y Chalco, INEGI (1980) y considerando los parteaguas de las siguientes elevaciones: al norte la Sierra de Santa Catarina y el Cerro del Pino, al sur el Volcán Tláloc y el volcán del Ayaquemtl, al oeste con el volcán Teuhtli y la zona chinampera de Xochimilco y al este con la zona lacustre de Chalco.

5.1.2. Caracterización física y biótica

Con apoyo de las cartas topográficas escala 1: 50,000 de INEGI (1980) y con las fotografías aéreas a escala 1:40,000 se elaboró el mapa de geología y geomorfología, donde se identifican las unidades geológicas por edad y las unidades geomorfológicas a partir del origen y la litología. Estos mapas fueron fundamentales ya que sirvieron de base para la determinación de las unidades ambientales.

Se establecieron unidades mesoclimáticas y se realizó un análisis estadístico de los datos de temperatura y precipitación, considerando un período de observación de 20 años de las estaciones meteorológicas de Chalco, Milpa Alta, Moyoguarda, Los Reyes La Paz, Tláhuac y San Gregorio Atlapulco, de donde se obtuvo la información referente a temperatura, precipitación, evaporación, vientos, heladas y granizadas. Posteriormente se elaboraron los climogramas para cada una de las estaciones y se obtuvo el mapa donde se presentan los rangos establecidos para cada una de las unidades. Los rangos se determinaron considerando la temperatura, precipitación y la altitud, para ello se tomo como base un mapa de unidades mesoclimáticas elaborado por Melo y López (1998).

La información de los diferentes tipos de suelos se obtuvo de las cartas edafológicas de INEGI (1980) y se elaboro el mapa de suelos para el área, basado en el sistema FAO/UNESCO (1980).

Los tipos de vegetación se consideraron con la información de las cartas de INEGI (1980), con base en la clasificación de Rzendowski (1988) y se elaboró el mapa de vegetación y uso del suelo a escala 1:50,000 para la zona de estudio tomando como referencia las cartas de vegetación y uso de suelo editadas por INEGI (1980), con apoyo de las fotografías aéreas a escala 1: 40,000 de INEGI (1989).

5.1.3. Determinación de unidades ambientales

Las unidades ambientales se determinaron yendo de lo general a lo particular definiéndose como primer lugar a la fisiografía la cual se clasifico como de primer orden, después las unidades geológicas de segundo orden, que consideran la edad de las estructuras de la zona, las de tercer orden se definieron con base la geomorfología ya que estas permiten contar con información de los procesos endógenos y exógenos que se presentan en cada unidad y las de cuarto orden se determinaron a partir de factores biológicos (como la falta de vegetación) y los antrópicos que influyen en los cambios de uso de suelo y son estos los que dieron el carácter mas representativo a cada una de las unidades. Por otra parte es preciso indicar que se obtuvo el mapa de las unidades ambientales a escala 1: 50,000.

De acuerdo a los objetivos planteados en este estudio, la determinación y clasificación de unidades ambientales al nivel de análisis semidetallado, subdivide el territorio de la zona en función de su estructura horizontal y vertical.

Para su identificación cartográfica, el grupo de unidades se codificó empleando números romanos para las unidades de primer orden (I), letras mayúsculas para las de segundo orden (A), letras minúsculas las de tercer orden (a) y números arábigos a las de cuarto orden (1).

Esta representación permitió delimitar e identificar unidades que presentaban componentes naturales y antrópicos de similar estructura horizontal, funcionamiento y dinámica; información indispensable para realizar el diagnóstico y evaluación de las unidades ambientales, mismo que servirá de base en los programas ordenamiento ecológico.

5.2. Trabajo en Campo

Durante esta fase, se llevaron a cabo 6 recorridos a la zona en estudio para verificar los puntos de control existentes en las cartas de INEGI, sobre geología, suelos y vegetación y uso del suelo. Se verificaron tres puntos de control referentes

a la litología, donde se observó la existencia de material de basalto, brecha volcánica, toba y sedimentos de origen lacustre, como lo indica la carta de INEGI.

Con respecto al tipo de suelo se verificaron cuatro puntos de control donde se localizaron los suelos Phaeozem háplico, Regosol éútrico, Andosol háplico, Litosol y Solonchak mólico, Gleysol mólico y Fluvisol éútrico.

Para verificar los tipos de vegetación se visitaron 5 puntos los que localizaban dentro de las grandes unidades: bosques de coníferas, bosque de latifoliadas, matorral xerófilo, pastizales, vegetación acuática y los diferentes usos de suelo.

También se verificaron las unidades ambientales y los datos referentes a suelos, cobertura vegetal y uso del suelo, por lo cual se llevaron a cabo 8 recorridos, 2 a la Sierra de Santa Catarina, uno al cerro del Pino, 2 a la zona de la planicie y 3 a la zona de la montaña de la Sierra del Chichinautzín.

5.3. Análisis de la información (Trabajo de gabinete segunda fase)

Esta fase consistió en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, para cada una de las unidades ambientales, básicamente se realizó el diagnóstico de la zona considerando los parámetros de los factores físicos, bióticos, antrópicos y estéticos-ecológicos.

Por lo anterior, se asignaron categorías a cada variable, las cuales se ordenaron de manera creciente, de acuerdo con el criterio de menor a mayor incidencia o afectación del proceso. Los valores asignados a las clases se establecieron de manera arbitraria y de carácter cuantitativo. A fin de reflejar el orden de importancia y contribución al proceso de degradación del recurso.

5.3.1. Diagnóstico y evaluación de las unidades ambientales

El diagnóstico y evaluación de las unidades ambientales, permitió obtener un panorama particular sobre la calidad del medio natural de las unidades ambientales

de la zona lacustre. Esta fase fue muy importante, porque permitirá establecer las políticas de gestión ambiental, las estrategias y las líneas de acción dentro del proyecto de ordenamiento ecológico para el área.

Para llevar a cabo el diagnóstico y la evaluación se aplicaron criterios ecológico - ambientales que permitieron identificar y valorar el estado actual de los componentes físicos y bióticos, en función de los impactos y efectos que provoca la actividad humana sobre el ambiente y sus recursos naturales.

El estado de conservación de las unidades ambientales, se determinó de manera cualitativa, para ello se emplearon índices de carácter físico, biótico, antropogénico y estético; estos datos se ordenaron en forma tabular, lo que facilitó su correlación e interpretación de grados de estabilidad ecológica convencionalmente expresados en términos de óptima, buena, regular, baja y nula. Lo cual permitió conocer la capacidad y/o fragilidad que aún mantiene la zona en estudio para admitir, tolerar o impedir el impacto ambiental negativo ocasionado por la actividad humana.

Dentro de los parámetros de carácter físico se consideraron los siguientes: pendiente del terreno, suelo (que incluye profundidad, desarrollo edáfico, pedregosidad y/o rocosidad), erosión hídrica y eólica relacionada con el factor clima.

Los parámetros de carácter biótico se consideran particularmente al estado de conservación de la cobertura vegetal, dada por la deforestación y al uso del suelo.

Con respecto al carácter antrópico, se interrelaciona el conjunto de actividades humanas que se desarrollan en el ámbito rural y urbano, inducen diversas transformaciones al medio natural. Se consideran para ello el ocupamiento de zonas agrícolas y asentamiento humanos.

Los parámetros de carácter estético-ecológico consideran los índices anteriores con respecto a sus valores estéticos y grado de estabilidad ecológica que poseen cada una de las unidades ambientales hasta el momento.

5.4. Elaboración del documento.

Durante esta última fase se realizó una evaluación global de las unidades ambientales, además los mapas que se obtuvieron se integraron a un Sistema de Información Geográfica (ILWIS). Por último, se elaboraron las conclusiones de este estudio.

6. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.

La Zona Lacustre de Tláhuac, geográficamente se localiza entre los 19° 05' y 19° 21' de latitud norte y entre los 99° 05' y 99° 51' de longitud oeste. Políticamente, se encuentra al sureste del Distrito Federal y abarca parte de las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta, así como los municipios del Valle de Chalco-Solidaridad y Chalco-Covarrubias, en el Estado de México (Fig. 1).

El área en estudio abarca una superficie de 37,650 ha sus límites son: al Norte la Delegación Iztapalapa y el Municipio de San Francisco Acuatla en el Estado de México; al Sur el Municipio de Juchitepec en el Estado de México y el Estado de Morelos; al Este colinda con los municipios de Ixtapaluca, San Gregorio Cuautzingo y Tenango del Aire en el Estado de México y al Oeste con la Delegación Xochimilco en el Distrito Federal.

La zona en estudio se encuentra dentro de la Cuenca de México en la parte que corresponde a la subcuenca de Chalco, y ocupa el 30% de la superficie total de esta subcuenca (Fig. 1). La altitud a la que se encuentra va desde los 2,220 msnm en lo que corresponde a la planicie y hasta los 3,650 msnm en la zona montañosa. Las elevaciones del área la constituyen principalmente los siguientes volcanes: Tláloc (3,650 msnm), Acusacayo (3,320 msnm), Ayaquemetl (2,850 msnm), Teuhtli (2,650 msnm) Xico (2,450 msnm), Guadalupe (2,700 msnm), La Caldera (2,400 msnm) y El Pino (2,650 msnm) (Mapa 1).

A escala nacional de acuerdo con la regionalización ecológica que realizó SEDUE (1988), el área queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica denominada "Sistema Volcánico Transversal". El área pertenece a la Subprovincia 57 conocida como Subprovincia "Lagos y Volcanes de Anáhuac" (S.P.P., 1981).

En un inicio este estudio solo abarcaba la zona de la planicie, pero debido a la interacción que existen con el área de influencia, se decidió ampliar el área considerando las zonas montañosas. Por otra parte es necesario precisar que

debido al nombre local que recibe esta zona se tuvo en consideración para el área de trabajo.

El área en estudio se delimitó a partir de un criterio hidrográfico, debido a que la zona adquiere un carácter de unidad geográfica, dotada de atributos como son: relieve, pluviosidad, sistemas fluviales, cubierta vegetal, lo cual favorece el estudio analítico espacial de sus elementos físicos, biológicos y culturales, que tratados bajo su integración permiten comprender la vocación del suelo, las transformaciones del paisaje, la potencialidad de recursos naturales y los factores de impacto ambiental.

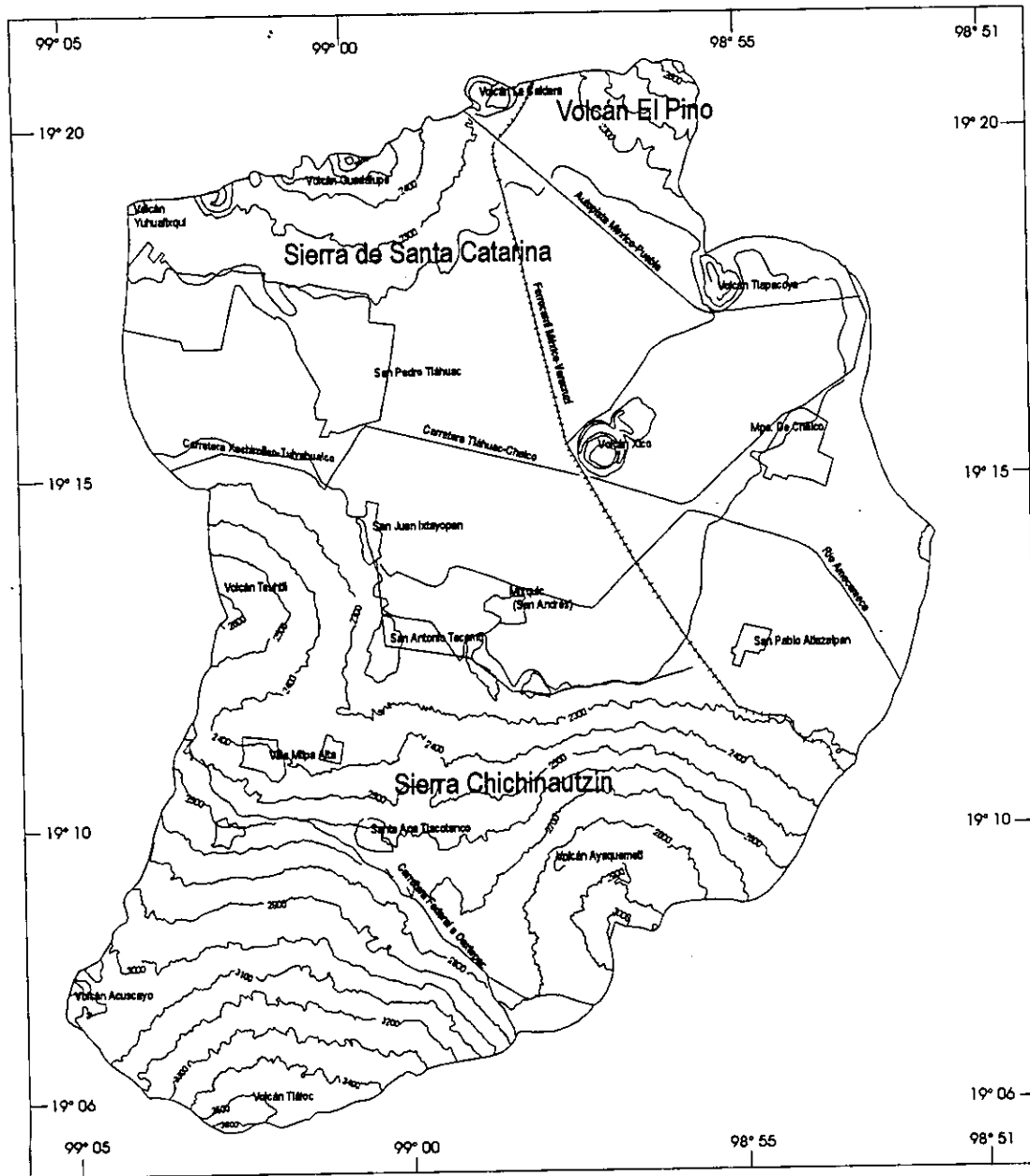
El parteaguas septentrional se encuentra sobre el volcán Yuhualixqui y continúa por los volcanes Xaltepec, Tetecón, Tecuatzín, Guadalupe, la Caldera en la Sierra de Santa Catarina y el Cerro El Pino; el límite suroeste de la zona está representado por el alineamiento de los volcanes Tláloc, Acusacayo, Teuhtli y los tres volcanes del Ayaquemétl; al este con el antiguo lago de Chalco y al oeste con la zona Chinampera de Xochimilco (Mapa1).

Antiguamente en la parte central se encontraba el antiguo lago de Chalco, que hoy corresponde a la planicie lacustre. En este lago descargaban los ríos Amecameca y la Compañía. En su interior, se localiza la estructura volcánica del Cerro Xico, el cual se encuentra fusionado con otra estructura similar (Xico Viejo). Otros aparatos volcánicos menores son el Cerro de Tlapacoya (El Elefante) y el Cerro de Cocotitlan.

Vías de Comunicación. Las principales carreteras son: Xochimilco-Oaxtepec, la Tulyehualco-Mixquic-Ayotzingo, Tláhuac-Mixquic-Chalco, Xochimilco-Milpa Alta, el Eje 10 Sur Tasqueña-Santa Catarina Yecahuitzol, la autopista México-Puebla y la vía férrea México-Cuautla. Además existen caminos de terracería que son transitables durante todo el año.



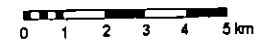
Fig. 1. Localización de la zona en estudio dentro de la Cuenca de México



Mapa Topográfico de la Zona Lacustre de Tláhuac.

Simbología

- Carreteras
- Ferrocarril
- □ Poblados
- Curvas de nivel acotadas en metros



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
Lacustre de Tláhuac

Elaboró: Ma. de Lourdes Rodríguez Garniño
Revisó: Dr. José López García

Mapa 1.
México, 2000

7. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, BIÓTICAS Y DE USO DEL SUELO.

A continuación se hace una descripción de la geología, geomorfología, clima, suelos, tipos de vegetación y usos de suelo para la zona en estudio.

7.1. Geología

La zona lacustre de Tláhuac, forma parte del extremo sudeste de la cuenca de México, altiplanicie a 2240, rodeada totalmente por elevaciones volcánicas de lo que resulta una cuenca endorreica. Las montañas más antiguas de la cuenca de México se consideran las del norte -Sierra de Pachuca-, cuya formación inició en el Oligoceno y ha continuado hasta el Cuaternario (Segerstrom, 1961; Geyne *et al.*, 1963); posteriores del Mioceno y Cuaternario fueron las sierras mayores de Las Cruces-Monte Alto en el occidente y Nevada-Río Frío en el oriente, y la porción más joven esencialmente cuaternaria es la Sierra Chichinautzin en el sur (Mooser, 1956). Cada una de estas unidades se formó por actividad volcánica de diverso tipo que se produjo en etapas determinadas. En el occidente y oriente predominaron los grandes volcanes, aparentemente extintos para la primera región y con actividad actual -el Popocatépetl- en el oriente; sin embargo, en el sur de la cuenca de México la Sierra Chichinautzin es la zona de mayor concentración de volcanes jóvenes, con promedio de hasta 120 unidades por cada mil kilómetros cuadrados (Lugo *et al.*, 1985; Hernández *et al.*, 1990).

En el Cuaternario, los dos últimos millones de años, continuó la actividad volcánica, surgieron los depósitos que Vázquez y Jaimes (1989) proponen como las formaciones Llano Grande, El Pino y Tlaloc, además de las antes definidas por otros autores: Iztaccíhuatl, Popocatépetl y Chichinautzin, todas localizadas en la porción suroccidental y meridional de la cuenca de México.

Sobre la planicie lacustre se asientan algunas elevaciones como la Sierra de Santa Catarina, del Pleistoceno tardío (Mooser *et al.*, 1986).

La actual cuenca de México debió haber sido durante el Cuaternario temprano (Mooser, 1975), un valle fluvial con desagüe al sur, pero la gran actividad volcánica formó la Sierra Chichinautzin, barrera natural que convirtió al valle en una cuenca lacustre.

La secuencia estratigráfica de las unidades geológico-morfológicas mayores consiste en lo siguiente: 1. Sedimentos lacustres holocénicos y 2. Lavas (andesitas, dacitas y basaltos) y tefra de la Formación Chichinautzin (incluye la Sierra de Santa Catarina), del Holoceno y Pleistoceno tardío (Mapa 2).

En la zona en estudio se identificaron cuatro unidades principales: 1) Sierra Chichinautzín, 2) Sierra de Santa Catarina, 3) Cerro del Pino, y 4) Planicie Lacustre Tláhuac-Chalco.

7.1.1. Sierra Chichinautzín.

La zona en estudio en su mayor parte, pertenece al Grupo Chichinautzín, propuesto así, por Fries (1960), para comprender "todas las corrientes lávicas, estratos de toba y materiales clásticos interstratificados depositados por agua, de composición andesítica y basáltica, que descansan con discordancia encima de la Formación Cuernavaca o de unidades más antiguas".

Con respecto al material que conforma a la sierra, Martín del Pozzo (1980), mediante análisis petrográficos reconoció, basaltos a dacitas, aunque dominando las andesitas cacialcalinas propias de la margen continental. Además presenta una definición de los tipos de volcanes que existen en la Sierra Chichinautzín: de lava (cónicos y en escudo, conos de escoria y domos (bocas) de lava.

Por otra parte la actividad volcánica de la Sierra Chichinautzín, comenzó en el Pleistoceno con erupciones de explosividad intermedia de tipo estromboliana la cual se concentró en la parte central de la Sierra Chichinautzín (Martín del Pozzo, 1990). Así mismo la autora propuso una clasificación cronológica para diferenciar una unidad holocénica y cuatro unidades pleistocénicas de menos de 40,000 años, a partir de análisis estratigráficos y de morfometría.

El relieve de la Sierra Chichinautzín es muy joven, la franja de diversa anchura dispuesta entre los volcanes Ajusco y Popocatepetl, se puede considerar como un conjunto montañoso en proceso de formación en lo que fue una superficie inclinada al sur, cortada por valles fluviales. La morfología actual es de conos volcánicos y lavas que se sobreponen a la planicie lacustre, en algunas localidades con poca altitud (Milpa Alta-Amecameca) y en otras con elevación considerable (entre los volcanes Ajusco y Chichinautzín) (Lugo, documento inédito).

El vulcanismo de la Sierra Chichinautzín, comenzó en el Pleistoceno con erupciones de explosividad intermedia que formaron andesitas. La actividad que debió haber sido estromboliana se concentro en la parte central de la sierra (Martín del Pozzo, 1990 y 1992 1999).

Martín del Pozzo (1990), menciona que "las lavas holocénicas cubren la mayor parte de la sierra con un área y volumen de 413.75km² y 20.32 km³, respectivamente", además que se caracterizan por que son de bloque.

A continuación se hace una descripción de los conos volcánicos que conforman la Sierra Chichinautzín, de acuerdo a estudios que se han realizado.

Volcanes Tláloc y Acuscayo: Los dos volcanes se consideran holocénicos (Martín del Pozzo, 1980 y 1982). El volcán Tláloc tiene una altitud de 3,650 m y cubre una área de 96 km². Este consiste de un cono principal, Tláloc I, un cono sobrepuesto mas pequeño Tláloc II, y cuatro cono adventicios: Tláloc III, IV, V y VI (Martín del Pozzo, 1980 y 1982)

Martín del Pozzo, (1980) dice que los derrames son de tipo de bloque, los cuales están compuestos de andesitas basálticas de olivino y augita. En la parte oriental del volcán están cubiertos por capas de 1 a 10 cm de ceniza gris, que alternan con capas de unos 3 cm de espesor de ceniza café más fina. Por el norte las lavas llegan casi hasta Milpa Alta y al poniente hasta el volcán Chichinautzín.

El volcán Acusacayo esta compuesto de cuatro pequeños conos sobrepuestos que en conjunto tienen un diámetro de 400 a 500 metros. Su base se encuentra a 3140 m y se eleva a 3190 m (Lugo, documento inédito). Se ubica en la parte suroeste del poblado de Milpa Alta, algunos derrames llegaron hasta Milpa Alta. Las lavas son de andesitas de hiperstena que forman lavas masivas, que en la parte oriental descansan sobre las cenizas cafés de una planicie hasta San Pedro Actopan, donde están en contacto con el casquete del Teuhtli (Martín del Pozzo, 1980).

Volcán Teuhtli: Este volcán se encuentra a una altura de 2,795 m, es un volcán tipo escudo coronado por varios conos cineríticos (Martín del Pozzo, 1980). Sus lavas están compuestas de andesita basáltica de augita y olivino, y se presentan en derrames de 0.5 a 2 m de espesor; están cubiertas por una capa delgada de ceniza café.

