



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

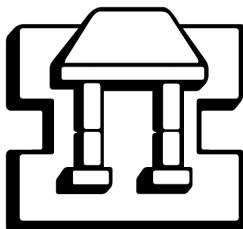
---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

“Diagnóstico Ambiental de la Sub-cuenca de Otumba, Estado de  
México”

**T E S I S**  
PARA OBTENER TÍTULO DE  
**B Í O L O G O**  
P R E S E N T A:  
Ana María Muñoz Flores

Directora de Tesis:  
M. en C. Ana Lilia Muñoz Viveros



Tlalnepantla Estado de México. 2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *Agradecimientos*

A Dios por darme la oportunidad de seguir este camino..... Y sobre todo por darme salud.

A mis *padres* que me proporcionaron los medios de cumplir mi sueño, por su apoyo incondicional y sobre todo por la educación que me dieron tanto en lo personal como en lo profesional, por creer siempre en mi y alentarme para seguir adelante, les agradezco toda su comprensión la cual fue fundamental para concluir este trabajo, por estar siempre cuando más los he necesitado y tenerme paciencia todo este tiempo, gracias a ustedes nunca me faltó nada.

A la M. en C. *Ana Lilia* por aceptar la dirección de este proyecto y brindarme su tiempo, sus conocimientos, experiencias y sobre todo por su paciencia.

De igual forma a mis *sinodales* que con sus aportaciones valiosas enriquecieron este trabajo: Dra. Norma Navarrete, Dr. Diodoro Granados, M. en C. Francisco López y M. en C. Rodolfo Collazo.

A mis hermanos que siempre han estado conmigo en las buenas y en las malas; *Edith, Ivonne y Daniel*.

A los Biólogos *Andrés, Arnulfo, Jesús, al Dr. Daniel J. Muñoz Iniestra y Dr. Raymundo Montoya*, y a todo el laboratorio de Edafología; por su ayuda desinteresada.

A mis compañeros de la “*Facultad de Estudios Superiores Iztacala*”.

A mis mejores amigos que siempre me han apoyado; *Alicia Vázquez, Berenice Zuñiga, Claudia Urbina, David Martínez, David Pérez, Israel Guerrero, Lourdes Sánchez, Miguel Ontiveros, Mónica Robles, Ricardo González y Tania Escobar*; por su gran calidad humana que me han demostrado.

A la “**UNAM**” mi segundo hogar; en donde he pasado los mejores momentos de mi vida.

## Índice

	Página
RESUMEN	
I INTRODUCCIÓN	1
II JUSTIFICACIÓN	2
III MARCO TEÓRICO	
3.1 Los diagnósticos ambientales	3
3.1.1 La Importancia de los Diagnóstico Ambientales	4
3.2 La cuenca hidrológica como unidad natural de estudio para el diagnóstico	5
3.2.1 Componentes de una cuenca hidrográfica	6
3.3 Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta, instrumento metodológico de integración y evaluación	6
IV ANTECEDENTES	7
V OBJETIVOS	8
5.1 Objetivo General	8
5.2 Objetivos Particulares	8
VI ÁREA DE ESTUDIO	9
6.1 Fisiografía	9
6.2 Geología	9
6.3 Edafología	11
6.4 Hidrografía	11
6.5 Clima	11
6.6 Flora	12
6.7 Fauna	12
VII METODOLOGÍA	13
7.1 Revisión Documental	13
7.2 Verificación de campo	13
7.2.1 Suelo	14
7.2.2 Vegetación	14
7.2.3 Anfibios y Reptiles	14
7.2.4 Aves	14
7.2.5 Mamíferos	15
7.3 Trabajo de Gabinete	15
VIII RESULTADOS - DISCUSIÓN	
CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO-GEOGRÁFICO	
8.1 Situación política de la cuenca y vías de comunicación	17