Volcanes Ayaquemtl: Estos volcanes han sido poco estudiados, Lugo (1984) menciona "que cubren una antigua zona deprimida, posible desagüe pleistocénico de la Cuenca de México, hacia el sur".

Volcanes Xico: Se ubican sobre la planicie lacustre, posee un diámetro de 1,500 m en su base y se fusiona con otro volcán semejante (Xico Viejo). El primero tienen un cráter de forma circular con un diámetro de 700 m en el fondo y 1,000 en el borde superior. Ordoñez (1895) menciona que este volcán está formado de tobas con una pequeña corriente de lava inmediata.

Alzate 1889, citado por Lugo (1984), menciona que no se debe a las erupciones de fuego subterráneo sino habiendo quedado sin cimiento, sumió por la parte que halló hueco. Además, se considera al Xico Viejo como volcánico explosivo y al Xico como explosivo frático.

Es importante mencionar, que la acción del agua en Xico presenta huellas que sirven para determinar la altura de los niveles lacustres. La mitad sur del cráter contiene un volcán compuesto de fragmentos volcánicos y gran cantidad de toba

acumulada por la erosión. Existe una diferencia entre los dos cráteres; el volcán norte es de tipo Hawaiano ya que arrojó lava lentamente en acción moderada (Araujo, 1987).

El cráter sur, es de tipo peleano y fue sacudido por fuertes explosiones. El cráter norte se formó primero, ya que se llenó de materiales de las emisiones lávicas y expulsiones procedentes del volcán sur durante la actividad de este último. Estos cráteres están delimitados por capas de toba basáltica diferente a cualquier otra del Valle de México.

Es probable que una de las causas que dio motivo a la formación de estos cráteres o Xalapascos como eran llamados por lo antiguos indígenas, es el hecho de que las explosiones surgieron a través de las aguas del lago y es muy posible que aguas artificiales se hayan infiltrado dentro de la lava muy caliente y de este modo hayan causado las explosiones (Araujo, 1987).

7.1.2. Sierra de Santa Catarina

La Sierra de Santa Catarina tiene una extensión, de poniente a oriente, de 12 km y está constituida por una serie de conos volcánicos, localizada en la parte norte del parteaguas de la zona en estudio, la cual inicia con el volcán Yuhualixqui (San Nicolás), el volcán Xaltepec, Tetecón, Tecuatzin, Guadalupe y la Caldera (Pérez, 1992).

La Sierra de Santa Catarina está constituida por rocas andesíticas hipersténicas, los conos San Nicolás y el Xaltepec, están formados de brechas volcánicas, lapilli y cenizas, elementos todos de trituración que los vientos han transportado más allá de su base, sobre todo las cenizas que se acumulan a veces en pequeños montículos a manera de médanos.

Volcán Yuhualixqui: Este volcán es considerado el más antiguo de la sierra y está constituido por escoria y sus lavas están totalmente cubiertas por piroclastos de los volcanes vecinos (Lugo, documento inédito). Tienen una altura de 140 m sobre

la planicie lacustre y el diámetro en su base es de 650 m. Este volcán se encuentra en proceso de destrucción debido a la extracción excesiva de material pétreo para la construcción.

Volcán Xaltepec: Lugo (1984), menciona con respecto a éste volcán que "aparentemente surgió en condiciones de un antiguo nivel lacustre inferior al actual. Su morfología es de una extraordinaria juventud, posiblemente del Holoceno (últimos 10,000 años)". Ordoñez (1895), menciona que este volcán está formado en su mayor parte de escorias rojas o negras, las cuales se observan en la superficie exterior del cono por finas cenizas de color negro. En este volcán se lleva a cabo la extracción de material pétreo y actualmente se encuentra destruido en más de un 50%.

Volcán Tetecón: Este volcán es un cono de escoria con un cráter en forma de herradura, el cual se originó durante su proceso de formación. Lugo (1994), menciona que "del cono sólo permanece actualmente una parte de las laderas meridionales; el resto ha sido removido, exponiendo un área interior con muchas bombas volcánicas, en general de más de 50 cm de longitud y, con frecuencia, de más de 1.5 m." Este volcán derramó sus lavas sobre el volcán Xaltepec, las cuales se encuentran bien conservadas.

Volcán Tecuatzin: Se caracteriza por sus rasgos de juventud; posterior al Xaltepec, ya que sus lavas cubren parcialmente a aquél (Lugo, 1984). Este volcán está constituido de andesita de hiperstena y los derrames de lava de este volcán se extienden al noroccidente y noreste para unirse al norte en un cono volcánico antiguo en el norte de la Sierra de Santa Catarina, y cubre de manera parcial los derrames del volcán Mazatepec. (Lugo, 1994 y Ordoñez, 1895).

Volcán Guadalupe: Este volcán es el de mayor dimensión, Lugo (1994) menciona que tiene un cráter profundo y amplio de 120 m. y que presenta en su fondo dos pequeños conos menores bien reconocidos y otros dos de menor tamaño, tiene un altura de 310 m y en cuanto al material de que está constituido este volcán, Ordoñez (1895) considera que es un cono formado por brechas de tezontle, escorias, arenas volcánicas de color negro, rojizo y rojo. Este volcán presenta un

proceso erosivo muy avanzado, ya que tiene barrancos activos cuyas cabeceras crecen hacia el cráter, además de existir la extracción de material pétreo.

Volcán La Caldera: Este volcán tiene una forma elipsoidal irregular, con un diámetro de 1,000 m por 1,700m. Tienen una altura relativa de 220 m, con 2,500 msnm en su punto más alto. Se encuentran dos cráteres apenas separados por una cresta de unos 20 m de altura. El primer cráter tiene un fondo plano de forma circular y el segundo también presenta un fondo plano, pero es de forma ovalada irregular.

Con respecto a éste volcán Lugo (1984) menciona que es en sí un cono con dos cráteres de una misma edad, y esta constituido por piroclastos, los cuales aparentemente surgieron por explosiones freáticas. Esta formado por material piroclástico, principalmente cenizas basálticas y lapilli, con escasos bloques, lo que le confiere un amplio rango de permeabilidad.

7.1.3 Volcán El Pino

Vázquez y Jaimes (1989), Proponen "agrupar con este nombre las rocas volcánicas, principalmente máficas, que forman los cerros La Estrella, El Pino, Chimalhuacan, Chiconautla, Gordo y otros aislados. Por otra parte los mismos autores mencionan que se incluye en esta formación por su similitud litoestratigráfica; las secciones tipo se pueden reconocer en las cañadas del Volcán Pino; la expresión geomorfológica es de conos cinerítico terminales, de volcanes escudo y de amplias coladas lávicas, principalmente en bloques.

El volcán del Pino se caracteriza por tener rocas muy antiguas, sucesiones de lavas basáltico-andesítico, con intercalaciones de piroclastos, además se observan algunos depósitos calcáreos en la partes altas (Rodríguez y González, 1989).

Volcán Tlapacoyan: Las rocas más antiguas de la región (terciarias) se encuentran en lo que anteriormente era la isla de Tlapacoyan (llamada también por su morfología como cerro del Elefante), constituida principalmente por derrames muy erosionados, cubiertos por sedimentos lacustres y piroclásticos.

Esta estructura volcánica según Lorenzo y Mooser (1973), es un relicto de un volcán andesítico del Terciario Medio, cuyas lavas pertenecen a un basamento superior complejo (del Grupo Xochitepec) de la cuenca. Desde los tiempos del Terciario Superior este volcán descansa sobre la cabecera de un río que drenaba hacia el sur, cuando surgió la sierra Chichinautzín, el drenaje fue interrumpido y el cerro de Tlapacoya quedó rodeado por depósitos de un lago, de donde se levantó abruptamente y dependiendo del nivel del agua este volcán funcionaba como una isla o una península.

7.1.4. Planicie Tláhuac-Chalco

La planicie se localiza entre el margen septentrional de la Sierra Chichinautzín y la meridional de los relieves menores de Santa Catarina, la Caldera y el Pino.

González (1992), con respecto a esta zona menciona que en esta región se han examinado algunos pozos de exploración para la reconstrucción de las secuencias litoestratigráficas. La apertura de tres pozos (Mixhuca, Tulyehualco y Roma) permitieron atravesar la capa de arcillas y se reconoció la base de éstas a profundidades de 167,300 y 74 m, respectivamente; se encontraron arenas, limos y dos horizontes de toba lítica consolidada e inclusive derrame lávico basáltico (Vázquez y Jaimes, 1989).

Bajo la planicie lacustre de la ciudad de México, Mooser *et al.* (1986) reconocen dos estratos principales, el primero es la costra superficial subdividida en tres capas: un relleno artificial (restos de construcciones modernas y prehispánicas) de 1 a 7 m de grosor; un suelo blando consistente en aluvión con lentes de material eólico y una costra seca formada por la exposición del piso somero del lago a los rayos solares. El segundo estrato corresponde a la serie arcillosa lacustre superior, con grosor de 25 a 50 m, constituido por arcillas con distinto grado de consolidación que se alternan con lentes de arena y vidrio volcánico, así como con otras de secado solar; el límite inferior lo constituye la "capa dura" de constitución limo-arenosa, en ocasiones con gravas y arcilla, variando el grosor desde centímetros hasta 5 metros.

Bajo la capa dura se dispone la serie arcillosa lacustre inferior, es decir, una secuencia de estratos arcillosos separados por lentes del tipo de la capa dura; el grosor general es de unos 15 metros, a lo que siguen depósitos profundos esencialmente aluviales, lo que Mooser (1990) considera una red compleja de valles sepultados.

Según dataciones, los sedimentos lacustres tienen edades de hasta 46,000 años (tabla 3). La superficie es de edad reciente y la acumulación solo se ha interrumpido conforme se fue transformando el relieve, en especial a partir de la Conquista.

Lozano (1989), obtuvo un promedio de sedimentación de 0.3 mm/año y en estudios detallados para la cuenca de Chalco, Ortega (1992) y Urrutia *et al.* (1994), calcularon la velocidad de sedimentación en 0.28 a 0.80 mm/año. Estas diferencias se explican por acumulaciones volcánicas de tefra, lo que coincide con las capas del subsuelo.

De especial interés es la interpretación que sobre los paleoclimas se ha hecho con base en estudios de sedimentos y polen, así como fechamientos de materia orgánica y paleomagnetismo. Durante la época de máxima glaciación, hace unos 18,000 años, el actual lago de Chalco era somero, tipo pantano (Urrutia *et al.*, 1995), al igual que el lago de Texcoco (Lozano, 1989). Estas condiciones son extrapolables al lago de Xochimilco, que en aquella época se extendía mas hacia el sur. Los análisis de polen en Chalco sugieren que en el Holoceno el clima fue subhúmedo, pero otros rasgos señalan un ambiente seco para el inicio del Holoceno.

Lozano *et al.* (1993) consideran que hace aproximadamente 19,000 a 15,000 años hubo intensa actividad volcánica, cuando el lago fue somero en condiciones de un clima seco y frío. De 15,000 a 12,500 años antes, aumentó el nivel del agua y el polen señala condiciones más húmedas. El nivel más alto se registró de 12,500 a 9,000 años atrás y el fin del Pleistoceno se caracteriza por un incremento de la humedad. De 9,000 a 3,000 años antes, el lago de Chalco fue un pantano salino, con clima más cálido y en los últimos 3000 años, el nivel aumentó. Otros datos sobre

las condiciones paleoclimáticas son proporcionados por Lozano y Ortega (1994), quienes infieren que de 20,600 a 19,000 años A.p., la vegetación en Chalco era dominada por pastizales y bosque de pino y robles con un nivel del agua relativamente alto. De 19,000 a 18,300 inició una etapa de aridez. De 18,300 a 17,500 prevalecen condiciones más cálidas y secas. Una intensa actividad volcánica se registra entre 17,500 y 10,000 A.p. De 16,500 a 14,500 A.p. hay más humedad. Para el Holoceno el clima cambió a subhúmedo, se expandieron los encinares y hay un ascenso del nivel del lago durante los últimos 4,000 años.

En la reconstrucción geológica del subsuelo de Chalco se ha determinado un espesor variable de sedimentos lacustres y aluviales de edad cuaternaria, a veces interdigitados. En su sucesión se intercalan en forma variable material piroclástico de grueso a fino, en ocasiones arcillosos y coladas lávicas del espesor de algunas decenas de metros. Se ha determinado que el espesor máximo estimado, es de al menos 400 m y el paquete sedimentario yace sobre una potente secuencia de formaciones volcánicas y piroclastos, en ocasiones muy fracturados (González, 1992).

Los sedimentos lacustres de la planicie (arcillas) fueron depositados por las corrientes fluviales y por las erupciones volcánicas del Popocatepetl y de la Sierra Chichinautzín. Estos depósitos forman una gran altiplanicie lacustre, extendida con una altitud promedio de 2,200m, desde Zumpango hasta Chalco y desde Texcoco hasta el cerro de Chapultepec.

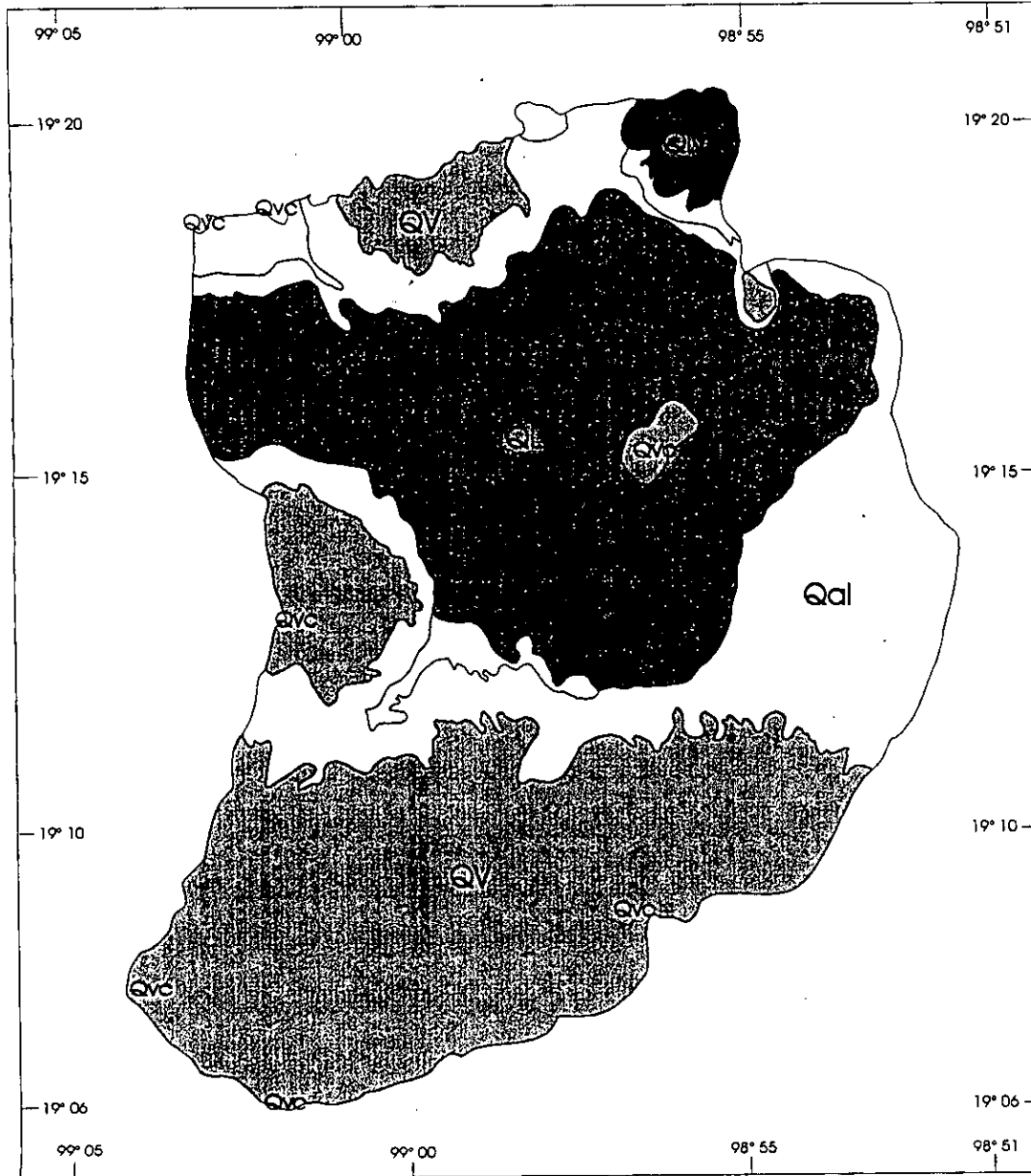
El lago ha sido objeto de modificaciones considerables por la acción humana, lo que inició en el año 1300 cuando se fundan los poblados por grupos humanos, en la ribera del lago. Fue el principio de una transformación del medio con la construcción de chinampas (Serra, 1994), consistentes en depósitos de tierra, a manera de islotes de forma rectangular, apoyados en varas, de lo que resultaba un suelo de gran fertilidad. Se hacían con lodo y plantas acuáticas, con lo que gradualmente se avanzaba sobre el lago, dejando canales anchos por los que circulaban canoas.

Es importante mencionar que la zona lacustre se ha ido reduciendo de una manera natural, primero, por las condiciones climáticas del Holoceno, debido a que los glaciares montañosos se retiran y ya no alimentan al lago, por lo tanto disminuyen las precipitaciones pluviales, segundo por la actividad volcánica, que reduce y azolva los lagos, y por último la acción del hombre que ha modificado el paisaje en un tiempo muy corto, debido a los cambios de uso del suelo.

Mapa Geológico de la Zona Lacustre de Tláhuac.

Leyenda

- Qvc. Conos cineríticos
- Qv. Lavas y tobas vulcanitas básicas e intermedias del tipo fenobasalto
- Qal. Depósitos aluviales
- QL. Depósitos lacustres
- Qiv. Vulcanitas intermedias y básicas



Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
 Lacustre de Tláhuac

Elaboró: Ma. de Lourdes Rodríguez Gamito Mapa 2.
 Revisó: Dr. José López García México, 2000

7.2. Geomorfología

Con base a un estudio realizado por Lugo(1998), se toma de referencia para obtener el mapa geomorfológico para la zona en estudio. Se presenta un relieve endógeno, el cual es resultado de la actividad volcánica de fines del Pleistoceno y Holoceno. Este tipo de relieve se divide en explosivo, efusivo, extrusivo y explosivo efusivo (Mapa 3).

El tipo de relieve explosivo es una forma de origen volcánico originadas por la expulsión de material detrítico (piroclastos) en la forma violenta, a través de un conducto central: tales como; a). Volcanes cineríticos, b). Cráteres de explosión, c). Lavas cubiertas y semicubiertas de piroclastos, d) Erosivo fluvial, e). Piedemonte y f) Planicie

Los Volcanes cineríticos de acuerdo a los trabajos de Martín de Pozzo (1980), quien ha establecido e inferido la edad de varios volcanes de fines del Pleistoceno y en la zona se encuentran representados por los volcanes Yuhualixqui, Xaltepec, Guadalupe, Teuhtli, Ayaquemetl, Tláloc y Acuscayo.

La intensa actividad volcánica ha provocado que se sobrepongan materiales provenientes de distintos centros eruptivos, de lo que resultan volcanes sobrepuestos, cubiertos y con cráteres totalmente rellenos.

Las características comunes de estos volcanes es que poseen un cráter con un grado variable de relleno; abiertos en forma de herradura, el diámetro en la base de los conos es generalmente de 1,000 a 2,000 metros; el diámetro del cráter es de 150 a 400 m. su pendiente es mayor a 35°; tienen una profundidad de 115 m (en forma de embudo, sin relleno en su fondo); su altura relativa es, en la mayoría de los casos menor de 250 m, los volcanes más jóvenes muestran coladas de lava asociados; en los volcanes antiguos las coladas se encuentran parcial o totalmente cubiertas por los materiales eyectados por los volcanes más jóvenes y las alturas relativas son muy variables, en algunos casos de menos de 10 m (Lugo, 1984).

Los Cráteres de explosión: son formas originadas por procesos explosivos - freáticos y están representado en la zona en estudio por dos conos de escoria con un cráter amplio, muy distinto de los que se observan en decenas de volcanes del área, como el Volcán Xico y el Volcán La Caldera.

c) Lavas semicubiertas y cubiertas de piroclastos: son originadas por los depósitos piroclásticos que se producen en radios de varios kilómetros alrededor de un centro de erupción, cubriendo un relieve anterior (volcánico, lacustre, fluvial). Por la juventud de las manifestaciones volcánicas, estas superficies se conservan sin alteración por procesos exógenos de remoción y acumulación. No presentan fuertes espesores, de 1 ó 2 metros a unos 10 metros, en ocasiones interestratificadas con lavas de la misma etapa de actividad volcánica.

d) Erosivo fluvial. El tipo de relieve erosivo fluvial es una forma del relieve que no conserva su origen, sino que ha sido transformado substancialmente por la actividad exógena. Los factores que han propiciado este tipo de relieve son: la edad de las rocas, tiempo que han permanecido a la intemperie, litología, estructura geológica, pendiente del terreno, clima y las actividades económicas.

En la Sierra Chichinautzín sobre la vertiente septentrional se desarrolló una erosión fluvial la cual es considerablemente muy débil. Prácticamente no hay sistemas hidrológicos bien definidos, predominando la infiltración; se presentan en corrientes temporales de primero y segundo orden; se presentan en redes radiales y paralelas; la profundidad de erosión es débil, < 10 m y de corta extensión longitudinal <5 Km. (Lugo 1989).

Valles intermontanos son áreas de forma negativa del relieve, que equivale a una depresión estrecha y alargada, formada esencialmente por procesos erosivos.

e). Piedemonte: Corresponde a la superficie marginal de la zona montañosa, con pendiente moderada y una altura menor. Se presenta el piedemonte volcánico que forma parte de las zonas montañosas de la Sierra Chichinautzín, Sierra de

Santa Catarina y del Cerro del Pino. Además el piedemonte se ha formado por la acumulación de material que es transportado por las corrientes superficiales.

f) La Planicie es una área receptora de las corrientes montañosas que en el pasado originaron mantos acumulativos; se divide en la planicie lacustre y la aluvial. Esta zona está representada por sedimentos clásticos y productos piroclásticos relacionados con la actividad volcánica del Popocatepetl y de la Sierra Chichinautzín que se depositaron en un ambiente lacustre.

Esta constituida por arcillas alteradas, limos y arenas, con lentes locales de piroclastos, a veces cementados, interdigitados con los productos de la formación Chichinautzín y con la porción superior de los depósitos aluviales (González, 1992).

Lugo (1984) subdividió a la planicie lacustre en tres tipos de acuerdo a su aspecto actual: 1) La que está conformada por la Ciudad de México; cubierta por la plancha de asfalto, con áreas verdes. 2) La ocupada por cuerpos de agua permanentes y temporales, y 3) La que se utiliza como tierra de cultivo (especialmente en Xochimilco y Chalco).

A partir de 1940 se incrementó el proceso de desecación del lago y a la fecha se reconoce una transformación en la mayor parte del mismo, subdividido en tres unidades principales (Mapa 3): la superficie permanentemente ocupada por agua, incluyendo la contenida en obras de ingeniería; la superficie donde se forman cuerpos de agua en temporada de lluvia, y aquella que ha sido desecada y se encuentra en proceso de urbanización u ocupación de asentamientos humanos.

Mapa Geomorfológico de la Zona Lacustre de Tláhuac

Leyenda

Formas principales del relieve

Planicie Lacustre

- 1. Con agua permanente
- 2. Con agua en temporada
- 3. Desecada, Urbanizada o en proceso de urbanización

Planicie aluvial y de piedomonte

- 4. Aluvial
- 5. De piedomonte, formadas por acumulación exógena y volcánica nivel inferior
- 6. Piedemonte, principalmente volcánico

Volcanes

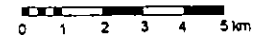
- 7. Conos cineríticos
- 8. Conos freático-magmáticos
- 9. Lavas principalmente tipo malpais, Holocénicas
- 10. Lavas con superficie plana, alargada, tipo lengua, Holocénicas
- 11. Lavas semicubiertas por piroclastos, Holocénicas
- 12. Lavas cubiertas por piroclastos. Se reconoce la configuración del derrame

Planicie

- 13. Formada por relleno de tetra

Formas de erosión

- 14. Valles intermontanos

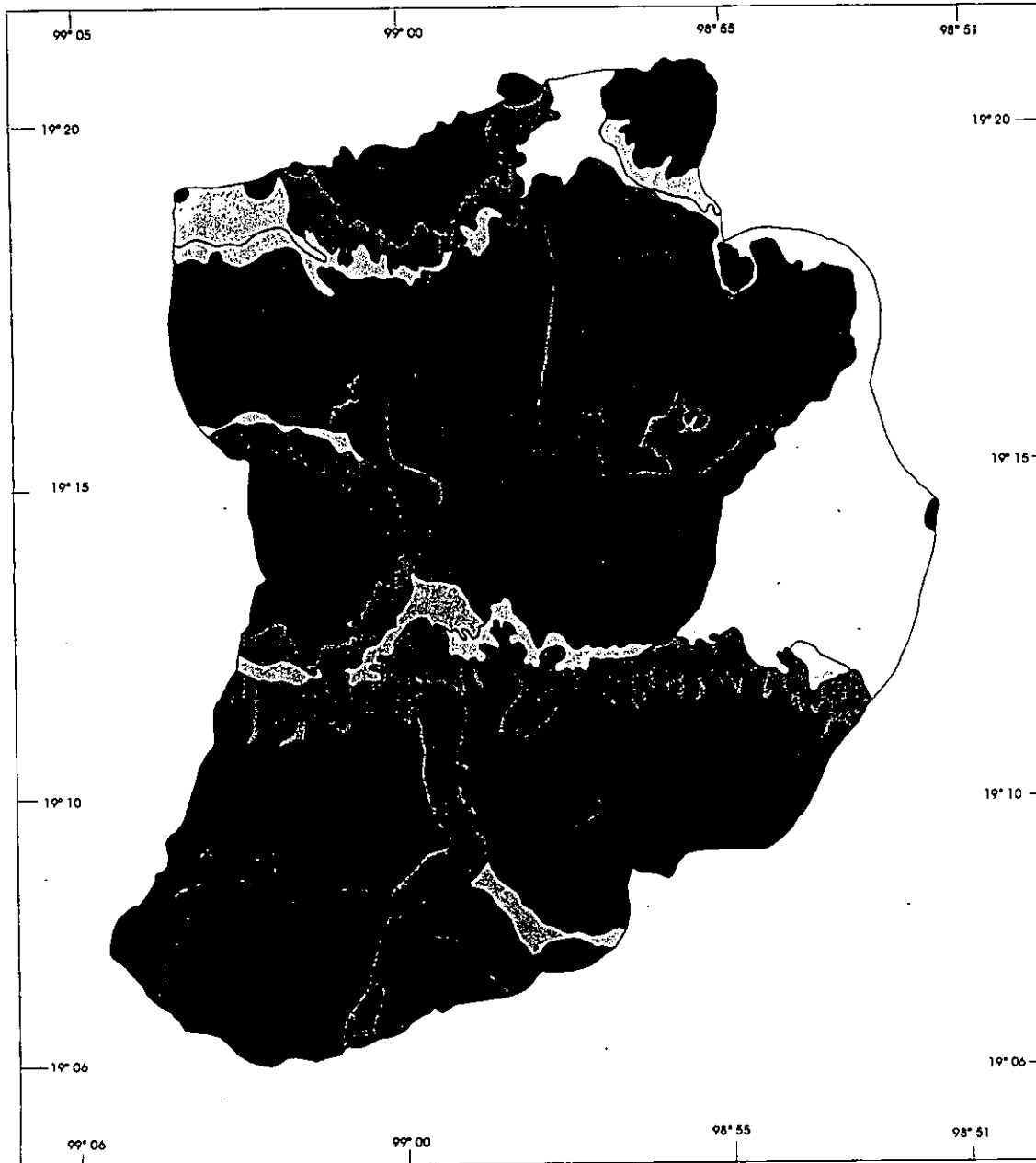


Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
Lacustre de Tláhuac

Elaboro: Ma. De Lourdes Rodríguez Gamiño
Reviso Dr. José López García.

Mapa 3
México, 2000



7.3. Hidrología.

La situación geográfica y por sus características naturales, la zona en estudio constituye un área de gran valor natural. Sin embargo el cambio en el uso de suelo ha modificado el entorno, causando graves impactos. La explotación forestal de la zona montañosa causa problemas en las partes bajas, debido a que el uso del suelo queda desprotegido de la cubierta vegetal y es más susceptible a erosionarse. Por otra parte esta reducción de la cubierta vegetal ocasiona el decremento en la infiltración de agua, la cual se evapora o escurre superficialmente, disminuyendo la recarga de agua al manto acuífero.

Por otra parte el crecimiento de la población, exige un mayor suministro de agua, lo que ha provocado una sobreexplotación en el manto acuífero, así mismo el desalojo de grandes volúmenes de agua a cielo abierto incrementa la contaminación acuífera, superficial y subterránea.

El sistema hidrográfico de la Cuenca de México, ha sido modificado, en el transcurso de los últimos siglos. El ciclo hidrológico se ha visto alterado por la desecación de los lagos, la excesiva explotación de los acuíferos y su contaminación antropogéna. La tala inmoderada y el crecimiento irracional de la mancha urbana, entre otros problemas, han alterado de manera considerable el régimen natural de la recarga (Bellia *et. al.*, 1992).

La zona en estudio forma parte de la porción sur de la Cuenca de México, la cual fue incluida en la Región Hidrológica Núm. 26 del Río Pánuco, por la Comisión Hidrológica de la SARH, que la consideró dentro de la región Pánuco, por las obras de ingeniería que se han llevado a cabo para el desagüe de las aguas negras (Wolffer, 1975).

Los ríos principales de la zona en estudio son: el San Francisco, La Compañía, Amecameca, Zacualtitlac y Milpa Alta, que depositan sus aguas en la parte baja de la cuenca. Antiguamente, junto con los manantiales característicos del

sur de la cuenca, formaban una serie de lagos: Chalco, Xochimilco, Texcoco, Xaltocan y Zumpango.

El Río de la Compañía, es actualmente drenaje de las aguas negras del municipio de Chalco, que nace en las faldas de la Sierra Nevada y desemboca actualmente en el vaso del lago de Texcoco, conduce caudales reducidos que no sufren incrementos notables en la época de lluvias. El azolvamiento de este canal de desagüe en las década de los años setenta y ochenta el desbordamiento del mismo (Bellia *et al.*, 1992).

7.3.1. Hidrología superficial

Los escurrimientos superficiales de la zona en estudio están parcialmente controlados por la litología y es en gran medida de carácter intermitente. Los arroyos tienen su origen en la sierra de Chichinautzín principalmente y su régimen es torrencial, alimentados por lluvias estacionales.

En la zona montañosa se definió una subcuenca; la del río Milpa Alta misma que abarca una superficie de 266.06 ha. En general, el coeficiente de escurrimiento es muy bajo, debido a la gran permeabilidad del sustrato rocoso.

Con respecto a la Subcuenca del Río Milpa Alta esta nace en el Volcán Tláloc de la Sierra Chichinautzín, su caudal es insignificante, con régimen torrencial y volumen acuífero todo el año. El coeficiente de escurrimiento en esta subcuenca es muy bajo a lo largo del año, debido a la gran permeabilidad del sustrato rocoso. Sin embargo durante la época de lluvias este coeficiente de escurrimiento se eleva.

En esta subcuenca se presenta un volumen total anual calculado en 55,502.4 m³, con un escurrimiento total anual medido en 561.0 m³. Por evapotranspiración se pierden 30,635.9 m³ y por diferencia se obtienen una infiltración de 24,305.5 m³ (Comunicación personal, 2000).

7.3.2. Aguas subterráneas

Actualmente el acuífero de la Ciudad de México se recarga principalmente por las lluvias que ocurren sobre las zonas montañosas.

Una de las áreas más importantes corresponde a la Sierra Chichinautzín donde cada año se recargan del orden de 220 millones de metros cúbicos al año. Esta sierra es la de mayor recarga, con alrededor de 90 millones de metros cúbicos al año (Iturbide, 1995), debido a la naturaleza geológica de la sierra que consiste en derrames basálticos y productos piroclásticos que tienen alta permeabilidad.

Iturbide (1995), menciona que la Sierra de Santa Catarina y el Cerro de la Estrella (este último fuera de la zona en estudio) son también importantes para la recarga del acuífero, aunque en esta zona ha ido disminuyendo la recarga debido a la urbanización de la zona.

7.4. Clima

A partir de la información obtenida de los registros meteorológicos consultados y con base en la clasificación climática de Köppen modificada por García (1988), se determinaron los siguientes climas de las estaciones meteorológicas circundante en el ámbito geográfico de la zona en estudio.

7.4.1. Climas de las estaciones meteorológicas.

Estación Ajusco.

Su clima es Cb' W₂ (w) i g, de condiciones semi-frío con régimen pluvial de verano. La temperatura media anual es de 11.1 °C el mes más frío es enero con 9.3 °C y mes más caliente mayo con 13.1 °C. La precipitación total es de 1196.8 mm, el mes más seco es diciembre con 8.0 mm y junio el mes más húmedo con 237.2 mm. El porcentaje de lluvia invernal de 3.7 y el cociente P/T 107.8. Por sus características de humedad se considera subhúmedo, siendo el más húmedo y por

su temperatura es semifrío con verano largo y fresco. Posee una oscilación térmica de 3.8 por lo cual se considera isotermal; con marcha anual de la temperatura tipo Ganges (Fig. 2a).

Estación Chalco

Presenta un clima C (W₀) (w) b (i')g, que significa templado subhúmedo, con régimen de lluvias en verano. La temperatura media anual es de 14.6 °C, el mes más frío es enero con 11.3 °C y el más cálido es mayo con 17.6 °C. La precipitación total es de 585 mm. El mes más seco es diciembre con 5.8 mm y el mes más húmedo es julio con 128.5 mm. de lluvia . El cociente P/T es de 40.0. El Porcentaje de lluvia invernal es de 4.7 y una marcha anual de la temperatura de tipo Ganges (Fig. 2b).

Estación Iztapalapa.

Su clima es C (W₀) (w) b (i')g, es templado subhúmedo con lluvias de verano. Temperatura media anual 16.5 °C. Mes más frío enero con 13.0 °C, el mes más caliente es mayo con 18.9 °C. Presenta una oscilación térmica de 5.9 °C. La precipitación total es de 645.6 mm. El mes más seco es diciembre con solo 7.2 mm. y el mes más lluvioso es julio con 128.6 mm. El cociente P/T es de 39.1 y el Porcentaje de lluvia invernal es de 4.2. Con marcha anual de la temperatura tipo Ganges (Fig. 2c).

Estación Milpa Alta

Posee clima Cb (W₀) i g, de características templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.1 °C; el mes más frío es enero con 13.6 °C y mayo el más cálido con 18.5 °C. La precipitación total anual es de 663.4 mm, el mes más seco es diciembre con sólo 5.7 mm. y julio el más húmedo con 140.7 mm; el porcentaje de lluvia invernal 4.6; el cociente P/T de 41.2 y su grado de humedad se considera el menos húmedo de los subhúmedos; y por su temperatura es templado con verano fresco y largo. La marcha anual de la temperatura es de tipo Ganges (Fig. 2d).

Estación Los Reyes la Paz

Tiene clima C (W₁) (w) b (i')g, representado por ser templado subhúmedo, con régimen de lluvias veraniego. La temperatura media anual es de 16.2 °C, el mes más frío es enero con 12.4 °C y el más cálido es mayo con 19.4 °C. La oscilación térmica es de 7 °C. La precipitación total es de 510.3 mm; el mes más seco es diciembre con 4 mm y el mes más húmedo julio con 102 mm de lluvia. El cociente P/T de 31.5, el porcentaje de lluvia invernal es de 4.7 y la marcha anual de la temperatura es de tipo Ganges (Fig. 2e).

Estación Tláhuac

Tiene clima C (W₁) (w) b (i')g, representado por ser templado subhúmedo, con régimen de lluvias veraniego. La temperatura media anual es de 16.2 °C. El mes más frío es enero con 12.9 °C y el más cálido es mayo con 18.6 °C. La oscilación térmica de 5.7 °C. La precipitación total de 591.5 mm. Mes más seco diciembre con 6.0 mm. y mes más húmedo julio con 117.4 mm. de lluvia . El Cociente P/T de 36.5. y el porcentaje de lluvia invernal es de 6.3. Con una marcha anual de la temperatura de tipo Ganges (Fig. 2f)

Estación Moyoguarda

Tiene un clima C (W₁) (w) b (i')g, representado por ser templado subhúmedo, con régimen de lluvias veraniego. Temperatura media anual 15.4 °C. Mes más frío enero con 11.7 °C y el más cálido es mayo con 17.8 °C. Con una oscilación térmica de 6.1 °C. La precipitación total es de 667.7 mm. El mes más seco es diciembre con 3.8 mm. y el mes más húmedo es julio con 122.8 mm de lluvia cociente P/T de 43.3. Porcentaje de lluvia invernal de 2.9 y una marcha anual de la temperatura tipo Ganges (Fig. 2g).

Estación San Gregorio.

Tiene clima C (W₁) (w) b (i')g, representado por ser templado subhúmedo, con régimen de lluvias veraniego. Temperatura media anual 16.1 °C. El mes más frío se presenta en diciembre con 11.2 °C y el más cálido es mayo con 19.5 °C. La oscilación térmica es de 7.8 °C. La precipitación total de 781.7 mm. El mes más seco es diciembre con 4.6 mm. y el más húmedo es julio con 155.9 mm de lluvia. El cociente P/T es de 48.5. Porcentaje de lluvia invernal de 3.8. Con marcha anual de la temperatura tipo Ganges (Fig. 2h).

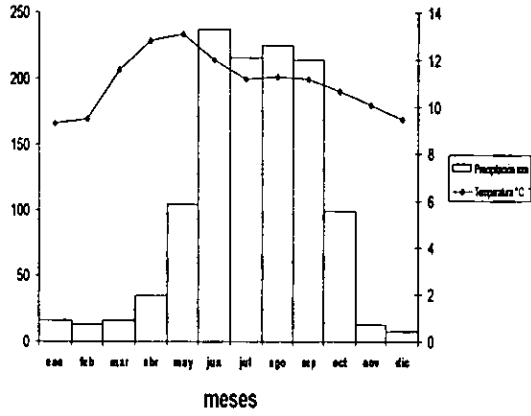
En el Cuadro 1 se muestran la localización de las estaciones meteorológicas cercanas a la zona en estudio, de las cuales se obtuvo información que permitió realizar el análisis del clima.

Cuadro 1. Localización de las estaciones meteorológicas y el periodo de observación.

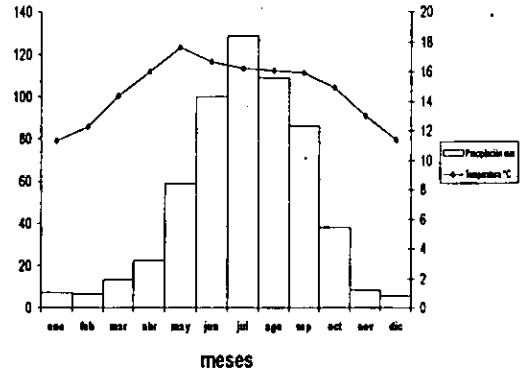
Estación	Latitud Norte.	Longitud Oeste	Altitud (msnm)	Periodo de observación	Años totales
Ajusco	19° 13'	99° 12'	2839	1971 - 1988	17
Chalco	19° 16'	99° 55'	2280	1971 - 1990'	19
Iztapalapa	19° 22'	99° 06'	2240	1971 - 1990	19
Milpa Alta	19° 15'	99° 01'	2420	1971 - 1988	18
Los Reyes, la Paz	19° 22'	98° 59'	2240	1971 - 1989	18
Tláhuac	19° 01'	99° 06'	2220	1971 - 1988	17
Moyoguarda	19° 17'	99° 06'	2240	1971 - 1989	18
San Gregorio A.	19° 15'	99° 03'	2259	1971 - 1990	20

Figura 2. Climogramas de las estaciones meteorológicas de la Zona Lacustre de Tláhuac.

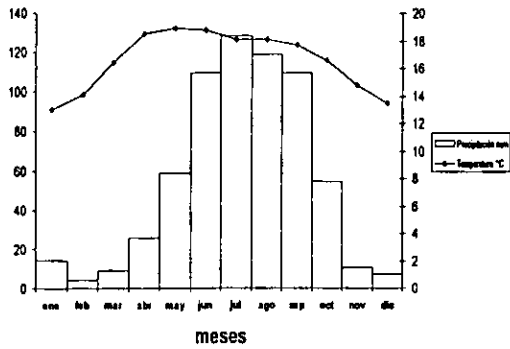
a) Estación Ajusco



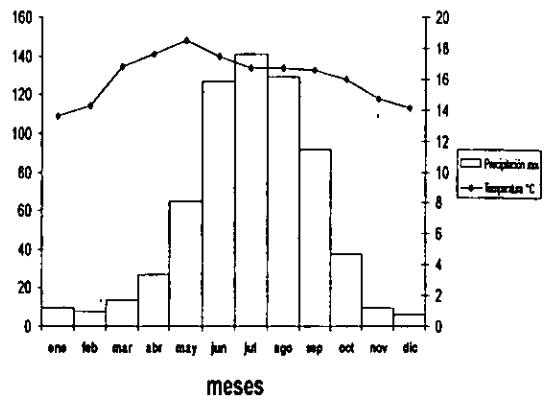
b) Estación Chalco



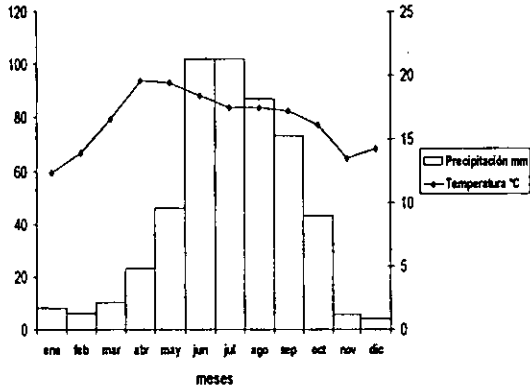
c) Estación Iztapalapa



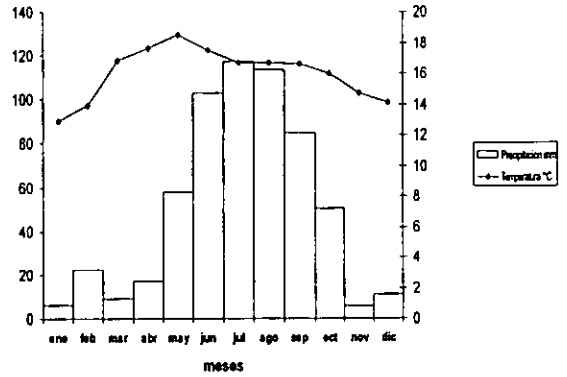
d) Estación Milpa Alta.



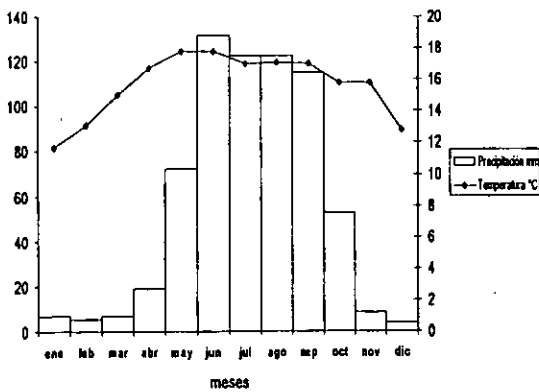
e) Estación Los Reyes la Paz



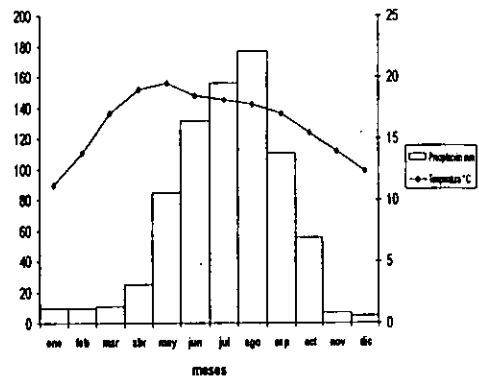
f) Estación Tláhuac



g) Estación Moyoguarda



h) Estación San Gregorio



7.4.2. Unidades Mesoclimáticas

Las unidades mesoclimáticas del Mapa 4 se determinaron con los datos de temperatura, precipitación y altitud de acuerdo con Melo y López (1998), a partir de las cuales se establecieron los rangos para cada una de las unidades, mismas que se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Rangos de las unidades mesoclimáticas

Unidad	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Altitud
Frío húmedo	< 4	>1300	3400 a 3600
Semifrío húmedo	4 a 8	1150 a 1300	3100 a 3400
Semifrío subhúmedo	8 a 12	950 a 1150	2700 a 3100
Templado húmedo	12 a 16	600 a 950	2300 a 2750
Templado semiseco	16	<600	< 2300

Unidad Frío-húmedo

Esta unidad cubre una superficie de 550 ha que equivalen a sólo el 2 % de la zona en estudio, se localiza en la parte sur entre las cotas 3400 a 3600 msnm de la vertiente del volcán Tlaloc, elevación que constituye una barrera orográfica y que funciona como sombra pluvial y principal cabecera hidrográfica. El factor altimétrico impone un rango térmico promedio menor de 4 °C y una precipitación anual mayor a los 1300 mm.