8.2 Unidades físico-geográficas	18
8.2.1 Diferenciación altitudinal relativa y variación de la pendiente	18
8.2.2 Hidrografía y red fluvial	20
8.2.3 Clima	22
8.2.4 Geomorfología	23
8.2.5 Suelos	24
CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE BIÓTICO	
8.3 Vegetación	30
8.3.1 Bosque de Pino-Encino	31
8.3.2 Bosque de Encino ( <i>Quercus spp.</i> )	31
8.3.3 Matorral de Encino (Chaparral)	31
8.3.4 Matorral Xerófilo	31
8.3.5 Pastizal	32
8.3.6 Vegetación secundaria	32
8.3.7 Vegetación ruderal	32
8.3.8 Vegetación reforestada	33
8.4 Fauna de vertebrados	35
8.4.1 Anfibios y Reptiles	35
8.4.2 Aves	36
8.4.3 Mamíferos	39
8.5 Invertebrados comestibles	42
CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	
8.6 Demografía	43
8.6.1 Población económicamente activa (PEA) por sector	44
8.6.2 Vivienda e infraestructura	44
8.6.3 Agua	45
ASPECTOS HISTÓRICO-CULTURALES	
8.7 Áreas Naturales protegidas	47
8.7.1 Zona Arqueológica de Teotihuacán	49
8.8 Uso del suelo	50
8.8.1 Principales cultivos	54
8.8.2 Índice de antropización	56
8.8.3 Distribución espacial de los asentamientos	57
8.9 Matriz de Leopold	59
8.9.1 Impactos ambientales identificados en la sub-cuenca de Otumba	60
8.10 Presión-Estado-Respuesta	64
8.11 Medidas de Mitigación	67
8.12 Líneas de seguimiento y vigilancia	70
IX CONCLUSIONES	74
X BIBLIOGRAFÍA	76
XII ANEXO	85

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Distribución de la litología superficial de la sub-cuenca de Otumba	10
Cuadro 2. Número de cuerpos de agua y Superficie por Municipio	20
Cuadro 3. Principales características de las unidades de suelo de la sub-cuenca	25
Cuadro 4. Valores de erosión hídrica y eólica calculada de acuerdo a SEDUE, 1986	28
Cuadro 5. Tipos de vegetación presentes en la sub-cuenca de Otumba	30
Cuadro 6. Lista de los anfibios y reptiles observados en la zona de estudio	36
Cuadro 7. Listado de aves observadas en la sub-cuenca de Otumba	36
Cuadro 8. Listado de mamíferos registrados en la sub-cuenca de Otumba	39
Cuadro 9. Superficie que ocupan las diferentes Áreas Naturales Protegidas de México de carácter Federal	47
Cuadro 10. Áreas Naturales Protegidas en la sub-cuenca de Otumba de carácter Estatal	48
Cuadro 11. Valor del Índice de Clark-Evans por municipio	58
Cuadro 12. Matriz de Leopold modificada	61
Cuadro 13. Frecuencia de impactos ambientales	63
Cuadro 14. Modelo P-E-R	64
Cuadro 15. Medidas de mitigación	67

## Índice de figuras

Figura 1. Localización del área de estudio	9
Figura 2. Mapa de División Política, Poblados y Carreteras, sub-cuenca de Otumba	17
Figura 3. Superficie en porcentaje de cada Municipio dentro de la sub-cuenca	18
Figura 4. Mapa hipsométrico de la sub-cuenca de Otumba	19
Figura 5. Mapa de pendientes	19
Figura 6. Jagüey ubicado en piedemonte al sur de Otumba	21
Figura 7. Contaminación cerca del arroyo "El Soldado"	21
Figura 8. Vaca dentro del Jagüey	21
Figura 9. Mapa de climas y de la red fluvial de la sub-cuenca de Otumba	22
Figura 10. Mapa Geomorfológico que muestra las principales formas del relieve de la sub-cuenca de Otumba	24
Figura 11. Perfiles de varios tipos de suelos reconocidos en la sub-cuenca de Otumba	26
Figura 12. Mapa que muestra la distribución de suelos en la sub-cuenca	27
Figura 13. Tipos y grados de erosión que se presentan en el área de estudio	29
Figura 14. Tipos de vegetación de la sub-cuenca de Otumba	34
Figura 15. Familias más representativas del área de estudio y su participación en la composición de la flora de la localidad	35
Figura 16. Excreta de <i>Canis latrans</i> (Coyote)	41
Figura 17. Excreta de <i>Urocyon cinereoargenteus</i> (Zorra gris)	41