Recibe lluvia copiosa, muy superior a la que reciben las demás unidades mesoclimáticas, su grado de humedad ambiental sufre reducción debido a la influencia que ejercen los vientos dominantes, en cuyo tránsito por la zona absorben importantes volúmenes de humedad que a sotavento se desplazan hacia el exterior de la zona, fenómeno acentuado por intensos procesos de infiltración subterránea que minimizan el escurrimiento superficial debido al sustrato litológico.

Adicionalmente, la unidad experimenta la incidencia temporal de fenómenos meteorológicos secundarios que básicamente se expresan en el descenso de los vientos vespertinos y nocturnos de montaña que invaden los valles y barrancos, así como frecuentes e intensas heladas durante la época invernal del año.

Unidad Semifrío-húmedo

La unidad cubre 1,700 ha equivalentes al 5 % del área. Se localiza al norte de la unidad anterior que corresponde al volcán Tlaloc.

Esta unidad abarca el piso altitudinal entre los 3100 a 3400 msnm y el rango térmico promedio es de 4 a 8 °C; sin embargo, por efecto de los vientos dominantes cuyo flujo circula en sentido paralelo a la orientación del macizo montañoso, esta unidad recibe una menor precipitación pluvial, registrando entre 1150 y 1300 mm anuales, volumen que también disminuye infiltrándose por lo agrietado del material litológico, lo cual reduce notablemente la humedad ambiental.

Las bajas temperaturas y pérdida acuífera asociadas con la eficaz ventilación atmosférica, imprimen a esta unidad un confort humano aparentemente favorable, el cual sin embargo, se demerita por restricciones que imponen tanto el factor altimétrico como la ocurrencia de heladas frecuentes e intensas.

Unidad Semifrío-Subhúmedo

Influye sobre las vertientes del volcán Acusacayo hasta los volcanes Ayaquemtl localizados en la parte noreste de la zona de estudio, abarcando una superficie de 4,844 ha que representan 13 % de la zona. Se localiza entre los 2750 a los 3100 msnm, presenta un rango térmico que va de los 8 a los 12 °C en promedio anual; sin embargo, debido a la orientación este-sureste que exhibe la serranía Chichinautzin, los vientos dominantes fluyen en sentido paralelo a la misma, absorbiendo y desplazando humedad al exterior de la zona en estudio. Esta circunstancia se traduce para la unidad mesoclimática en un ligero abatimiento pluvial al registrarse volúmenes anuales que oscilan de 950 a 1150 mm.

Entre los fenómenos meteorológicos secundarios resalta la acción de vientos descendentes de montaña, tanto vespertinos como nocturnos, intensas neblinas, frecuentes tormentas eléctricas, así como heladas esporádicas y ligeras, no descartando la eventual presencia de heladas fuertes.

El moderado nivel de ventilación y la escasa humedad ambiental, confieren a esta unidad un adecuado confort humano, aunque restringido por el efecto eventual de bajas temperaturas.

Unidad Templado-húmedo

Constituye la segunda unidad mesoclimática al cubrir 9,252 ha equivalentes al 24% de la cuenca. Ocupa el piso altitudinal comprendido entre los 2300 y 2750 msnm. que extendido en dirección oeste-este, incluye las laderas medias bajas y estribaciones inferiores de la Sierra Chichinautzin (desde el volcán Teuhtli hasta las laderas medias de los volcanes Ayaquemtl), así como a la Sierra de Santa Catarina y el Volcán el Pino, localizados en el extremo norte de la zona en estudio.

El bajo nivel altimétrico y la acción moderada de vientos dominantes del noreste, imponen a la unidad rango térmico de 12 °C a 16 °C ; la precipitación pluvial decrece a volúmenes totales anuales que varían entre 600 y 950 mm.

Respecto a las unidades mesoclimáticas anteriores, los meteoros secundarios experimentan un comportamiento distinto, siendo poco perceptibles los vientos de montaña, así como la ocurrencia eventual de heladas ligeras; sin embargo, existe una fuerte presencia de tormentas eléctricas. La conjunción de regular altimetría, ventilación superficial moderada, decremento pluvial, elevado potencial de infiltración y escasa cubierta vegetal, induce a una baja humedad ambiental que se traduce en excelente nivel de confort humano.

Unidad Templado-Semiseco

Es la unidad de mayor cubrimiento territorial en la zona al influir sobre 21,304 ha que corresponden al 56 % de la zona en sectores bajos inferiores a los 2300 m, piso altimétrico que opera como nivel general de base hidrográfica y colector del drenaje subterráneo y superficial que alimenta al vaso lacustre de Tláhuac y zonas marginales de inundación.

La escasa altitud impone temperaturas promedio mayores a 16 °C, mientras que el volumen total anual de lluvia no supera los 600 mm. Tales factores climáticos otorgan a la unidad elevados niveles de humedad debido principalmente a su escasa ventilación atmosférica, alta temperatura, evaporación permanente de los cuerpos acuíferos, terrenos recubiertos por asfalto, etc., factores que interrelacionados producen caldeamiento atmosférico manifestado en un ambiente bochornoso e inconfortable al ocupamiento humano.

7.4.3. Elementos climáticos

Con los datos meteorológicos de la zona, se obtuvo la temperatura y precipitación media anual para la zona en general. A continuación se describe cada uno de ellos.

Temperatura:

La temperatura media anual para la zona es de 15.7° C, la máxima temperatura es de 18.6°C. La temperatura mínima es de 12 °C, los meses más calurosos son de abril a junio con una temperatura de 17.9°C y los más fríos se presentan de octubre a enero donde se ha registrado una temperatura media de 12°C.

Precipitación.

La precipitación anual promedio para la zona es de 590.1 mm. El mes más lluvioso se presenta en agosto con una precipitación de 1,094.6 mm. El mes que recibe menos cantidad de lluvia es diciembre que registra 18.5 mm.

Evaporación.

Con respecto a la evaporación anual se tiene un registro de 1,239.9 mm la mayor evaporación se presenta en el mes de julio con 1067.5 mm y la menor con

832.3 mm que se presenta en el mes de enero. La evaporación es mayor a la precipitación durante siete meses de enero a abril y de octubre a diciembre.

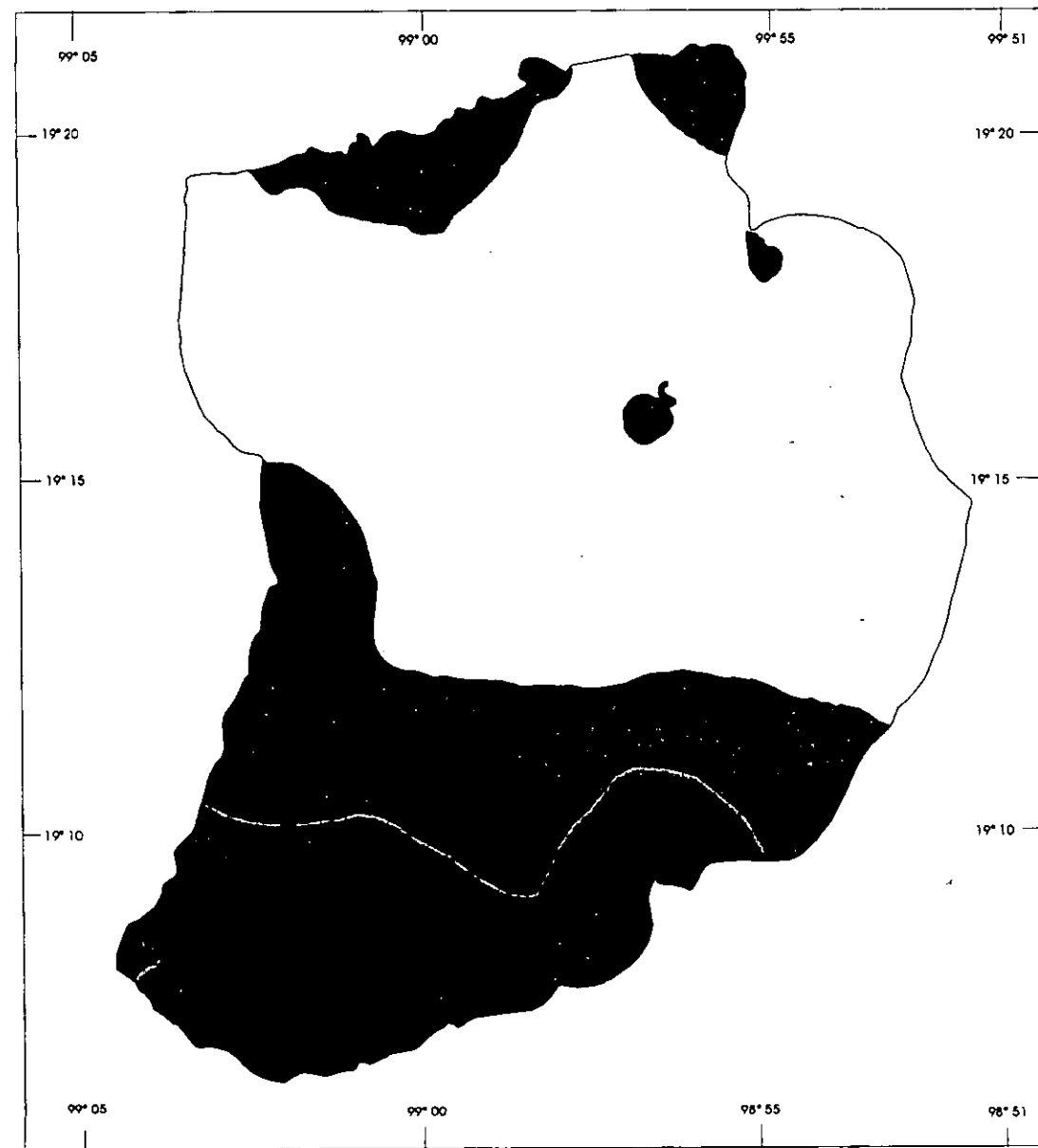
Vientos.

En general la velocidad del viento es de 10 kilómetros por hora, por lo que puede considerarse como muy baja. En raras ocasiones el viento adquiere una intensidad media que se observa en otros lugares y solo sopla con mayor velocidad al paso de las nubes tormentosas que preceden a la lluvia y durante los meses de febrero y marzo, en los que el calentamiento de la atmósfera produce gran inestabilidad, formando pequeños tornados y ráfagas de cierta intensidad.

Las tolvaneras que se presentan en la zona, son el resultado de la presencia de un polvo fino, seco y suelto y a la acción de corrientes rasantes a la superficie del suelo. La primera de estas causas ha influido en la desecación del lago, quedando depósitos de limos muy finos, hoy expuestos a la acción de sol y al viento. La segunda ha existido siempre, pero debido a la deforestación que se ha practicado ha motivado que las corrientes de aire rasantes al suelo, hayan aumentado de velocidad.

Heladas y Granizadas.

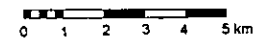
El número de heladas que se presentan en la zona en estudio son 62 por año, estas ocurren durante los meses de noviembre a marzo, lo que representa un peligro para los cultivos establecidos o por establecer en este periodo.



Mapa de Unidades Mesoclimáticas de la Zona Lacustre de Tlachuac

Leyenda

Clave	Unidad	Tem. °C	Precip. mm
■	Frío húmedo	- de 4	+ de 1300
■	Semifrío húmedo	4 - 8	1150 - 1300
■	Semifrío subhúmedo	8 - 12	950 - 1150
■	Templado húmedo	12 - 16	600 - 950
□	Templado semiseco	16	600



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
Lacustre de Tlachuac

Elaboro: Ma. de Lourdes Rodríguez Gamriño
Reviso Dr. José López G.

Mapa 4.
México, 2000

7.5. Suelos.

Los suelos de la zona en estudio son de origen volcánico, las cartas de INEGI (1980), reportan con base al sistema FAO-UNESCO (1980) los siguientes suelos: Andosol háplico, Cambisol vértico, Phaeozem háplico, Phaeozem gleyico, Fluvisol éútrico, Gleysol mólico, Regosol éútrico, Litosol, Solonchak mólico y Solonchak gléyico (Mapa 5).

7.5.1. Andosol.

Estos suelos se localizan en las laderas de los conos volcánicos del Acuscayo, Tlaloc, Teuhtli y Ayaquemetl. Se caracterizan por ser suelos que se formaron a partir de materiales piroclásticos con predominio de arenas y cenizas ricas en vidrio, su color es oscuro por efecto de la ceniza y por su contenido moderado a alto de materia orgánica, lo cual se refleja en una textura variable entre migajón areno limoso hasta arcillosa y franca, ostentan un amplio rango en retención de humedad y en contenido de materia orgánica, que va del 5 al 20 % en los primeros 30 centímetros de profundidad, condiciones que le imprimen una baja densidad aparente de 0.45 a 0.75 g/cm³.

Poseen una elevada capacidad de intercambio catiónico en el horizonte A (15 a 30 meq/100 g de suelo). Las bases intercambiables dominantes son el calcio y el magnesio. Tienen un moderado contenido de nitrógeno, que por lo común existe en forma estable en un rango de 0.2 a 0.7 %. Presentan elevado contenido de aluminio intercambiable y alta cantidad de material amorfo en la fracción arcillosa. Por sus características físicas y químicas, son suelos que permiten el establecimiento de cultivos agrícolas sobre todo en pendientes suaves.

Específicamente los Andosoles háplicos : son suelos con horizonte A ócrico y B cámbico, tienen una consistencia untuosa y una textura franco-limosa o más fina, para la textura promedio de todos los horizontes comprendidos en profundidad de 100 centímetros a partir de la superficie.

7.5.2. Phaeozem.

Estos suelos se ubican principalmente en las zonas planas de la planicie lacustre de Tláhuac, en las laderas de los volcanes Tláloc, Teuhtli, Ayaquemtl y en la Sierra de Santa Catarina. Son derivados de materiales piroclásticos volcánicos, sus arenas y cenizas más intemperizadas y grosor más espeso, le confieren al suelo un mayor desarrollo y evolución.

De acuerdo a las características de sus materiales formadores, presentan texturas migajón-limo-arenosa a migajón areno-limoso; aunque su materia orgánica menor del 2 %, se encuentra incorporada al suelo formando una capa superficial oscura, suave, y rica en nutrientes; por tanto, su densidad aparente es moderada con valores superiores a 0.75 hasta 1.0 g/cm³. Poseen una moderada capacidad de intercambio catiónico (16 a 22 meq/100 g de suelo). Su porcentaje de saturación de bases es menor al 50 %, y están representados por calcio y magnesio. El contenido de nitrógeno es alto en forma estable (superior al 0.75 %).

En la zona en estudio, los Phaeozem ocupan las partes del piedemonte; sin embargo, son susceptibles a la erosión al destinarse en su casi totalidad para fines agrícolas.

Phaeozem háplicos son suelos desprovistos de un horizonte B árgico; no son calcáreos entre los 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie. Carecen de propiedades gléyicas y estágnicas en profundidad de 100 cm a partir de la superficie.

7.5.3. Regosol.

Estos suelos muestran un desarrollo débil debido a que se forman a partir de materiales no consolidados y de gruesos calibres que van desde lapilli hasta capas someras de arenas finas y cenizas volcánicas, por lo cual, se encuentran a manera de depósitos minerales poco compactos y con texturas que varían de medias a ligeras, de migajón limo-arenoso a migajón-arenoso. Ello imprime una mayor densidad respecto a los suelos anteriores y, por su consistencia comúnmente suelta,

poseen muy baja capacidad para retener humedad, por lo que su drenaje es rápido favoreciendo procesos de infiltración.

Regosoles éutricos. Desde el punto de vista morfológico, tienen como único horizonte de diagnóstico "A" con las subunidades ócrico o úmbrico. Su grado de saturación por acetato de amonio es mayor del 50 %, al menos entre los 20 y 50 cm de profundidad, a partir de la superficie. Por su modo de formación, estos suelos delgados son residuales ocupando relieves abruptos en cimas y laderas altas, por lo que se localizan en la Sierra de Santa Catarina, la Caldera y Xico.

7.5.4. Litosol.

En el área montañosa y en las laderas, es el suelo más extendido y con un incipiente desarrollo a partir de capas someras de ceniza volcánica o materiales pétreos, mezclas de escorias y bloques volcánicos.

Estos suelos son de poca importancia, sin embargo, dado que a menudo se encuentran recubiertos por materiales coluviales, aluviales y eólicos, forman horizontes delgados que pueden sustentar cierta vegetación natural, e incluso, ser objeto de cultivo agrícola. Cabe mencionar que estos suelos propician los índices mas altos de infiltración acuífera, en la zona en estudio, se encuentran en los flujos lávicos de los volcanes Acuscayo, Tláloc y Ayaquemetl.

7.5.5. Solonchak mólico.

Ocupan una importante superficie en la planicie lacustre, se caracterizan por su profundidad (> 100 cm) y presentar un alto contenido de sales en algunas porciones en todo el suelo.

Se localizan en la planicie del lago de Tláhuac, reciben influencia de mantos freáticos superficiales que los mantienen húmedos, y debido a procesos de evaporación y a la salinidad de aguas de inundación, éstos suelos adquieren

propiedades sódicas (saturación de sodio intercambiable superior al 15 %) al menos en profundidades entre 20 y 50 cm.

Bajo estas condiciones, los suelos permiten desarrollo de plantas que toleran el exceso de sal como sucede con ciertos pastizales, sin embargo mediante la aplicación de técnicas artificiales de lavado, drenaje y fertilización, es posible aprovecharlos con fines agrícolas e incluso habitacionales.

Solonchak gléyico. Del ruso gley masa de suelo pastosa: son suelos que muestran propiedades gleicas dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.

7.5.6. Gleysol.

En la zona se encuentran relacionados con los Solonchaks; ocupando partes bajas donde se acumula y estanca el agua cuando menos en la época de lluvias, suelos que al saturarse adoptan colores grises azulosos o verdosos, resultado de los procesos de óxido-reducción, y muchas veces al secarse y exponerse al aire se tiñen de rojo. Comúnmente presentan acumulación de salitre y por ocupar superficies planas no son susceptibles a erosionarse.

Gleysol mólico. Del latín mollis que quiere decir blando, connotativo de buena estructura en la superficie










7.5.7. Fluvisol.

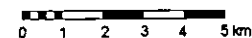
Del latín fluvis, río, connotativo de depósitos aluviales; son suelos que tienen propiedades flúvicas y que no presentan otros horizontes de diagnóstico, con más de un horizonte A ocríco, mólico o úmblico a una profundidad de 125 cm a partir de la superficie.

Los Fluvisoles eútricos son suelos que se caracterizan por ser buenos, nutritivos, fértiles y con una alta saturación de bases.

Mapa de Suelos de la Zona Lacustre de Tláhuac

Leyenda

-  Andosol háplico
-  Fluvisol eútrico
-  Gleysol mólico
-  Litosol
-  Phaeozem háplico
-  Phaeozem gléyico
-  Regosol eútrico
-  Solonchak mólico
-  Solonchak gléyico

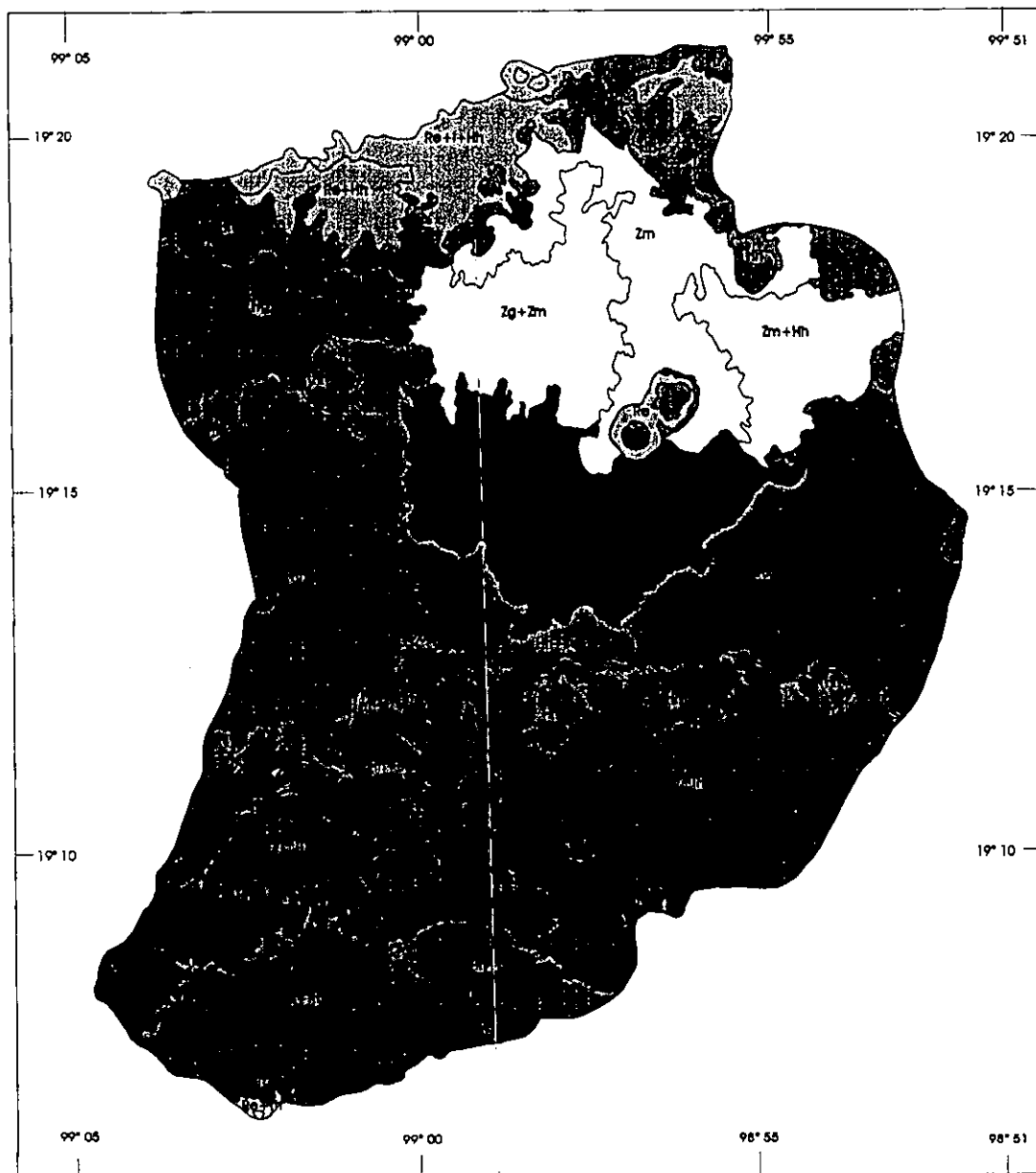


Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
 Lacustre Tláhuac.

Elaboro: Ma. de Lourdes Rodríguez Gamíño.
 Revisó Dr. José López García.

Mapa 5
 México, 2000



7.6. Vegetación y uso del suelo.

Por las características del relieve y clima en la zona y a pesar de la deforestación que se presenta, debido a la expansión de la frontera agrícola provocada por el crecimiento de la mancha urbana, aún es posible observar los siguientes tipos de vegetación (Mapa 6). Tipos de vegetación del área se presentan y describen a continuación.

7.6.1. Bosque de Coníferas.

Representado por el bosque de *Pinus* (pino) y *Abies* (Oyamel); comunidades que se presentan sobre suelos profundos, bien drenados y ricos en materia orgánica, se localizan principalmente en la parte sur de la zona, lo que corresponde a las laderas del volcán Tláloc, Acuscayo y Ayaquemetl de la Sierra Chichinautzin.

Bosque de *Pinus* sp.

Respecto a su amplia y continúa distribución original existente en tiempos históricos no muy remotos, hoy día su desarrollo tiene umbrales altitudinales inferiores que oscilan entre los 2800 a 3000 m con ascenso máximo hacia la línea de parteaguas en cuyas cimas más elevadas fluctúa alrededor de 3599 (volcán Tláloc, Acusacayo y Ayaquemetl). este se encuentra en altitudes que van de los 2,350 y 3,600 msnm, prosperan en suelos de tipo litosol, que se caracterizan por ser someros y rocosos.

Esta unidad típicamente montañosa, fisonómicamente manifiesta dos núcleos forestales claramente distintivos: uno conformado por varias asociaciones arbóreas en las que predominan diferentes especies del género *Pinus* y otro dominado casi exclusivamente por la especie *Pinus hartwegii*. La primera esta dominada por el *P. leiophylla* y *P. montezumae* a los que se intercalan otras especies de pinos como *P. pseudostrobus*, *P. teocote* y *P. hartwegii* (D.D.F. 1984)

En su estratificación vertical, el bosque de *Pinus* está constituido por un dosel arbóreo en cuya masa se entremezclan *P. montezumae*, *P. leiophylla*, *P. teocote* y *P. rudis*, a los que frecuentemente se intercalan elementos arbóreos del género *Quercus*, *Abies religiosa* y en menor grado *Arbustus spp.* y *Alnus spp.*

El sotobosque lo forman diversos y numerosos componentes arbustivos y herbáceos, destacando por su frecuencia y abundancia en las especies: *Archibaccharis spp.*, *Bidens spp.*, *Alchemilla spp.*, *Arenaria spp.*, *Eupatorium spp.*, *Geranium spp.*, *Lupinus spp.*, *Muhlenbergia spp.*, *Penstemon spp.*, *Senecio spp.*, *Ribes spp.*, *Stevia spp.*, y algunas otras plantas en particular de las familias compositae y graminiae (Rzedowski, 1988 y D.D.F., 1984).

Bosque de *Abies religiosa* (oyamel)

Este tipo de vegetación se ubica en la porción sur de la zona en estudio, ocupa las vertientes de máxima elevación en las laderas contiguas a las estructuras volcánicas que corresponden a el Volcán Tláloc. El óptimo crecimiento del oyamel se da entre los 2700 y 3200 m en áreas donde predominan las condiciones de relieve de moderadas a fuertes, con suelos bien desarrollados, comúnmente profundos de textura arenosa-limosa; ligeramente ácidos; con buen drenaje, ricos en materia orgánica, humedad superficial e interna durante gran parte del año, la erosión es leve de origen hídrico. El clima donde se desarrollan es templado húmedo con precipitaciones anuales de 900 y 1500 mm y con un régimen térmico de 10 a 14 °C. (Melo y Oropeza, 1986).

El dosel superior lo conforman masas arborescentes con alturas máximas uniformes entre 35 y 40 m, con la presencia de individuos que rebasan los 45 m; al estrato incursionan ocasionalmente escasos elementos arbóreos de las especies *Juniperus monticola*, *Pinus montezumae*, *P. leiophylla*, *Quercus mexicana* y *Alnus firmifolia* (Sánchez, 1980).

El estrato intermedio lo forman plantas arbustivas cuya diversidad florística aumenta con respecto al dosel anterior, pero disminuye notoriamente en los estratos

herbáceo y rasante inferior. Las especies predominantes del estrato arbustivo son: *Bacharis conferta*, *Senecio barba-johannis*, *Senecio cinerarioides*, *Senecio angulifolius*, *Salix cana*, *Senecio paradoxa*, y *Fuchsia microphylla* (D.D.F., 1984, Sánchez, 1980).

Es importante mencionar que en la Sierra Chichinautzin, concretamente en la delegación Milpa Alta se obtienen 3,879 m³ de encino para el aprovechamiento forestal, otros productos obtenidos de la recolección del bosque son resina y leña. Asimismo, del bosque se cosechan los hongos en temporada de lluvias.

En cuanto a esta actividad la zona en estudio fue declarada en veda, por lo que esta prohibido extraer la madera, sin embargo, los poseedores de los bosques, principalmente comuneros, los talan de manera clandestina, a pesar de los esfuerzos que hacen las autoridades por vigilar y proteger el recurso forestal.

7.6.2. Bosque de Latifoliadas.

Los encinos están representados por las especies *Quercus*, este tipo vegetación prospera en altitudes entre los 2,350 y 3,100 msnm, sobre suelos someros. Entre las especies se encuentran: *Quercus rugosa*, *Q. mexicana* y *Q. crassipes*. El matorral de *Quercus* es una comunidad arbustiva baja dominada por *Quercus microphylla*, especie que forma una cubierta vegetal muy densa debido a su reproducción vegetativa a través de las partes subterráneas. Se presenta en las cotas que van de los 2,350 y 2,900 msnm, sobre suelos poco profundos, y en los derrames lávicos y barrancos del volcán Tlaloc (D.D.F.1984; Melo y Oropeza, 1986).

7.6.3. Bosque Secundario

La comunidad exótica está constituida por elementos arbóreos de plantación reciente que tienen como objetivo reforestar áreas cerriles. Las especies seleccionadas (eucaliptos, casuarina, pirules) poseen un elevado grado de adaptabilidad, crecimiento acelerado, resistencia a cambios ambientales, pocas

exigencias edáficas, bajo costo de mantenimiento y alto poder regenerativo (Melo y Oropeza, 1986). Este bosque artificial lo encontramos en el volcán El Pino.

7.6.4. Matorral Xerófilo.

El matorral xerófilo se observa prácticamente en todo tipo de condiciones topográficas. Los suelos en general adversos para el desarrollo del matorral son de drenaje deficiente, así como los francamente salinos, alcalinos o yesosos. La coloración del suelo es frecuentemente pálida, grisácea, aunque también los hay rojizos (Rzedowski, 1988).

En el área en estudio se desarrollan en altitudes que van de los 2,260 a los 2,700 msnm, en suelos someros, pedregosos de textura media. Abarcan la unidad mesoclimática templado semiseca, que presenta una temperatura media anual de 16°C y un volumen de precipitación que no supera los 600mm

Las especies más dominantes son: *Opuntia streptacantha* (nopal), *Zaluzania augusta* (cenicilla) y *Mimosa biuncifera* (uña de gato). Las especies de *Eysenhardtia* (palo dulce) es frecuente sobre todo en la Sierra de Santa Catarina. Además existe matorral de *Senecio praecox* (palo loco), característico de terrenos muy rocosos y pobres en suelo, es un matorral abierto, con fuerte desarrollo del estrato herbáceo, éste se encuentra sobre todo en la Sierra de Santa Catarina y el Volcán Ayaquemtl, (D.D.F., 1984; Melo y Oropeza, 1986.).

7.6.5. Pastizales.

Bajo este rubro se consideran los tipos de vegetación en donde predominan las gramíneas. Este tipo de vegetación prospera principalmente en laderas de pendientes moderadas de lomeríos y cerros entre 2,300 y 2,700 metros de altitud. Las especies más importantes son. *Hilaria cendrhriodes*, *Bouteloua radicata*, *B. hirsuta* y *Stevia serrata* y un poco más frecuente y extenso es un pastizal sin composición florística constante, en el cual a menudo predominan gramíneas anuales, como , *Aristida adscensionis* y *Bouteloua simplex* y además pueden ser

abundantes *Lycurus phleoides*, *Hilaria cenchroides*, *Erioneuron spp.* *Bouteloua spp.*, *Enneapogon desvauxii* y otros. (D.D.F., 1984), este tipo de vegetación se localiza en la Sierra de Santa Catarina, y en los volcanes del Ayaquemetl, Teuhtli, Xico, y Tlapacoya.

Los pastizales se aprovechan para la actividad ganadera, donde se existen bovinos, porcinos, ovinos y caprinos (INEGI, 1997), el destino de la producción es para autoconsumo y los excedentes se comercializan en los mercados locales. Es importante mencionar que el ganado ovino, el cual pastorea libremente en las zonas de pastizales, se emplea en la venta de barbacoa en el mercado local. En el caso del ganado vacuno para la producción de leche y sus derivados esta restringido en la zona, por la gran cantidad de agua (aproximadamente 40 l/día), que se emplea para su alimentación y mantenimiento.

7.6.6. Vegetación Acuática.

Este tipo de vegetación en otras épocas ocupó grandes extensiones del área en estudio. Actualmente la diversidad ya no es tan grande como antes, pero aún es considerable, aunque han desaparecido casi el 90% de los lagos. Esta vegetación se restringe únicamente a la zona ocupada por cuerpos de agua y en la zona chinampera de Tláhuac y Mixquic.

Los tipos más comunes de vegetación son los tulares de *Typha latifolia* y de *Scirpus sp.* que alcanzan de 2 a 3 metros de alto. De menor talla son las comunidades en que dominan varias especies de *Polygonum sp.*, *Cyperus sp.*, *Juncus sp.*, *Echinochloa sp.*, *Hydrocotyle sp.*, *Eleocharis sp.*, *Bidens sp.*, así como *Berula sp.* sobre los bordes de los canales y zanjas de la zona chinampera de Tláhuac y Mixquic. La vegetación flotante esta representada por *Lemna sp.* (lentejilla de agua) (D.D.F. 1984; Rzedowski; 1988, UAM-X, 1997)

7.7. Uso del suelo.

7.7.1. Agrícola

La agricultura en la zona en estudio se practica bajo el régimen de temporal, aunque en algunas áreas existen zonas de riego, (principalmente en la zona chinampera). A pesar de que los campesinos han abandonado estas actividades aún se siembra en la zona, básicamente las personas de mayor edad siembran por costumbre y la producción que se obtiene es para el autoconsumo como el maíz, aunque las hortalizas se comercializan en la Central de Abastos de la Ciudad de México y en algunos de los mercados locales.

La superficie sembrada durante 1995-1996 fue de 4,465 ha. Los cultivos principales por la superficie que ocupan son: maíz, frijol y hortalizas como la espinaca, acelga y brócoli (INEGI, 1997). Por otra parte existen cultivos perennes como la producción de alfalfa y frutales como la pera, ciruelo, durazno e higo. La producción obtenida es principalmente de autoconsumo y su venta se lleva a cabo en los mercados locales.

Con respecto a los cultivos perennes 4,057.3 ha están destinadas al cultivo del nopal con un volumen de la producción de 277,854.5 ton el cual se comercializa en la Central de Abastos de la Ciudad de México, Toluca, Querétaro y se exporta hacia los Estados Unidos y Europa (INEGI, 1997).

7.7.2. Urbano

El uso urbano del suelo cubre una superficie de 7,500 h que representan el 20.2% de la superficie total de la zona. Se localiza en los cascos urbanos de las principales poblaciones que integran a la zona, como Tláhuac, Milpa Alta, Xico y Chalco. Es importante mencionar que actualmente las zonas urbanas tienen un crecimiento muy acelerado, sobre todo es muy notable en la zona de Milpa Alta. El crecimiento acelerado de la población del Distrito Federal contribuye en el cambio de uso del suelo de rural a urbano.

7.7.3. Industrial

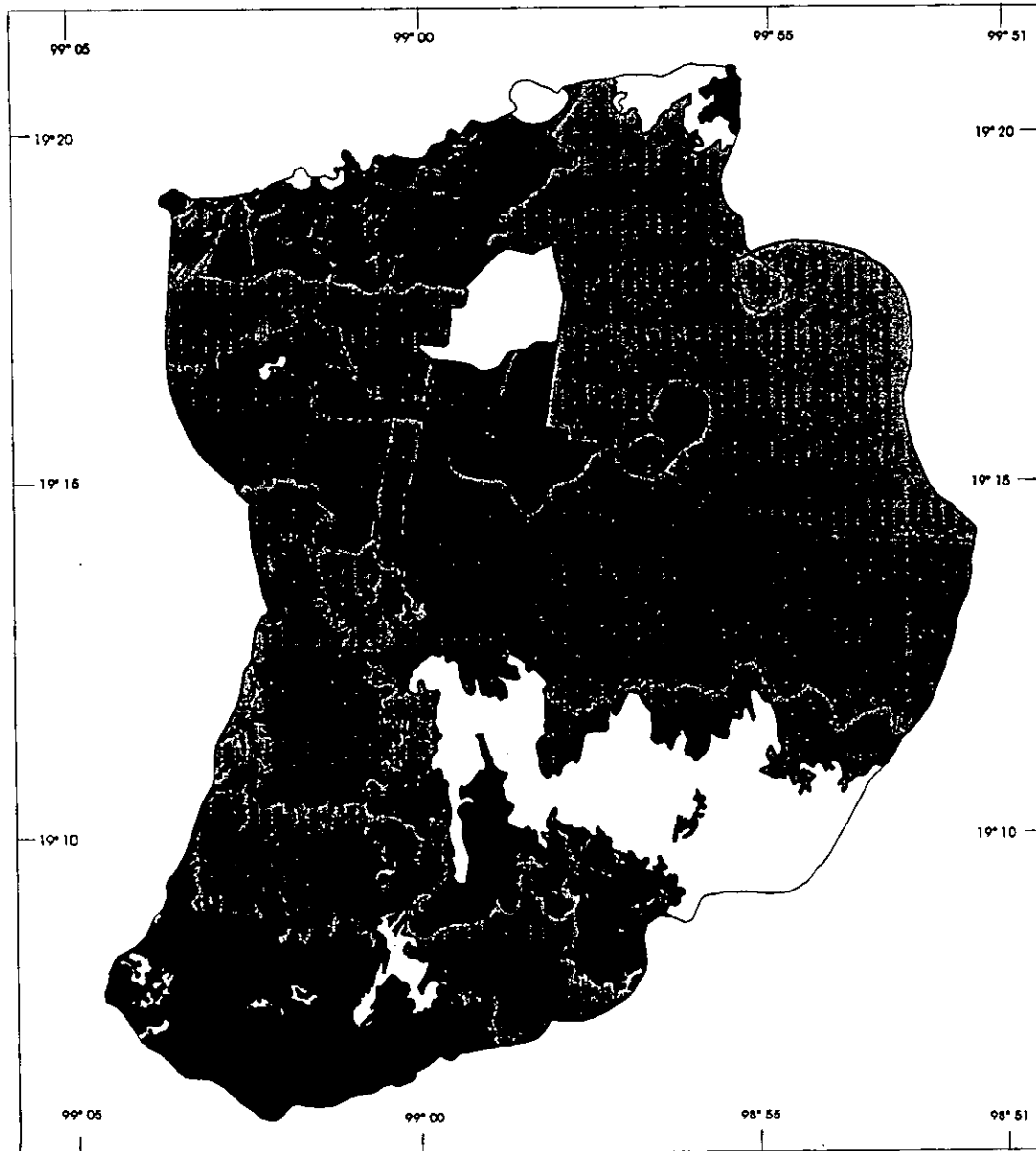
Se ubican en la Delegación Tláhuac principalmente en los volcanes de Yuhualixqui, Xaltepec, ocupando una superficie de 115 ha. que representa el 0.58% de la superficie total del área.

Por lo anterior se puede decir que el uso de suelo destinado a la agricultura representa el 44% con una superficie de 16,802 ha., las áreas con pastizales cubren 4,726 ha que representan el 12.5% de la superficie total. El bosque de coníferas cubren solo una superficie de 4,239 ha. (11.2%) que se localiza en las laderas de los volcanes Tláloc y Ayaquemetl. La vegetación de matorral xerófilo abarca 377.5 (el 10.%) y se localiza en las laderas de la Sierra de Santa Catarina, Volcán Teuhtli y Ayaquemetl. En la zona de la planicie lacustre se presenta una pequeña superficie de 249 ha, con cuerpos de agua que sostienen una vegetación acuática la cual solo representa el 0.8% de la superficie total de la zona. Por otra parte el uso urbano de suelo ocupa una superficie de 7,500 ha. que representa el 20.2% de la zona total en estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tipos de vegetación y uso del suelo.

Tipos de Vegetación y Uso del Suelo	Superficie (ha.)	%
Bosque de Coníferas	4,239	11.2
Bosque de Encino	231	1.0
Bosque Secundario	13	0.4
Matorral Xerófito	377.5	10.0
Pastizal inducido	4,726	12.00
Vegetación acuática	249	0.8
Agricultura de temporal	16,802	44.00
Urbano	7,500	20.2
Zona industrial de extracción	115	0.6
Total	37,650	100.00

Mapa de Tipos de Vegetación y Uso del Suelo de la Zona Lacustre de Tláhuac



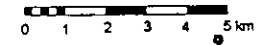
Leyenda

Tipos de vegetación

- Bosque de Coníferas
- Bosque de Latifolladas
- Bosque secundario
- Matorral Xerófito
- Acuática

Usos del Suelo

- Agricultura de temporal
- Agricultura de riego
- Pastizal Inducido
- Urbano
- Industrial de extracción pétreo



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
Lacustre Tláhuac.

Elaboro: Ma. De Lourdes Rodríguez Gamíño
Revisó Dr. José López G.

Mapa 6
México, 2000

8. UNIDADES AMBIENTALES

La estructura horizontal es el arreglo que especialmente muestra cada paisaje y la forma en que interactúan al diferir en uno o más componentes; por tanto, las relaciones horizontales evidencian similitudes y diferencias que definen el funcionamiento global del área en estudio.

El análisis de la estructura horizontal en la zona de estudio se sustenta en la estructura vertical, la cual nos permitió dividir el territorio, con la aplicación de criterios de clasificación jerárquica, considerando a las unidades ambientales de primer orden definidos por la fisiografía, segundo orden la geología, tercer orden a la geomorfología y por último cuarto orden el tipo de vegetación y uso del suelo.

Se determinaron las siguientes unidades fisiográficas de primer orden: Zona Montañosa (I), Zona de Piedemonte (II) y Zona de la Planicie (III), que a su vez se subdividen en unidades de menor jerarquía a partir de sus características afines (Mapa 7).

8.1. Zona de la Montaña (I)

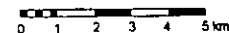
Esta unidad fisiográfica que cubre la mayor superficie (15,940 ha) en la zona en estudio, comprende todo el sector sur a partir de la cota inferior de 2300 msnm hasta la línea del parteaguas de 3650 msnm. Sus componentes físicos predominantes le confieren un relieve con pendientes de fuertes a moderadas, así como las siguientes unidades mesoclimáticas: frío húmedo, semifrío húmedo y subhúmedo y templado húmedo, por lo que en consecuencia se presentan diferentes tipos de vegetación como el bosque de coníferas, matorral xerófilo y bosque de encino. Los suelos de esta unidad son de origen volcánico, predominando los Litosoles, Andosoles, Regosoles y Phaeozem, que se caracterizan por ser jóvenes y con textura media. Respecto a la vegetación y uso de suelos agrícola y pecuario aquí se encuentra en bosque de coníferas.

Unidades Fisiográficas de la Zona Lacustre de Tláhuac.

I. ZONA MONTAÑOSA

II. ZONA DE PIEDEMONTE

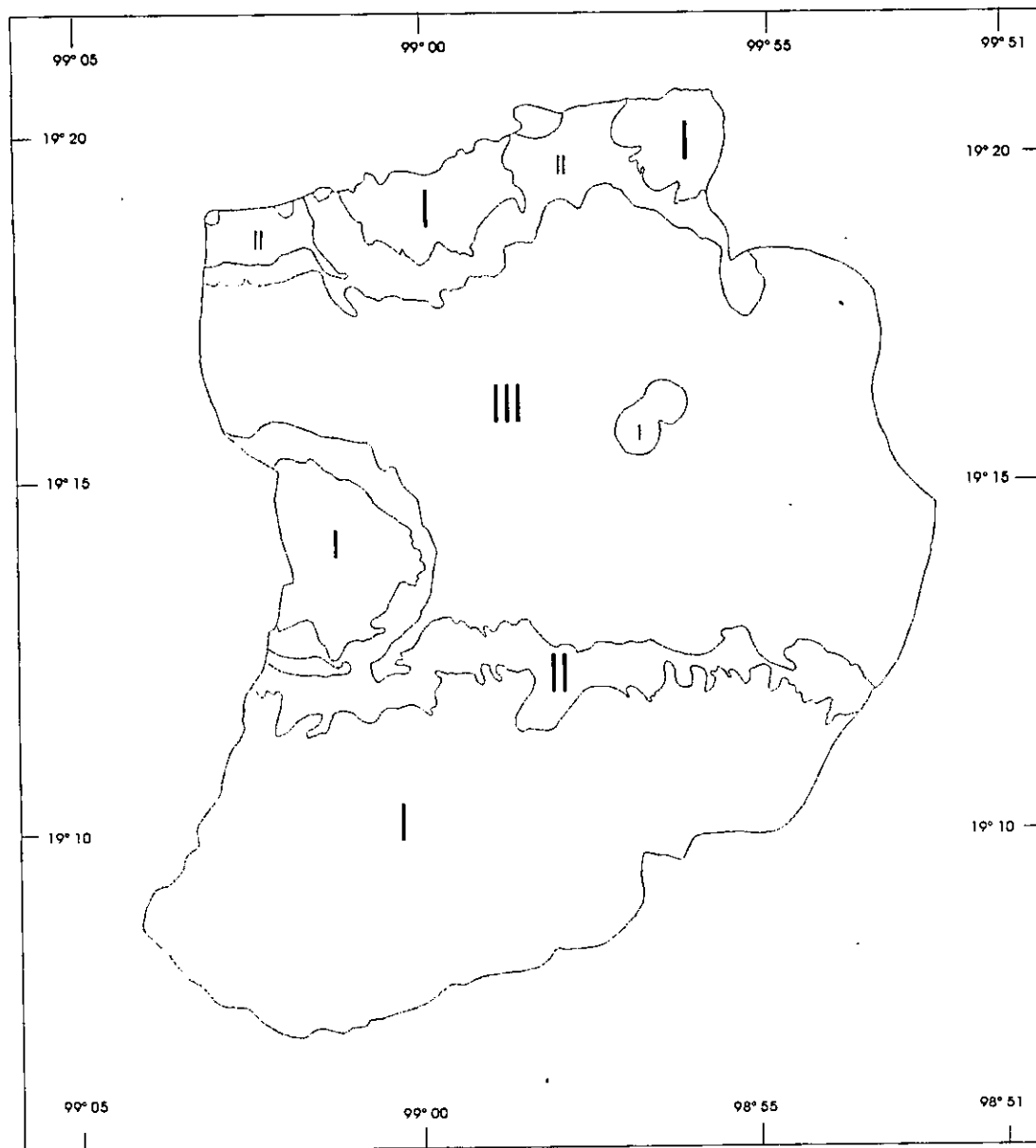
III. ZONA DE LA PLANICIE



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
Lacustre de Tláhuac.