Figura 18. Madriguera de <i>Thomomys</i> sp. (Tuza)	41
Figura 19. Huella de <i>Lynx rufus</i> (Gato montés)	41
Figura 20. Huella de <i>Didelphis virginiana</i> (Tlacuache)	41
Figura 21. <i>Peromyscus boylii</i> (Ratón orejón)	41
Figura 22. Composición porcentual de la fauna de vertebrados registrada en la sub-cuenca de Otumba	42
Figura 23. Población total por municipio de acuerdo a los censos 2000 y 2005	43
Figura 24. Densidad de población en los diferentes municipios	43
Figura 25. Gráfica donde se compara la población económicamente activa de 1990 y 2000 en toda la sub-cuenca	44
Figura 26. Gráfica que muestra el número de viviendas por municipio	45
Figura 27. Gráfica donde se observa el cubrimiento de servicios básicos por municipio	45
Figura 28. Volumen de aguas residuales vertidas a cuerpos receptores de agua (millones de metros cúbicos)	46
Figura 29. Oferta y demanda de agua potable en litros por segundo (l/s)	46
Figura 30. Pirámide de la Luna	49
Figura 31. Uso de suelo y vegetación 1982	50
Figura 32. Mapa de uso actual del suelo de la sub-cuenca de Otumba	51
Figura 33. Comparación del uso de suelo en 1982 y estado actual representados en porcentaje	52
Figura 34. Mapa relación de la cobertura natural/antrópica	56
Figura 35. Asociación entre el valor $R_n$ y el tipo de patrón de arreglo que presentan las poblaciones	57
Figura 36. Acciones responsables de los impactos positivos en la zona	62
Figura 37. Acciones responsables de los principales impactos ambientales negativos en la zona de estudio	62