Elaboró: Ma. de Lourdes Rodríguez Gamiño Mapa 7
Revisó: Dr. José López G. México, 2000



Esta unidad esta conformada por tres unidades geológicas de segundo orden A. Sierra Chichinautzín del Holoceno, B. Sierra de Santa Catarina del Pleistoceno superior y C. Cerro del Pino del Pleistoceno inferior, las cuales se diferenciaron por edad (Mapa 8)

8.1.1. Sierra Chichinautzín (IA).

Con base en la geomorfología esta unidad se dividió en las siguientes unidades de tercer orden: a) Conos volcánicos, b) laderas lávicas semicubiertas de piroclastos, c) laderas de lava cubiertas de piroclastos, d) lavas tipo lengua y e) valles intermontanos.

Conos volcánicos (IAa). Son estructuras que corresponden a los volcanes Tlaloc, Acuscayo, Ayaquemetl, Teuhtli y Xico, estos se levantan en rangos altitudinales que van de los 2600 y 3600 msnm. ámbito donde prevalece la condición de mesoclima templado semifrío muy húmedo, húmedo y subhúmedo. Por su carácter volcánico escarpado, tienen pendientes fuertes (30° a 40°) con suelos andosoles de textura media, delgados y pobres en nutrientes. De acuerdo a la vegetación e influencia antrópica esta unidad se divide en las siguientes unidades ambientales de cuarto orden.

Conos Volcánicos con vegetación de bosque de coníferas (IAa1). Esta unidad se caracteriza por mantener masas forestales principalmente de oyamel y pino. Los conos volcánicos del Tlaloc y Acuscayo sostienen un bosque conservado sin intervención humana, mientras el volcán Ayaquemetl 1 presenta un bosque semiconservado, ya que existen terrenos con cultivos agrícolas y áreas de pastizales para ganado ovino.

Conos volcánicos con matorral xerófilo (IAa2). Estos volcanes corresponden al Teuhtli y Ayaquemetl 2 y 3, donde se presenta matorral xerófilo debido al clima con menor humedad, además existen áreas de pastizales. El volcán Teuhtli tiene una mayor presión por los asentamientos humanos y los volcanes Ayaquemetl 2 y 3,

el primero se encuentra con una vegetación bien conservada principalmente de matorral xerófilo. En el Ayaquemetl 3 se encuentra una mina de donde se que extrae material pétreo y se han realizado cortes, modificando la estructura original del volcán en un 20%, por lo que la vegetación se ha visto alterada.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos (IAb). Esta unidad ocupa una superficie de 9,095 ha y tiene una distribución de este a oeste. Ocupa franjas alimétricas que van de los 2300 a los 3650 msnm, lo cual permite la existencia de varios ambientes donde se identificaron varias unidades mesoclimáticas que van desde los fríos húmedos hasta el semifrío subhúmedo.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos con bosque de coníferas (IAb1). Esta unidad presenta una unidad mesoclimática semifrío húmedo con precipitaciones de 1150 a los 1300 mm, lo cual permite el establecimiento de un bosque de coníferas, donde predominan las especies de pino y oyamel. Este bosque se encuentra en buen estado de conservación, lo que aunado al material geológico y al tipo de suelos de textura media permite la infiltración de agua al manto acuífero.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos con agricultura de temporal (IAb2). Esta zona abarca la parte norte del volcán Ayaquemetl y del volcán el Teuhtli Se caracterizan por la siembra de cultivos como la avena forrajera y maíz. Esta unidad se distingue de la anterior básicamente por el uso del suelo, ya que se ha establecido una agricultura de temporal.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos con pastizal inducido (IAb3). Se ubica al norte de las unidades ambientales de los volcán Teutli y Ayaquemetl. Los suelos que se presentan en esta unidad son los Litosoles, con un desarrollo incipiente, aunado a las condiciones de clima, ya que en esta área se tiene un mesoclima templado semiseco con un precipitación que va de los 600 a los 950 mm.

Laderas de lava cubiertas de piroclastos (IAc). Esta unidad presenta una pendiente moderada, donde se presentan suelos Phaeozem háplicos de textura

media y de buen desarrollo edáfico. En esta unidad se presenta una mayor disección del terreno ya que los escurrimientos superficiales forman la subcuenca del Río Milpa Alta. Por uso del suelo se tiene la siguiente unidad de cuarto orden.

Laderas de lava cubiertas de piroclastos con agricultura de temporal (IAc1). Esta unidad ambiental presenta una agricultura de temporal semipermanente, dedicada al cultivo de nopal verdura, el cual se ha adaptado a las condiciones microclimáticas y a los suelos de la zona, lo que ha permitido a los productores obtener buenos rendimientos y ganancias de este cultivo a tal grado, que los permite que participen en el mercado nacional e internacional.

Laderas de lava tipo lengua escalonadas (IAd). Esta unidad abarca una superficie 1,843 ha y presentan una pendiente de moderada a fuerte y pertenecen al volcán Acusacayo y otra al volcán Tláloc. Por el tipo de vegetación y uso de suelo se establecieron unidades de cuarto orden:

Laderas de lava tipo lengua escalonadas con Bosque de coníferas (IAd1). Esta unidad se ubica a partir de los 2900 a los 3,600 msnm y por altitud presenta un mesoclima frío húmedo lo que permite el establecimiento de un bosque de coníferas, donde predominan las especies de oyamel y pino que se encuentran en buen estado de conservación.

Laderas de lava tipo lengua escalonadas con agricultura de temporal (IAd2). Existen relictos de vegetación de matorral xerófilo, sin embargo este se ha ido desplazado por las actividades agrícolas donde se cultiva maíz y nopal verdura.

Laderas de lava tipo lengua escalonadas con bosque de encino (IAd3). Esta unidad se diferencia de las anteriores por la existencia de un bosque de encino en buen estado de conservación, ocupando una superficie de 737 ha.

Los Valles intermontanos (IAe) esta unidad se localizan entre los pueblos de Milpa Alta y Santa Ana Tlacotenco, cubre una superficie de 599 ha y presentan una pendiente suave. Los suelos que presentan son Phaeozem háplico con buen

desarrollo edáfico y de acuerdo al uso de suelo se obtiene una unidad de cuarto orden.

Valles intermontanos con agricultura (IAe1). Por el buen desarrollo de suelo se usan estas áreas para los cultivos de maíz y avena forrajera, con buenos rendimientos, el primero se cultiva en algunas áreas de Villa Milpa Alta y el segundo en la zona de Santa Ana Tlacotenco.

8.1.2. Sierra de Santa Catarina (IB).

Por su origen geológico y su edad esta unidad de segundo, localizada en la parte norte de la zona en estudio. Esta formada por varios conos volcánicos y laderas, teniendo estrecho rango altimétrico entre las cotas 2,300 a los 2750 m donde predomina un clima templado semiseco y subhúmedo, por lo que existe un tipo de vegetación de matorral xerófilo, presenta un relieve con una pendiente fuerte a moderada (escarpadas) en la porción de los volcanes y moderadas en la parte de las laderas.

Esta zona representa por su sustrato litológico y tipo de suelo una recarga para el manto acuífero. Además en 1990 se declaró una pequeña parte como Area Natural Protegida, pero por diversos problemas con los campesinos y por la falta de recursos económicos no se ha podido expropiar, y no se han llevado a cabo los programas de manejo.

Esta unidad se divide en las siguientes unidades de tercer orden: a) Conos volcánicos y b) Laderas de lava semicubiertas de piroclastos.

Conos volcánicos (IBa). Estas estructuras volcánicas presentan una pendiente escarpada que oscila en general entre los 30° y 40° con ligero o nulo desarrollo edáfico, manifestándose en suelos someros y de textura arenosa y su vez esta unidad se subdivide en tres unidades de cuarto orden.

Conos volcánicos con extracción pétreo (IBa1). Esta unidad la constituyen dos conos volcánicos, el Yuhualixqui y el Xaltepec, ambos destruidos en más del 70 %, debido a la sobreexplotación de material pétreo, ya que se han establecido minas que las han explotado de manera irracional.

Conos volcánicos con vegetación de matorral (IBa2). Esta unidad esta conformada por los volcanes Mazatepec, Tecuatzín y Guadalupe, los cuales se caracterizan por estar constituidos de vegetación de matorral xerofilo, la cual se encuentra bien conservada, a pesar de la presión que ejerce la población sobre estas áreas, sobre todo del área de la Delegación Iztapalapa, donde se han establecido asentamientos humanos irregulares. Es importante mencionar que en la parte norte del volcán Guadalupe existe una mina abandonada, que está generando movimiento de material y la apertura de barrancos.

Cono volcánico de explosión freático-magmático (IBa3). Este volcán se conoce localmente como La Caldera. y sobre la falda de esta estructura se ubica el basurero o tiradero a cielo abierto de Santa Catarina, esta ubicado en el Municipio de La Paz Edo. de México, en los límites de la delegación Iztapalapa.

Al inicio de sus operaciones, en diciembre de 1982 era un tiradero a cielo abierto, ahora es manejado como un relleno sanitario, aunque no reúne todos los requisitos del mismo. Recibe desechos domiciliarios y de mercado, así como material de demolición (escombros), da servicios a varias delegaciones urbanas, Ixtapalapa, Ixtacalco, Benito Juárez y Cuauhtémoc (González, 1992). Este basurero representan riesgos para la salud de los pobladores que viven en sus inmediaciones y es un potencialidad de contaminación para los mantos acuíferos.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos (IBb). Ocupan una superficie de 900 ha que presentan una pendiente de moderada a fuerte, con suelo Regosol éutrico de desarrollo incipiente. Abarca una altitud que va de los 2300 a los 2600 msnm, de acuerdo al uso de suelo y al tipo de vegetación se establecen dos unidades de cuarto orden.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos con matorral xerófito (IBb1). La vegetación se encuentra bien conservada, a pesar de que los productores, han abierto terrenos a la actividad agrícola.

Laderas de lava semicubiertas de piroclastos con agricultura (IBb2). Esta unidad se caracteriza por que existe una vegetación de matorral xerófilo, que los campesinos han empleado para delimitar sus terrenos o "apancles" donde siembran principalmente maíz de temporal. En éstas laderas el Gobierno del Distrito Federal ha implementado programas para llevar a cabo reforestaciones con especies del área, con el fin de evitar la pérdida de suelo.

8.1.3. Volcán El Pino (IC).

Por su origen geológico esta unidad queda establecida dentro de la zona montañosa. La conforman un cono volcánico y sus laderas cubiertas de piroclastos. Tienen como rango altimétrico las cotas de los 2300 a los 2700 msnm, presenta un clima templado semiseco, y morfológicamente tiene pendientes de fuertes a escarpadas. La unidad se dividió en las siguientes unidades ambientales: a) conos volcánicos y b) laderas cubiertas por piroclastos.

Conos volcánicos (ICa) esta unidad esta integrada por dos volcanes el Pino y el Tlapacoyan, los cuales presentan una pendiente escarpada que oscila entre los 30° y 40° con desarrollo edáfico incipiente. Por el tipo de vegetación y uso del suelo esta unidad se divide en las siguientes unidades de cuarto orden.

Cono volcánico con vegetación secundaria (ICa1). esta unidad ocupa una superficie de sólo 13 ha en el área en estudio, en ésta se estableció un bosque secundario a partir de los programas de reforestación que se llevan a cabo por el Gobierno del Estado de México. Dentro de las especies que se emplearon para dicha reforestación son pinos y eucaliptos los cuales se encuentra bien conservado.

Cono volcánico urbanizado (ICa1). Localmente este volcán se conoce como Tlapacoya. Como dato cultural es importante mencionar que este volcán fue un

lugar de habitación muy antigua. Barba (1980), a este respecto menciona que alrededor de la pirámide que se localiza en esta estructura, *“se establecieron pueblos cuya cultura pertenecía al horizonte preclásico en sus fases media y superior, principalmente de la época Teotihuacana”*. A pesar de lo expuesto anteriormente esta unidad se encuentra en grave proceso de degradación debido a la gran cantidad de asentamiento humanos que se han establecido en la zona, ya que se encuentra completamente urbanizado.

Laderas cubiertas por piroclastos (ICb). Esta unidad presenta una pendiente moderada a fuerte de los 20° a 30°. El material litológico de esta unidad es la toba con desarrollo edáfico nulo, por el uso del suelo se obtienen dos unidades de cuarto orden.

Laderas cubiertas por piroclastos con pastizal inducido (ICb1), esta unidad corresponde a una pequeña área donde se observan pastizales, sin embargo esta zona sé esta urbanizando de una manera muy acelerada.

Laderas cubiertas por piroclastos urbanizadas (ICb2). Esta unidad se caracteriza por un uso intensivo de suelo principalmente urbano a pesar de que la pendiente es de moderada a fuerte. En la actualidad se han construido unidades habitacionales y el gobierno los ha apoyado con servicios (luz, agua drenaje y vialidades). Esta zona presenta un nivel de impacto antrópico muy fuerte.

8.2. Zona de Piedemonte (II).

Comprende angostas franjas transicionales que establecen contacto con la Sierra Chichinautzín, Sierra de Santa Catarina y el Volcán del Pino. Esta unidad cubre en su totalidad una superficie de 5,887 ha que representan el 15.6 % de la superficie total de la zona en estudio. Por su origen geológico se establecieron el piedemonte volcánico y acumulativo, para la Sierra Chichinautzín Sierra de Santa Catarina y el Volcán el Pino (Mapa 8).

En su totalidad esta unidad abarca solo una unidad mesoclimática: la templada semiseca. Los suelos en general son Phaeozem háplicos con buen desarrollo y profundidad, dedicados en su mayoría a las actividades agrícolas.

8.2.1. Sierra Chichinautzín (IIA)

El piedemonte se extiende desde el volcán Teuhtli hasta el volcán Ayaquemtl, en sentido oeste-este, presenta una pendiente moderada y suelos con buen desarrollo edáfico como los Phaeozem háplico, abarca la unidad mesoclimática de templado semiseco con una precipitación de 600 mm anuales y una temperatura de 16°C.

Por su geomorfología se determinaron las siguientes unidades de tercer orden: a) piedemonte volcánico y b) piedemonte acumulativo. De acuerdo a sus características de vegetación y uso del suelo se obtuvieron unidades de cuarto orden, las cuales se describen a continuación.

Piedemonte Volcánico (IIAa).

Piedemonte volcánico con agricultura de temporal (IIAa1); por el mayor desarrollo de suelo que experimenta esta unidad, se ha establecido una agricultura donde el principal cultivo es el nopal verdura en lo que corresponde a Villa Milpa Alta y el maíz en el área del Ayaquemtl con bajos rendimientos.

Piedemonte volcánico urbanizado (IIAa2). Esta unidad incluye las áreas urbanas de los poblados más importantes de la delegación Milpa Alta.

Piedemonte acumulativo (IIAb). Pequeñas áreas formadas por el material transportado por corrientes superficiales, con buen desarrollo del suelo y una pendiente suave. De acuerdo al uso del suelo se obtiene una unidad de cuarto orden.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Piedemonte acumulativo con agricultura de temporal (IIAb1). Agrupa áreas que se han empleado tradicionalmente para el cultivo de maíz básicamente, aunque existen zonas donde se ubican cascros urbanos de los poblados como San Juan Tezompa, San Antonio Tecomiltl, que ahí se establecieron desde hace muchos años.

8.2.2. Sierra de Santa Catarina (IIB).

Esta unidad cubre una superficie de 1,418 ha y se extiende en sentido oeste-este, con una pendiente de moderada a suave. Esta conformado por su origen geológico en dos unidades a) piedemonte volcánico y b) piedemonte acumulativo.

Piedemonte volcánico (IIBa). En general esta zona presenta una clima templado semiseco, donde los suelos presentan un buen desarrollo edáfico, básicamente del tipo Phaeozem háplico, por el tipo de vegetación y uso del suelo se derivan las siguientes unidades de cuarto orden.

Piedemonte volcánico con matorral xerófilo (IIBa1). Esta unidad se ubica en la porción poniente de la sierra y debido al clima que predomina templado semiseco se establece una vegetación de matorral xerófilo que se encuentra en regular estado de conservación

Piedemonte volcánico con agricultura de temporal (IIBa2). La pendiente es de suave a moderada, con suelos Phaeozem háplicos que tienen un desarrollo incipiente y con un clima templado semiseco. En esta zona se practica la agricultura de temporal donde se siembra maíz y hortalizas como la calabaza, tomate y haba de los cuales se obtienen buenos rendimientos y cuya venta se realiza en la Central de Abasto del Distrito Federal y en el mercado regional. En esta zona el material litológico se emplea en la delimitación de parcelas agrícolas, en donde además se presenta una vegetación de matorral xerófilo, que en algunos sitios se encuentra en buen estado de conservación.

Piedemonte volcánico urbanizado (IIBa3). Areas donde se han establecido asentamientos humanos, de los pobladores que viven en los pueblos, que se encuentran dentro de esta unidad, los cuales presentan un crecimiento acelerado.

Piedemonte formado por acumulación (IIBb). Zona que presenta una pendiente suave. Dentro de esta unidad se encuentra una planicie denominada de tefra y que ha estado sujeta a la extracción de material pétreo. Basándose en el uso del suelo se deriva una unidad de cuarto orden.

Piedemonte acumulativo con agricultura de temporal (IIBb1). Esta unidad representa una área pequeña donde se desarrolla la agricultura de cultivos principalmente de hortalizas como la calabaza, tomate y haba, los cuales se comercializan en los mercados regionales de Tláhuac e Iztapalapa.

Piedemonte acumulativo urbanizado (IIBb2). Esta unidad se encuentra completamente urbanizada principalmente por asentamientos humanos, a pesar del riesgo que implica vivir cerca de las minas que han sido abandonadas. En este sitio en la delegación Tláhuac se encuentra un relleno sanitario, y existen gran cantidad de caminos de terracería por donde transitan los camiones de carga, que transportan el material pétreo que es extraído de las minas.

8.2.3. Volcán El Pino (II C).

Piedemonte formado por acumulación (IICa), presenta una pendiente suave y suelos con buen desarrollo edáfico, sin embargo de esta unidad se deriva una de cuarto orden, la que describe a continuación.

Piedemonte formado por acumulación completamente urbanizado (IICa1), con asentamientos humanos de unidades habitacionales de tipo de interés social. Se han construido condominios de 5 pisos, lo cual constituye un riesgo para los habitantes de la zona debido a la inestabilidad de material litológico (tobas) que conforma al área.

8.3. Zona de la Planicie (III).

Se localiza entre el margen septentrional de la Sierra de Chichinutzín y la meridional de los relieves menores de la Sierra de Santa Catarina, la Caldera y cerro El Pino. Su altitud inferior es de 2220 msnm lo que le imprime una pendiente nula. Ostenta un clima templado semiseco y ocupa una superficie de 15,832 ha que representa el 42.1% de la superficie total de la zona en estudio (Mapa 8).

De acuerdo a su carácter acumulativo de material transportado y receptor de aguas fluviales de las partes altas, y a su geología se determinaron las siguientes unidades de segundo orden: la planicie A) Lacustre y B) Aluvial.

8.3.1. Lacustre (IIIA).

Comprende terrenos deprimidos al nivel de la base que se extiende de este a oeste, acupando la porción septentrional del área lacustre con una superficie de 12,069 ha. La altitud a la que se encuentra corresponde a los 2220 msnm, su pendiente es nula y su clima es templado semiseco. Por sus características antropogénicas se divide en las siguientes unidades de tercer orden. a) zona inundada, b) zona inundable y c) Zona desecada.

Zona inundada (IIIAa), involucra los cuerpos de agua y terrenos que se encuentran permanentemente húmedos o saturados de agua, los suelos que ostenta son de origen aluvial cuya profundidad tienen un espesor mayor a los 100 cm y una de sus características principales es el alto contenido de sales presentes y su elevado pH. Esta unidad a su vez se divide en dos subunidades de cuarto orden por uso del suelo.

Zona inundada con cuerpos de agua (IIIAa1); está formada por las áreas con presencia de espejos de agua permanentes, cuyo nivel se incrementa durante la temporada de lluvias. En esta área se presenta una vegetación acuática donde predominan las especies de Tule (*Scirpus lacustris*) Venenillo (*Polygonum* sp), Tulillo (*Cyperus* sp), tulillo (*Juncus effusus*), Teozintli (*Echinochla crusgavonis*) y Ombligo

de venus (*Hydrocotyle ranunculoides*) sobre los bordes de los canales y zanjas de la zona chinampera de Tláhuac y Mixquic, por otra parte la vegetación flotante esta representada por *Lemma* sp (lentejilla de agua). (UAM-X, 1997).

Además existe fauna ornitológica que migra de los Estados Unidos y Canadá durante el invierno como las aves siguientes: Garza ceniza (*Ardea nerodatas*), Garzón blanco (*Casneroneos acbus*), Garza ganadera (*Bubulcus ibis*), Pato de collar (*Anas nerodatas*), Pato cabicirrojo (*Aythya americana*) Gallareta americana (*Fulica americana*) y Avozeta picuicurva (*Recurvirostra americana*) (UAM-X, 1997)

En esta unidad se encuentra una batería de pozos, consta de 14 pozos de explotación con gastos del orden de 90 l/s (González, 1992), cada uno contribuye al abastecimiento de agua potable para el sur del Distrito Federal, principalmente la de Tláhuac.