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio es el de elaborar un diagnóstico ambiental con el fin de evaluar la situación que tienen los recursos naturales de la sub-cuenca de Otumba e identificar los principales problemas ambientales, dimensionarlos en espacio y tiempo, con el propósito de generar un marco de referencia actualizado que sirva de consulta para la toma de decisiones. La metodología aplicada fue dividida en tres fases: a) revisión documental; b) verificación de campo; c) trabajo de gabinete (elaboración de cartografía temática y análisis de información. Entre los principales productos del presente trabajo está la elaboración de 13 mapas temáticos de acuerdo a lo anterior se trazaron y digitalizaron mapas de: clima, litología, geomorfología, altimetría, pendientes, hidrografía, edafológico, uso de suelo y vegetación de los años 1982 y 2000; cobertura antrópica-natural y división política. La sub-cuenca Otumba comprende una superficie de 280 km<sup>2</sup>, se localiza al Nor-Este del Estado de México; incluye cinco municipios: Axapusco, Otumba, San Martín de las Pirámides, San Juan Teotihuacán y Tepetlaoxtoc. En general el clima que predomina el área es templado seco; la cuenca presenta una geomorfología típica de los paisajes volcánicos; se trata de un altiplano interrumpido por elevaciones representado por una diferencia altitudinal entre los 2200 y 3000 msnm. Se identificaron cuatro unidades de suelo: Durisol, Cambisol, Leptosol y Vertisol, siendo la primera la que mas superficie cubre. Se reconocieron cinco tipos de vegetación: Bosque de Pino-Encino, Matorral Xerófilo y de Encino, Pastizal y Vegetación secundaria, se registraron un total de 145 especies vegetales siendo la familia Asteraceae la de mayor dominancia. La fauna de vertebrados estuvo representada por un total de 75 especies; aves (59%), mamíferos (28%), reptiles (12%) y anfibios (1%). En la región existen dos áreas naturales protegidas, las cuales carecen de un plan de manejo, también se tiene una zona arqueológica (Teotihuacán). La mayoría de los Municipios que conforma la sub-cuenca son de condición rural, el uso de suelo que predomina es el agrícola con 141,702.89 km<sup>2</sup>, entre los principales cultivos destacan: nopal de verdura, tuna blanca, maíz, cebada, avena y maguey. Como resultado del índice de antropización se obtuvo que tres cuartas partes del territorio estudiado ha sido modificado e impactado por las actividades humanas y sólo un cuarto de la superficie presenta la cobertura natural. La contaminación del agua se origina por el vertimiento de aguas residuales a los arroyos. Se identificaron y evaluaron los impactos ambientales de acuerdo con la matriz de Leopold modificada, detectando un total de 135 impactos (109 negativos, 26 positivos). Las actividades generadoras de impactos negativos se asocian con los asentamientos humanos (urbanos y rurales), vías de comunicación, la contaminación por desechos sólidos municipales, la agricultura y minería. Como se demuestra en el presente trabajo, todavía existe una gran riqueza de flora y fauna, por otra parte son pocas las áreas con problemas severos de erosión del suelo. Sin embargo las presiones sobre los recursos naturales se han incrementado y de no tomarse las medidas adecuadas para controlar y mitigar los problemas ambientales, se evidencian tendencias de deterioro sobre la calidad del ambiente, afectando en un futuro próximo el bienestar de la población y la sustentabilidad de los recursos regionales. Por último debido a sus componentes florísticos, faunísticos y beneficios ambientales, se sugiere declarar como Área Natural Protegida al Cerro Cuichi.



## I INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la preocupación por los problemas ambientales ha crecido como consecuencia de un deterioro acelerado de la calidad de vida de millones de mexicanos. Después de muchas décadas de explotación intensa y acelerada de los recursos naturales, nuestro territorio muestra grados significativos de perturbación en los ecosistemas que lo componen (SEDUE, 1986).

Las modalidades que el hombre impone al uso de los recursos naturales están determinadas por el medio geográfico natural, en la medida en que de él se obtienen en principio todas las materias primas para la producción de bienes materiales; y por las condiciones políticas, económicas y sociales, ya que ellas establecen las relaciones y formas específicas de producción. El conocimiento de estos dos grandes marcos de acción es necesario para poder plantear qué recursos hay en la naturaleza susceptibles de ser aprovechados, cuáles requieren ser protegidos y en su caso, cuáles son las condiciones políticas, económicas y sociales que el hombre tienen para poder obtener satisfactores de los recursos que la naturaleza ofrece (INEGI, 2001).

La enorme diversidad biológica de México no ha correspondido hasta ahora, con el aprovechamiento más adecuado de sus ecosistemas, recursos naturales, especies silvestres de flora y fauna y protección de acervos genéticos y funciones ecológicas. Tradicionalmente, esta gran riqueza natural ha sido en algunos casos sobre explotada y en otros desaprovechada, perdiéndose así oportunidades presentes y futuras de desarrollo rural regional ligadas a la conservación y utilización sustentable de la misma (INE, 1997).