Zona inundada con chinampas (III Aa2). Los suelos de esta unidad son de origen antrópico; que se caracterizan por que han sido formados por la acción humana y se caracterizan por el aporte constante de materiales orgánicos y riego continuo durante largo tiempo. En estas áreas se practica la agricultura de riego, la cual abarca una superficie de 287 ha con buenos rendimientos. En esta zona tradicionalmente se cultivan hortalizas como la brócoli, lechuga acelgas, entre otras que se venden principalmente en los mercados locales y en la Central de Abastos del Distrito Federal.

Zona inundable (III Ab). Se refiere a la superficie transicional entre las zonas inundadas y desecadas, con terrenos permanentemente húmedos, con suelos salobres no consolidados aunque ricos en materia orgánica, que favorecen hasta cierto punto el uso de suelo agrícola. Esta unidad por su uso de suelo y vegetación se divide en dos unidades de cuarto orden.

Zona inundable con pastizal inducido (III Ab1): esta unidad presentan suelos que reciben influencia de mantos freáticos superficiales que los mantienen húmedos y debido al proceso de evaporación y a la salinidad de aguas de inundación, estos

suelos adquieren propiedades salinos-sódicas, bajo estas condiciones, se desarrollan pastos como el salado y kikuyo, que toleran estas condiciones. . Es importante mencionar, que mediante la aplicación de técnicas artificiales de lavado de suelos, drenaje y fertilización, es posible su aprovechamiento para el cultivo de algunos cultivos.

Zona inundable con agricultura de temporal IIIAb2. Zona con una amplia superficie cultivada. Presenta suelos con buen desarrollo edáfico y ricos en materia orgánica; la agricultura que se practica es de temporal predominando el cultivo de maíz y hortalizas como acelga, col, brócoli, etc.

Zona desecada (IIIAc). Esta unidad comprende terrenos llanos carentes de humedad y recubiertos de pavimento y escasa áreas con suelos salinos donde el proceso urbano es intensivo. De ésta se deriva una unidad de cuarto orden.

Zona desecada urbanizada (IIIAc1). Se caracteriza por el establecimiento de asentamientos humanos de interés social y colonias populares de ingresos medios y bajos. Los terrenos agrícolas se han vendido a personas que migran y se cambia el uso de suelo, con los problemas sociales y ambientales que ello ocasiona.

8.3.2. Aluvial (IIIB)

Planicie Aluvial (IIIBa); presenta una pendiente suave, tiene una altitud que va de la cota de los 2220 a los 2240 msnm, ocupando una superficie de 3,763 ha. Se ubica en la parte este de la planicie lacustre, lo que corresponde a la cabecera del municipio de Chalco. Los suelos de esta área se caracterizan por ser de origen aluvial, básicamente alimentados por los sedimentos transportados de los ríos Milpa Alta que nace en las laderas del volcán Tláloc y el Amecameca que nace en las faldas de la Sierra Nevada. Presenta un clima templado semiseco con precipitación de 600 mm anuales. Por el uso de suelo se determinan dos unidades de cuarto orden, las cuales se describen a continuación.

Planicie aluvial con agricultura (III Ba1). En esta unidad se practica aún la agricultura de temporal que cubre una superficie de 2,937 ha y donde el principal cultivo es el maíz para autoconsumo y con excedentes que se venden en el mercado local y a la empresa de MASECA.

Planicie aluvial urbanizada (III Ba2). Presenta un acelerado proceso de urbanización sobre todo en la cabecera del municipio de Chalco, provocando un acelerado cambio en el uso del suelo de agrícola a urbano, que ocupa una superficie de 826 ha.

Mapa de Unidades Ambientales de la Zona Lacustre de Tláhuac.

Legenda

I. ZONA MONTAÑOSA

- A. Sierra Chichinautzin
 a) Conos volcánicos
 ■ 1. Bosque de coníferas
 ■ 2. Matorral xerófilo
 b) Laderas de lava semicubiertas de piroclastos
 ■ 1. Bosque de coníferas
 ■ 2. Agricultura de temporal
 ■ 3. Pastizal inducido
 c) Laderas de lava cubiertas de piroclastos
 ■ 1. Agricultura de temporal
 d) Laderas de lava con superficie plana tipo lengua
 ■ 1. Bosque de coníferas
 ■ 2. Agricultura de temporal
 ■ 3. Bosque de encino
 e) Valles intermontanos
 □ 1. Agricultura de temporal

- B. Sierra de Santa Catalina
 a) Conos volcánicos
 ■ 1. Extracción pétreo
 □ 2. Matorral xerófilo
 ■ 3. Relleno sanitario
 b) Laderas de lava semicubiertas de piroclastos
 ■ 1. Matorral xerófilo
 ■ 2. Agricultura de temporal

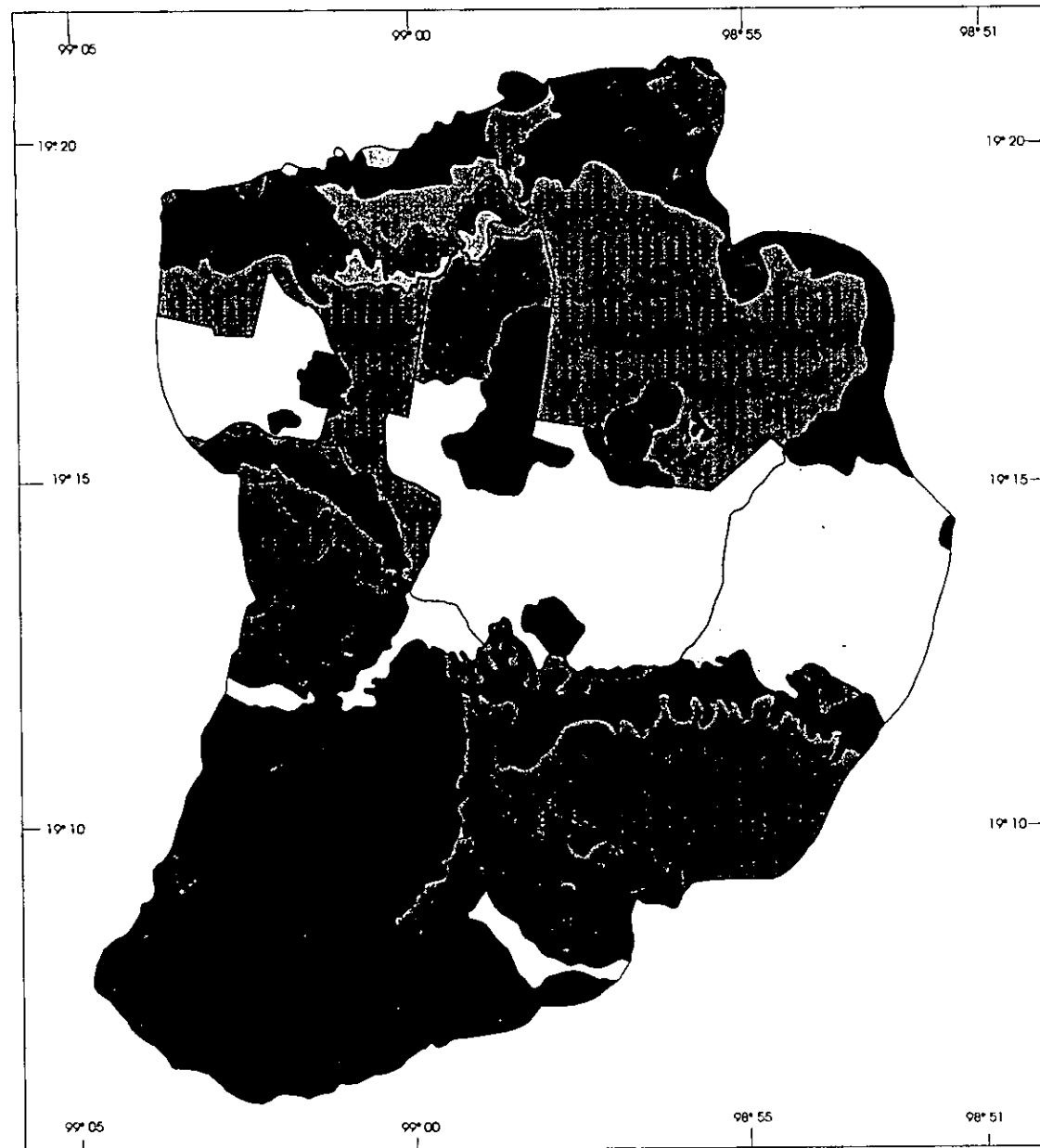
- C. Cerro del Píno
 a) Conos volcánicos
 ■ 1. Vegetación secundaria
 ■ 2. Urbanizado
 b) Laderas cubiertas de piroclastos
 ■ 1. Pastizal inducido
 ■ 2. Urbanizadas

II. ZONA DE PIEDEMONTE

- A. Sierra Chichinautzin
 a) Piedemonte volcánico
 ■ 1. Agricultura de temporal
 ■ 2. Urbanizado
 b) Piedemonte formado por acumulación
 ■ 1. Agricultura de temporal
 B. Sierra de Santa Catalina
 a) Piedemonte volcánico
 ■ 1. Matorral xerófilo
 ■ 2. Agricultura de temporal
 ■ 3. Urbanizado
 b) Piedemonte formado por acumulación
 □ 1. Agricultura de temporal
 ■ 2. Urbanizado
 C. Cerro del Píno
 a) Piedemonte formado por acumulación
 ■ 1. Urbanizado

III. ZONA DE LA PLANICIE

- A. Lacustre
 a) Zona inundada
 ■ 1. Cuerpos de agua
 ■ 2. Chihampas
 b) Zona inundable
 □ 1. Pastizal inducido
 □ 2. Agricultura de temporal
 c) Zona desecada
 □ 1. Urbanizada
 B. Aluvial
 a) Aluvial
 □ 1. Agricultura de temporal
 ■ 2. Urbanizada



Universidad Nacional Autónoma de México
 Facultad de Ciencias Depto. Biología

Diagnóstico Ambiental de la Zona
 Lacustre Tláhuac.

Elaboró: Ma. de Lourdes Rodríguez Gamiño Mapa 8
 Revisó: Dr. José López García. México, 2000

9. DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES

Para llevar a cabo el diagnóstico y la evaluación se establecieron criterios ambientales que permitieron identificar y valorar el estado actual de los componentes físicos, bióticos y de uso del suelo de las unidades ambientales que integran al área en estudio, básicamente en función del impacto y de los efectos que sobre el ambiente y los recursos naturales provocan las actividades humanas y económicas (Cuadro 4)

Esta fase constituyó la más importante, debido a que permitirá establecer políticas de gestión ambiental, estrategias y líneas de acción para el ordenamiento ecológico del territorio. A continuación se presentan la evaluación ambiental de las unidades ambientales.

9.1 Indicador de carácter físico.

En éste se consideran los componentes de fisiografía, pendiente, aspectos edáficos (profundidad, desarrollo, pedregosidad y rocosidad de los suelos) y el factor climático asociado con la erosión hídrica y eólica (cuadro 3).

9.1.1 Rangos de pendiente.

El relieve montañoso de la zona en estudio (unidad 1), salvo en las unidades de conos volcánicos que presentan pendientes escarpadas y fuertes, el área restante correspondiente a las unidades de laderas que esta dominada por pendientes de grado débil, moderadas y fuertes.

Los rangos de pendiente nula, débil y moderada concurren en las unidades de piedemonte (unidad II). Es importante mencionar que la pendiente como factor limitante que, en gran parte, ofrece problemas al asentamiento humano. Así mismo constituye un fuerte catalizador de los procesos erosivos y de pérdida de suelo.

La planicie (unidad III) presenta una pendiente nula, es la parte mas baja de la zona en estudio y además de ser la que tiene mayor cantidad de asentamientos humanos.

9.1.2 Desarrollo, profundidad pedregosidad y rocosidad del suelo.

Por la vinculación que existe de este factor con la aptitud para el desarrollo de las actividades agrícolas y el sustento de la vegetación; este factor es particularmente interesante debido a que una gran cantidad de la superficie se destina a la agricultura.

Las unidades de laderas de lava cubiertas y semicubiertas de piroclastos que en su totalidad predominan los suelos someros con profundidad media, circunstancia que los hace no adecuados para fines agrícolas de altos rendimientos, siendo únicamente aptos al desarrollo de vegetación de bosque.

El intemperismo que actúa sobre condiciones genéricas del sustrato litológico relativamente reciente y el relieve por lo común accidentado y débil, otorgan a la zona en estudio un desarrollo del suelo de incipiente a regular, con escasas áreas de suelos evolucionados de profundidad somera y moderada en la mayoría de las unidades ambientales, a excepción de las unidades de las laderas lávicas cubiertas y semicubiertas de la Sierra Chichinautzín y Sierra de Santa Catarina y en las unidades de la planicie comprendida por la zona parcialmente inundada y la zona inundable, cuyos suelos tienen profundidad adecuada.

Independientemente de su profundidad, los suelos en la mayoría de la unidades, tienen un bajo y/o nulo índice de pedregosidad, exceptuando a las unidades (IAd1, IAd2, IAd3), que básicamente corresponden a las laderas de lava tipo lengua.

9.1.3 Índice de erosión.

Producto de la morfología accidentada del relieve, así como de las condiciones edáficas antes mencionadas, la ocurrencia de lluvias y vientos que actúan sobre terrenos desprovistos de vegetación, factores que intensifican la dinámica de los procesos erosivos, ocasionando pérdidas de suelos bajo erosión eólica e hídrica. Por su carácter montañoso la gran mayoría de las unidades experimenta en grado escaso erosión laminar hídrica durante la temporada húmeda y en alto grado erosión eólica de moderada a fuerte (tolvaneras) en la época seca del año. En contraste, las unidades IAa1, IAa2, IAb1 IAb2 y IAb3, de la Sierra Chichinautzín, que incluyen conos volcánicos y laderas cubiertas y semicubiertas de piroclastos, los índices erosivos tanto fluviales como eólicos son poco perceptibles, aunque esporádicamente adquieren una fuerte intensidad.

9.2 Indicador de carácter biótico.

Este indicador se aplicó particularmente al estado de conservación en que se encuentra la cubierta vegetal a causa de la deforestación y al uso del suelo, en gran medida contrario a su aptitud natural.

9.2.1 Cobertura vegetal y niveles de deforestación.

Esta se refiere al porcentaje de cobertura que poseen los estratos superiores de las comunidades arbóreas. En la zona en estudio las siguientes unidades ambientales IAa1, IAa2, IAd1, IBa1 , IAb3 y IAc1, las cuales mantienen una cobertura vegetal muy alta y alta producto del bajo índice de deforestación. Otras unidades como IAc1, IAd3, IBa3 y IBc2 poseen una cobertura vegetal media causada por la tala clandestina de árboles.

9.2.2 Uso del suelo en relación a su aptitud natural.

De acuerdo con los componentes físicos de la zona, la aptitud natural del suelo en la zona de montaña es eminentemente forestal; mientras que en los suelos

de la planicie, radica en funcionar como vaso colector de escurrimientos fluviales, con desarrollo de vegetación hidrófila y crecimiento marginal de pastizales. Por otra parte en el piedemonte el uso de suelo es agrícola y urbano principalmente.

9.3. Indicador de carácter antrópico

Este factor esta relacionado al conjunto de actividades humanas que se desarrollan en el ámbito rural y urbano, los cuales inducen a diversas transformaciones del medio natural.

9.3.1. Impacto antropogénico.

Este índice establece la magnitud territorial a que están sometidos el paisaje mediante el ocupamiento de zonas agrícolas y asentamientos humanos.

En términos generales, la zona en estudio muestra un elevado índice de asimilación humana, lo cual refleja muy altos niveles de impacto sobre las unidades ambientales (I Ba1, I Bb1, II Ba2, III Ac1, II Bb2 y I Cb2) mientras que el impacto en las unidades (I Aa2, I Ba1, I ca1, II Aa1, II Ba2, III ab1, III Ab2 y III Ba1) se cataloga como intermedio, y únicamente las unidades I Aa1, I Ab3, I Ad1, I Ba2 y II Ab1 resisten la escasa introducción de elementos ajenos al medio y por ende es mínima su transformación.

9.4 Indicador de carácter estético-ecológico.

Este se conjunta con los índices anteriores respecto a sus valores estéticos y grado de estabilidad ecológica que al momento poseen los diferentes unidades ambientales.

9.4.1 Valor estético.

Lo determinan rangos y atributos relevantes del paisaje, cuya espectacularidad, belleza estética, perspectiva visual, constituyen atractivos

potenciales para la implementación de actividades recreativas, educativas, artísticas, culturales y científicas.

Respecto a la riqueza escénica-natural en la casi totalidad de las unidades ambientales se encuentran deterioradas por la acción antrópica y por lo tanto han perdido en alto y moderado grado la originalidad de sus atributos escénicos; logrando escapar a este fenómeno degradante las unidades (IAa1, IAa2, IAb1, IBa2, IBc1, IIAa2, IIIAa2). Otras unidades tienen regular estabilidad como las IAb2, IC1, IaE1, IBc1, IIAb1, IIIAa1 y las unidades (IBa1, IBb1, ICb2, IIBb1, IIBb2, IIIAc1 y IIIBa2) soportan una aguda inestabilidad o ya la han perdido en su totalidad.

9.4.2 Grado de estabilidad.

Como producto final del desequilibrio ecológico que afecta la integridad del paisaje las unidades ambientales que mantienen buena y óptima estabilidad son: IAa1, IAa2, IAd1, IAb1, IAb3, IAc1 por citar algunas. Otras unidades tienen regular estabilidad (IAb2, IAd2, IAe1, IIAa1, IIAb1, IIBa1, IIIAa1) y las IBa1, IBb1, ICb2, IIAa2, IIBb1 son algunas de las unidades ambientales que soportan una aguda inestabilidad ecológica .

Cuadro 4. Diagnóstico y Evaluación de las Unidades Ambientales de la Zona Lacustre de Tláhuac.

Unidad Ambiental	Sup. (ha)	Rango de pendiente	Profundidad del suelo	Desarrollo Edáfico	Pedegosidad y Rociedad	Índice de Erosión	Nivel de Deforestación	Cobertura Vegetal	Uso del Suelo	Nivel de Impacto Antrópico	Valor Estético	Grado de Estabilidad Ecológica
IAa1	77	Fuerte a escarpada	Somero	Somero	Alta	h-escasa e-escasa	Baja	Muy Alta	Óptimo	Débil	Alto	Óptima
IAa2	57	Fuerte a escarpada	Somero	Somero	Alta	h-escasa e-escasa	Baja	Muy Alta	Bueno	Moderado	Alto	Óptima
IAb1	3118	Moderada a escarpada	Somero	Incipiente	Muy Alta	h-escasa e-escasa	Media	Alta	Bueno	Moderado	Alto	Buena
IAb2	2664	Débil a moderada	Alto	Bueno	Nula	h-moderada e-fuerte	NA	Baja	Regular	Alto	Moderado	Regular
IAb3	3313	Moderada a fuerte	Somero	Incipiente	Nula	h-escasa e-moderada	Baja	Alta	Regular	Débil	Alto	Buena
IAc1	2600	Moderada a fuerte	Alto	Bueno	Nula	h-fuerte e-fuerte	NA	Media	Bueno	Alto	Moderado	Buena
IAd1	706	Moderada a fuerte	Somero	Incipiente	Muy Alta	h-escasa e-escasa	Baja	Muy Alta	Óptimo	Débil	Alto	Óptima
IAd2	968	Débil a moderada	Somero	Incipiente	Muy Alta	h-escasa e-moderada	NA	Media	Bueno	Alto	Alto	Regular
IAd3	169	Débil a moderada	Somero	Incipiente	Alta	h-escasa e-moderada	NA	Media	Bueno	Alto	Alto	Regular
IAe1	599	Débil a moderada	Alto	Bueno	Baja	h-fuerte e-fuerte	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Regular
IBa1	28	Esacarpada	Somero	Incipiente	Muy Alta	h-fuerte h-moderada	NA	Nula	Inadecuado	Muy Alto	Nulo	Mala
IBa2	40	Esacarpada	Somero	Incipiente	Muy Alta	h-escasa e-moderada	Baja	Muy Alta	Bueno	Débil	Alto	Buena
IBa3	94	Esacarpada	Somero	Incipiente	Muy Alta	h-escasa e-moderada	Medio	Media	Inadecuado	Muy Alto	Nulo	Mala

IBb1	462	Moderada a fuerte	Somero	Incipiente	Alta	h-moderada e-moderada	Medio	Alta	Bueno	Moderado	Alto	Buena
IBb2	438	Débil a moderada	Somero a medio	Regular	Alta	h-moderada e-fuerte	Alta	Media	Regular	Alto	Moderado	Buena
ICa1	13	Fuerte	Medio	Bueno	Baja	h-moderada e-fuerte	Baja	Alta	Bueno	Moderado	Moderado	Buena
ICa2	69	Fuerte	Medio	Incipiente	Baja	h-moderada e-fuerte	NA	NA	Inadecuado	Muy Alto	Nulo	Regular
ICb1	225	Moderada a fuerte	Somero	Nulo	Nula	h-moderada e-fuerte	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Regular
ICb2	300	Moderada a fuerte	Somero	Nulo	Nula	h-moderada e-fuerte	NA	NA	Inadecuado	Muy Alto	Nulo	Mala
IIAa1	2062	Débil	Medio	Bueno	Nula	h-moderada e-moderada	NA	NA	Inadecuado	Moderado	Moderado	Regular
IIAa2	660	Débil	Medio	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Inadecuado	Muy Alto	Alto	Mala
IIBa1	758	Débil	Alto	Bueno	Baja a nula	h-moderada e-moderada	NA	NA	Óptimo	Débil	Moderado	Regular
IIBa1	287	Moderada	Medio	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Regular
IIBa2	250	Moderada	Medio	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Regular
IIBa3	262	Moderada	Medio	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Regular
IIBb1	656	Débil	Alto	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Bueno	Muy Alto	Nulo	Mala
IIBb2	762	Débil	Alto	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Inadecuado	Muy Alto	Nulo	Mala
IICa1	181	Débil	Somero	Bueno	Baja	h-moderada e-moderada	NA	NA	Inadecuado	Muy Alto	Nulo	Mala
IIIAa1	749	Nula	Con agua	Con agua	Con agua	h-moderada e-moderada	NA	NA	Regular	Alto	Moderada	Regular
IIIAa2	287	Nula	Alto	Bueno	Nula	h-moderada e-moderada	NA	NA	Inadecuado	Muy alto	Alto	Regular
IIIAb1	768	Nula	Alto	Bueno	Nula	h-moderada e-moderada	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Regular