México debe contar con más y mejor información sobre las necesidades de desarrollo de la capacidad relacionada con los aspectos ambientales, de hecho debe haber prioridad para el desarrollo de la capacidad de gestión ambiental en nuestro país; la cual vincula entre sí los ámbitos natural social e institucional del desarrollo, para identificar los conflictos inherentes a las relaciones entre ellos, y conducir el proceso hacia metas sostenibles. La gestión ambiental es una herramienta útil que sigue un proceso para lograr la sustentabilidad en el uso adecuado de recursos naturales y que toda la industria por muy pequeña que sea debe realizar en la actualidad; porque tan importante es obtener productos de buena calidad como cuidar, mantener y respetar el medio ambiente. Los municipios en el país necesitan atención inmediata ya que se les considera las células de la organización política en México; la gestión ambiental municipal no ha logrado consolidarse, debido a la escasez de recursos humanos, técnicos y financieros, el incipiente desarrollo de sus estructuras administrativas y a las limitaciones del marco jurídico (Delgado y Rodríguez, 1996).

Esto sugiere la necesidad de desarrollar una metodología e implementar un sistema integrado y compatible que permita sintetizar datos y estadísticas, identificar lagunas de información y obtener indicadores e índices que faciliten y promuevan los usos secundarios de la información ambiental para la toma de decisiones (Wingrad *et al.* 1995). Con respecto a este punto se deben proponer alternativas que se encuentren dentro de

un marco de desarrollo sustentable, que permita satisfacer las necesidades de la sociedad actual, sin sacrificar las posibilidades de las futuras generaciones para satisfacer las suyas (ONU, 1988).

Un diagnóstico ambiental es un componente del ordenamiento ecológico que busca comprender e interpretar los procesos ecológicos, mediante la caracterización del medio físico, biótico y de infraestructura social. En la caracterización de los ecosistemas se resumen las características físicas, bióticas y sociales de los sistemas ecológicos de la región, con el fin de determinar su aptitud natural y su funcionabilidad (SERCITEC y Geingeniería, 2002).

La evaluación, o el diagnóstico, ambiental se apoya sobre datos temáticos físicos, químicos y biológicos que describen el "ecosistema" y sobre datos temáticos relativos a los usos y las actividades humanas de un territorio. Toda esta información es procesada para crear nuevos elementos de información sintéticos, comúnmente llamados indicadores.

Por otra parte el diagnóstico ambiental también es una herramienta fundamental para el manejo de las cuencas hidrológicas. Las cuencas son unidades naturales que contienen un cúmulo de recursos que interactúan como un sistema integral limitado naturalmente por el parteaguas, en todas ellas hay un funcionamiento común donde las entradas y salidas de agua y/o energía dependen de los componentes naturales como clima, topografía, suelo, vegetación, fauna y los componentes no naturales como de uso del suelo y el desarrollo de la comunidad humana.

En los 80's y 90's se iniciaron trabajos tendientes a considerar la cuenca como una unidad de manejo, es decir se vierten conceptos como el uso de recursos de vegetación forestal y cultivada, manejo del suelo y agua y uso ganadero (Gómez-Tagle y Chávez, 2002).

## **II JUSTIFICACIÓN**

Entre los principales problemas de México en este siglo XXI están el incremento de la pobreza, la desigualdad social, el calentamiento global y la crisis ambiental derivada del mal manejo de los recursos y el uso inadecuado del suelo, esto ha ocasionado que de acuerdo a la información proveniente del Inventario Nacional Forestal (INF, 2000), se sabe que cerca de la mitad del territorio nacional ha sido afectada severamente por las actividades humanas, esta situación se ha agravado en las últimas décadas, por eso es necesario contar con datos y estadísticas actuales que reflejen fidedignamente la situación ambiental actual de cada cuenca o región del país.

Por lo tanto, el presente trabajo se enfoca en hacer un diagnóstico de la situación que tienen los recursos naturales de la sub-cuenca de Otumba para identificar los principales problemas ambientales, dimensionarlos en espacio y tiempo, para poder buscar alternativas de manejo para el desarrollo de la comunidad dentro de un marco de sustentabilidad del ecosistema.