IIIAb2	4913	Nula	Alto	Bueno	Nula	h-fuerte e-fuerte h-fuerte	NA	NA	Bueno	Moderado	Escaso	Mala
IIIAc1	5352	Nula	Urbano	Urbano	Urbano	e-fuerte h-fuerte	NA	NA	Inadecuado	Muy alto	Nulo	Mala
IIIBa1	2937	Débil	Bueno	Nula	Nula	e-fuerte h-fuerte	NA	NA	Bueno	Moderado	Moderado	Mala
IIIBa2	826	Débil	Urbano	Urbano	Urbano	e-fuerte	NA	NA	Inadecuado	Muy alto	Nulo	Mala
37650												

Nota: con respecto a nivel de deforestación en las unidades con uso agrícola y urbano de suelo no se aplica este término (NA)

Montaña: 15,940 (42.3%)

I Montaña

A Sierra Chichinautzín

a conos volcánicos

1 bosque de coníferas

2 matorral xerófilo

b laderas de lava semicubiertas de piroclastos

1 bosque de coníferas

2 agricultura de temporal

c Laderas de lava cubiertas de piroclastos

1 agricultura de temporal

d Laderas tipo lengua

1 bosque de coníferas

2 agricultura de temporal

3 bosque de encinos

e valles intermontanos

1 agricultura de temporal

Piedemonte: 5,878 (15.6%)

B Sierra de Santa Catarina

a conos volcánicos

1 extracción petrea

2 matorral xerófilo

3 basurero

b laderas de lava semicubiertas de piroclastos

1 matorral xerófilo

2 agricultura de temporal

C Volcán El Pino

a conos volcánicos

1 bosque secundario

b laderas de lava cubiertas de piroclastos

1 pastizales inducido

2 uso de suelo urbano

Planicie: 15,832 (42.1%)

erosión h= hídrica e= eólica

III Planicie

A Lacustre

a inundada

1 cuerpos de agua

2 chinampas

b inundable

1 pastizal inducido

2 agricultura de temporal

c desecada

1 urbanizada

B Aluvial

a aluvial

1 con agricultura

2 urbanizada

II Piedemonte

A Sierra Chichinautzín

a volcánico

1 agricultura de temporal

2 urbanizado

b acumulativo

1 agricultura de temporal

B Sierra de Santa Catarina

a volcánico

1 matorral xerófilo

2 agricultura de temporal

3 urbanizado

b acumulativo

1 agricultura de temporal

2 urbanizado

C Volcán El Pino

a acumulativo

1 urbanizado

10. CONCLUSIONES

- ◆ Se concluye que la Zona Lacustre de Tláhuac, enfrenta una degradación de sus factores físicos y bióticos, por el cambio en el uso del suelo provocado por el crecimiento acelerado de la población, ésta degradación se presenta tanto en el relieve, en los suelos, y vegetación. El relieve está sufriendo un cambio drástico que perjudica al paisaje de la zona, a tal grado que se están modificando las estructuras geológicas a pesar de que tienen un origen joven. Los suelos se pierden por la falta de cobertura vegetal en la zona de la montaña y en la planicie presentan alta salinidad por la acumulación de bases. La cobertura vegetal ha disminuido debido a la acelerada deforestación, y ha sido desplazada por las actividades agropecuarias, todo esto debido a una mala planeación y por no considerar la vocación natural del suelo, lo que repercute en un deterioro ambiental del área.
- ◆ Las unidades ambientales definidas como de primero, segundo y tercer orden se obtuvieron a partir de la fisiografía, geología y geomorfología, que permitieron contar con información sobre la edad de las principales formaciones y conocer el comportamiento de los procesos endógenos y exógenos en la zona. Las unidades de cuarto orden se determinaron por los tipos de vegetación y uso del suelo, ya que son estas características las que presentan la problemática particular para cada una de las unidades.
- ◆ Las unidades ambientales que se obtuvieron se agruparon en 3 grandes unidades fisiográficas: la zona de montaña, la zona de piedemonte y la zona de la planicie
- ◆ La Zona de Montaña, tiene las unidades ambientales con mejor estado de conservación en cuanto a los factores físicos y bióticos; ya que en esta zona se encuentran el bosque de coníferas de la Sierra de Chichinautzín y el matorral xerófilo en la Sierra de Santa Catarina. Es importante mencionar que por sus características litológicas y climáticas constituye un área de captación de agua de lluvia que contribuye a la recarga de los mantos acuíferos de la región. Además, tiene un importante valor estético otorgado por su capacidad escénica,

amplitud visual, y masas forestales; por lo cual, ofrece amplias posibilidades para el fomento y desarrollo de múltiples actividades recreativas, programas de educación ambiental e investigaciones científicas.

- ◆ La Zona de Piedemonte, se caracteriza porque la mayor parte de las unidades ambientales se encuentran deterioradas por el cambio en el uso del suelo, principalmente por el desplazamiento de la vegetación natural para establecer actividades agrícolas y urbanas. En la parte de la Sierra Chichinautzín se presentan suelos incipientes y terrenos de inclinación moderada, estos factores estimulan los procesos erosivos provocando la pérdida de suelo durante todo el año. Por otra parte en las unidades de la Sierra de Santa Catarina y del volcán el Pino, estas se encuentran urbanizadas, por lo que la vegetación se ha perdido por completo y por consiguiente los suelos.

- ◆ La Zona de la Planicie, presentan la mayor degradación ambiental en sus componentes físicos y bióticos, ya que ha experimentado un cambio radical en el uso del suelo, lo cual se ve reflejado en la ausencia de vegetación y sustrato edáfico, elementos sustituidos por un amplio ocupamiento urbano que no permite la infiltración de agua a los mantos acuíferos. Sin embargo en esta unidad aún es posible observar relictos de cuerpos de agua, que de no tomarse las medidas pertinentes para su conservación se perderán en unos cuantos años.

- ◆ Por último se recomienda que este estudio tenga una continuación a partir de las unidades ambientales que en este trabajo se proponen y que sirvan de base en la elaboración del ordenamiento ecológico de esta zona.

◆ **BIBLIOGRAFÍA**

- Arellano, A. R. V. 1948. La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la Cuenca de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo XIII, 81-82 p. México.
- Araujo. M. A. 1987. Estudio Geofísico del cono volcánico Xico, Municipio de Chalco, Edo. de México. Tesis de Geofísica. Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- Barba de Piña Chan B., 1980. Tlapacoya. Los principios de la teocracia en la Cuenca de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México.
- Bellia, S. G., Cusimano, y T. G. 1992. El Valle de México. Consideraciones preliminares sobre riesgos geológicos y análisis hidrogeológico de la Cuenca de México. Instituto Halo-Latinoamericano. Roma. 49-54 p.
- Caballero, M. 1997. The last glacial maximum in the Basin of Mexico. Quaternary Internacional, Vol. 43/44. Elsevier Science. G.B. p.125-136.
- Cervantes, B.J.F. 1983. Génesis, morfología y clasificación de los suelos de la Cuenca de México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. UNAM. México.
- Cserna, Z., Fuente de la, D. M.; Palacios N. M., Triay, L.; Mitre S. L., y Mota P. R., 1988. Estructura geológica, gavimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la Cuenca de México. Boletín 104, Instituto de Geología, UNAM. México. 11-23 p.
- Delgado, G. H. and Martín del Pozzo A. L., 1993. Pliocene to Holocene volcanic geology at the junction of Las Cruces, Chichinautzín and Ajusco ranges, Southwest of Mexico city. Geofísica Internacional. Vol. 32, No. 3. p.511-522.
- Departamento del Distrito Federal. 1975. Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal. Ed. D.D.F. Tomo 1. México. 9-72 p.

Departamento del Distrito Federal. 1984. Programa Rector de Uso de Suelo (PRUSDA). Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural (COCODER). México.

Departamento del Distrito Federal. 1997. Programa Metropolitano de Recursos Naturales. Ed. D.D.F. México. 164 p.

Fries, C. 1960. Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, Región Central Meridional de México. Instituto de Geología. Boletín 60 p. 125-137.

FAO-UNESCO. 1980. Leyenda del Mapa Mundial de Suelos. Ed. FAO-UNESCO. Roma. 64 p.

García, E., 1988. Modificaciones al Sistema de Koppen: para adaptarlos a las condiciones de la República Mexicana. Edición privada. México 246p.

Geyne, A.R., Fries, C. Segerstrom, R. F. Black, I.F. Wilson. 1963. Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, Estado de Hidalgo, México. Consejo de Recursos Naturales No Renovables, México.

González, M. T. 1992. Estudio hidrogeofísico de la Subcuenca de Chalco; evaluación de impacto ambiental. Tesis de Doctorado en Geofísica. Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM, México. 275 p.

Hernández, Lozano, J. Lugo, J. 1990. Densidad de volcanes cuaternarios de la República Mexicana (mapa a escala 1:8,000,000) del Atlas Nacional de México, t.2, hoja IV.3.2. Instituto de Geografía, UNAM, México.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1980. Cartas Temáticas de Litología, Edafología y Vegetación y Uso del Suelo. Claves Ciudad de México (E14 A39), Milpa Alta (E14 A49), Chalco (E14B31) y Amecameca (E14 B41), escala 1: 50,000. México.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1989. Fotografías aéreas a escala 1:40,000 del D.F. (L-29, L30, L-31 y L-32). Dirección General de Geografía. México
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1997. Cuaderno Estadístico Delegacional de Milpa Alta, Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1997. Cuaderno Estadístico Delegacional de Tláhuac, Distrito Federal. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1994. Resultados Definitivos VII Censo Agrícola-Ganadero, Distrito Federal. Ed. INEGI, México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 1994. Resultados Definitivos VII Censo Agrícola-Ganadero, Estado de México. Ed. INEGI, México.
- Iturbide, R. 1995. Calidad de agua del acuífero de la Ciudad de México. En: Memoria del Foro sobre el servicio de agua potable en el Distrito Federal. III Asamblea de Representantes del Distrito Federal, 1ª legislatura. México. 52-54 p.
- Lorenzo, J.L. and Mooser F. 1973. The excavations at Tlapacoyan, México. Depto. de Prehistoria, INAH. XXXV Annual meeting Society for American Archeology, México.
- Lozano, G. S., 1989. Palinología y paleoambientes pleistocénicos en la cuenca de México. *Geofísica Internacional* (28) p. 335-362
- Lozano, G. S. Ortega, G. M. Caballero and Urrutia F. 1993. Late Pleistocene and Holocene paleoenvironments of Chalco Lake, central Mexico. *Quaternary Research*, (40) p 332-342.

- Lozano G. S. and Ortega G., 1994. Palynological and magnetic susceptibility records of Lake Chalco, central Mexico. *Paleo*, 109: 177-191p.
- Lozano y Ortega, 1997. Late Quaternary environmental changes of the central part of the basin of Mexico; correlation between Texcoco and Chalco basin. Instituto de Geología, UNAM. México.
- Lugo, H. J., 1984. Geomorfología del Sur de la Cuenca de México" Instituto de Geografía. Series Varia T. 1, Núm. 8, México. 95 p.
- Lugo, H. J., Ortíz, P., Palacios, J. L., Bocco, V.G. 1985. Las zonas más activas en el cinturón Mexicano entre Michoacán y Tlaxcala. *Geofísica Internacional*, 24 (1). UNAM. México.
- Lugo. H. J. Mooser F. Pérez, V. A y Zamorano O. J. 1994. Geomorfología de la Sierra de Santa Catarina, D.F., México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Volumen 11, número 1, 1994, Instituto de Geología UNAM. México p.43-52.
- Lugo, H. J. y García, A. M. T. Geomorfología del sur del Distrito Federal. Instituto de Geografía. UNAM. México. (*Documento inédito*).
- Lorenzo, J.L. and Mooser F., 1973. The Excavations of Tlapacoya, México. Depto. de Prehistoria, INAH. XXXV Annual meeting Society for American Archeology, México. 3-8 p.
- Martín del Pozzo, A., 1980. Vulcanología de la Sierra del Chichinautzín. Tesis de Maestría en Ciencias (Geología). Facultad de Ciencias. UNAM. México. 8-76 p.
- Martín del Pozzo, A. 1990. Geoquímica y Paleomagnetismo de la Sierra Chichinautzín. Tesis de Doctorado en Ciencias (Geología). Facultad de Ciencias. UNAM. México. 7-65 p.

- Martín del Pozzo, A. 1994. Volcanic Impact on the Southern Basin of México during the Holocene.
- Melo G. y Lopez G. J. 1998. Diagnóstico Ecogeográfico de la Cuenca de Xochimilco (*Documento inédito*).
- Melo G. C. y Oropeza, O. O. 1986. Vegetación: En Características Físico-geográficas, Capítulo I, Atlas de la Ciudad de México. Colmex-D.D.F. México. 1-42 p.
- Mooser, F. 1956. Los Ciclos de Vulcanismo que formaron la Cuenca de México. XX Congreso Geológico Internacional. Sección I. Vulcanología del Cenozoico, 2º tomo. México.
- Mooser F. 1962. Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México. SARH. México.
- Mooser F. 1963. Historia Tectónica de la Cuenca de México. Bol. Asoc. Mexicana Petrol. Vol. XV. p.239-246 .
- Mooser, F. 1990 Estratigrafía y estructuras del Valle de México. En: El subsuelo de la Cuenca de México y su relación con la ingeniería de cimentaciones a cinco años del sismo. E. Ovando Shelley y F. González Valencia (editores):. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. p.29-36.
- Mooser, F., Tamez, E., Santoyo E., Hogín E. y Gutiérrez C. 1986. Características geológicas y geotécnicas del Valle de México. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano. Departamento del Distrito Federal. México. 32 p.
- Mooser. F. 1997. Mapa Geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla. Escala 1:50,000. Comisión Federal de Electricidad. México.

- Morales, I.H. 1998. Análisis del Paisaje en el corredor Bahías de Huatulco. Tesis de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México.
- Ordoñez, E., 1895. Las Rocas Eruptivas del Suroeste de la Cuenca de México. Instituto Geológico de México. Boletín (2) . 46 p.
- Ortega, G . B., 1996. Paleomagnetismo, magnetoestratigrafía y paleoecología del Cuaternario tardío en el Lago de Chalco, Cuenca de México. Tesis de doctorado, Colegio de Ciencias y Humanidades, Instituto de geofísica. México, 1992.
- Peña, M. J. L., 1997. Cartografía Geomorfológica Básica y Aplicada. de Barcelona, España.
- Pérez, V. B. 1992. Estudio Geomorfológico de la Sierra de Santa Catarina. Tesis Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México. 74 p.
- Rodríguez, C. R. y González M. T. 1989. Comportamiento hidrodinámico del sistema acuífero de la Subcuenca de Chalco. México. Geofísica Internacional, Vol. 28-2, 1989, p.207-217.
- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. 3ª ed. Ed. Limusa. México. 432 p.
- Sánchez, O. 1980. La Flora del Valle de México. 6º ed. Ed. Herrero. México. 519 p.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), 1988. Manual de Ordenamiento Ecológico del Territorio. Subsecretaría de Ecología. México. 356 p.
- Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Ed. Dirección General Jurídica. SEMARNAP. México.

- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1981. Carta Fisiográfica. Esc. 1:1000,000. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional, México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980. Carta Temática de Climas, escala 1: 250,000, clave (E14 A). Secretaría de Programación y Presupuesto, México.
- Segerstrom, K., 1961. Geología del suroeste del Estado de Hidalgo y noreste del Estado de México. Boletín de la Asociación Mexicana de geólogos petroleros, 13 (3-4), 47-168 p.
- Serra, P. M. C. 1994. Xochimilco Arqueológico. Patronato del parque ecológico de Xochimilco, A .C., México p. 11-22.
- Tricart, J., 1982. Ecogeography and Rural Management. Ed. Longman Scientific and Technical. England. 162 p.
- Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, 1997. Ecología del Humedal de San Pedro Tláhuac: Un sistema lacustre del valle de México. Ed. Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. México. 122 p.
- Universidad Nacional Autónoma de México, 1970. Carta de Climas., escala 1:500,000, Clave México 14 QV Veracruz 14 QVI. Dirección de Planeación. Comisión de Estudios del Territorio Nacional y Planeación. Instituto de Geografía.
- Urrutia, F. J. Lozano, G. S. Ortega, G.B., Caballero M.M., Hansen, H.R., Bohnel H., and Negendank, J.F. 1994. Paleomagnetismo and paleoenvironmental studies in the southern basin of Mexico, I. Volcano-sedimentary sequence and basin structure of Chalco lake. *Geofísica Internacional*, 33 (39), México, 421-430 p.
- Urrutia F. J. y Martín del Pozzo A.L. 1995. Implicaciones de los datos paleomagnéticos sobre la edad de la Sierra Chichinutzín, Cuenca de México. Laboratorio de Paleomagnetismo y Geofísica nuclear. Instituto de Geofísica, UNAM. México.

- Urrutia, F. 1995. Paleomagnetic constraints on spatial/temporal volcanic activity in the Santa Catarina -Chalco región, southeastern basin of Mexico. *Geofísica Internacional*, Vol. 34, No. 1. 55-66 p.
- Vázquez, E. y Jaimes, P. R. 1989. Geología de la Cuenca de México. *Revista de la Unión Geofísica Mexicana*. *Geofísica Internacional del Instituto de Geofísica de la UNAM*. Vol. 28. Núm. 2. México. 133 190 p.
- Wolfer, J. 1975. La Cuenca en la geografía. En *memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del D.F. México*.

Anexo fotográfico

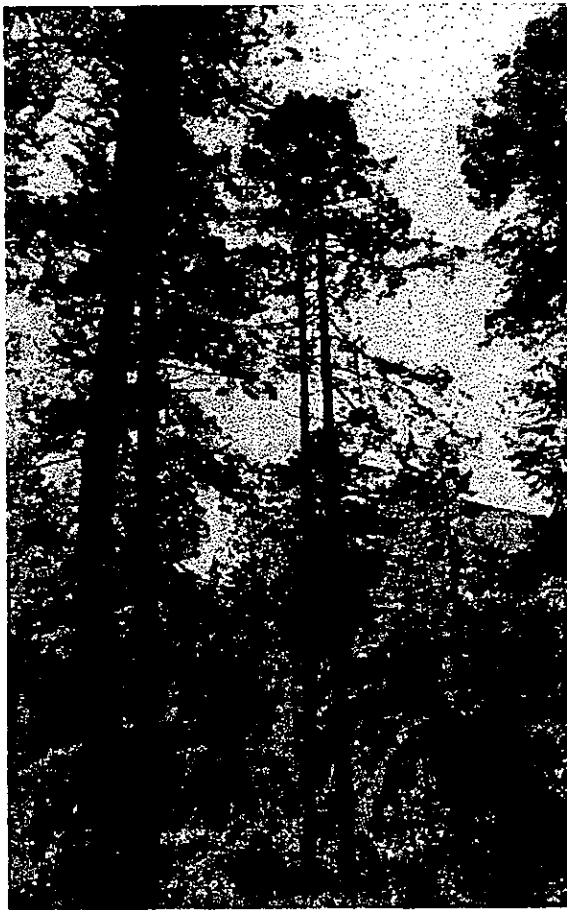


Foto 1. Bosque de coníferas (pino y oyamel) en la zona de la montaña específicamente en la Sierra Chichinautzín.



Foto 2. Bosque de encinos en buen estado de conservación



Foto 3. Matorral xerófilo en la Sierra de Santa Catarina

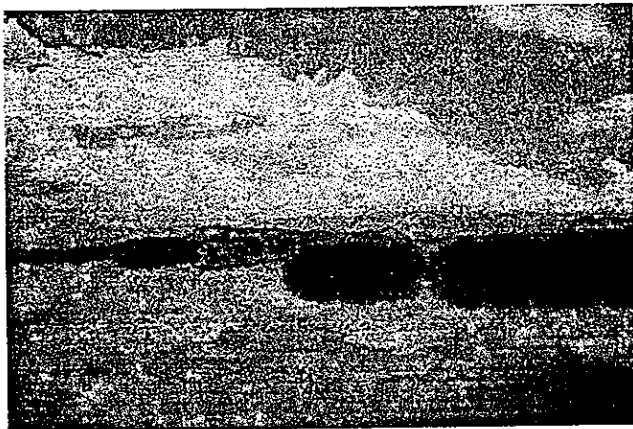


Foto 4. Cuerpos de agua, se observa la vegetación de tule y algunos patos

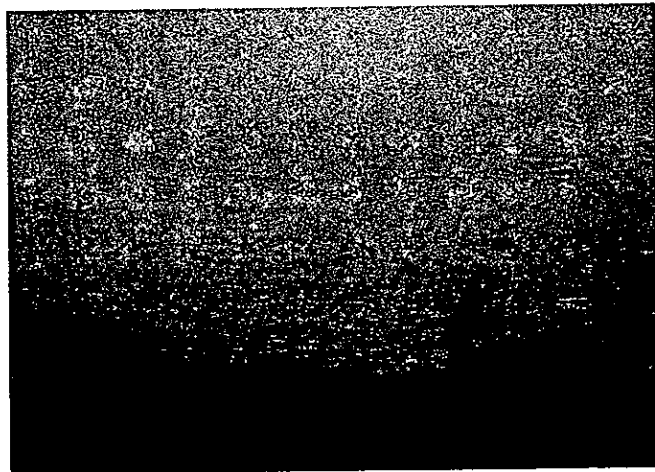


Foto 5. Mancha urbana en la planicie lacustre y aluvial

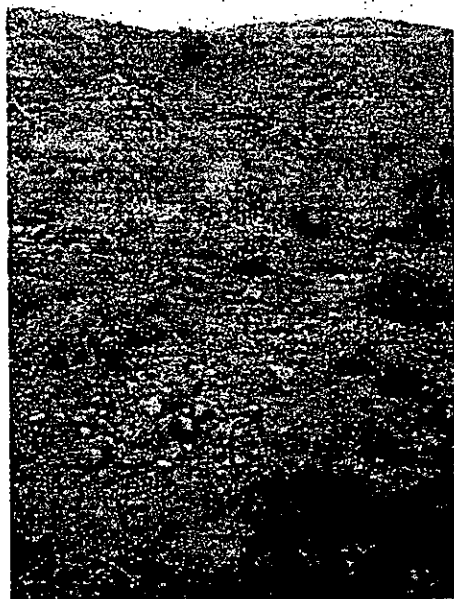


Foto 6. Suelos Regosoles que predominan en la Sierra de Santa Catarina



Foto 7. Cultivo de nopal verdura en el Piedemonte de la Sierra Chichinautzín