### III MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Los diagnósticos ambientales

En México, la planeación territorial se inicia con la publicación en 1976 de la Ley General de Asentamientos Humanos. En concordancia con esta ley se crea la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP), instancia a la que se asignó la tarea de planear y normar el desarrollo urbano-regional, el uso y conservación de los recursos naturales y la infraestructura (PMOET, 2005).

Reseña histórica del surgimiento de la planeación en México

- Planificación económica (-1940)
- Planificación por cuencas (-1960)
- Planificación Urbana (-1970)
- Planificación con enfoque ambiental (a partir 1980)
  - Integración de componente ecológico
  - Integración del concepto de sustentabilidad
  - Formulación del concepto de OET

El concepto de *ordenamiento ecológico* se incluyó por primera vez en 1982 en la Ley Federal de Protección al Ambiente. En 1983 se incorpora el ordenamiento ecológico al Plan Nacional de Desarrollo 1983-1988 y se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), la que concentraría las atribuciones tanto del ordenamiento ecológico (incluyendo aspectos de flora y fauna) como del territorial (relacionado con los asentamientos humanos), la infraestructura y las obras públicas.

Los diagnósticos ambientales a nivel municipal como parte de los ordenamientos tienen como principal objetivo identificar las relaciones y los procesos que determinan la existencia de conflictos territoriales en los municipios, que justifican la definición de áreas para la protección y la conservación y que identifican áreas con aptitud para el desarrollo de las actividades humanas. En esta etapa se trata de determinar las condiciones en que se encuentra el territorio municipal y a qué se deben (SEMARNAT y SEDESOL 1995); asimismo los diagnósticos deben:

1. Identificar las áreas que por su condición, relevancia ambiental o importancia cultural requieren ser protegidas, conservadas o restauradas.
2. Definir las áreas con aptitud territorial para el desarrollo sustentable de los sectores productivos y de los asentamientos humanos.
3. Analizar los conflictos territoriales derivados de la concurrencia espacial de programas y proyectos.
4. Identificar zonas críticas con base en las condiciones demográfico-sociales, económico-productivas y urbano-regionales al interior del territorio y expresarlas cartográficamente.

5. Determinar la relación funcional del territorio y de los asentamientos humanos con su entorno.
6. Determinar las zonas de riesgo asociadas con la presencia de amenazas naturales y antropogénicas en la región.
7. Analizar el papel que desempeñan y deberían desempeñar los actores relevantes para el proceso de ordenamiento de la región.
8. Evaluar el marco jurídico-administrativo necesario para la instrumentación del ordenamiento en el municipio (SEDESOL, 2005).

### 3.1.1 La Importancia de los Diagnóstico Ambientales

El contexto en que se desarrolla esta propuesta metodológica, resulta de considerar las entidades locales actuales, ya que es necesario contemplar el medioambiente desde una visión amplia de su problemática y que se integre en el entrelazado (transversalidad) de las diferentes políticas sectoriales locales. Enfatizando la consideración del sistema local como una unidad compleja, en la cual los recursos naturales aparecen en interacción con el desarrollo cultural, social y económico de los ciudadanos (MIGAM, 2004).

El Diagnóstico Ambiental está constituido por un conjunto de estudios, análisis y propuestas de actuación y seguimiento que abarcan el estado ambiental en todo el ámbito territorial local.

Para que el Diagnóstico Ambiental no se reduzca a un mero inventario de datos sin valor operativo, se entiende que el proceso debe incluir una propuesta realista de acciones de mejora que resuelva los problemas diagnosticados y un sistema de parámetros que permitan su medición, control y seguimiento. La determinación clara y el liderazgo del proceso por parte de los representantes políticos, constituye un elemento esencial en su desarrollo (MIGAM, 2004).

La realización de un Diagnóstico Ambiental ofrece:

- El conocimiento del estado ambiental de territorio a evaluar a partir del cual podemos definir una correcta política ambiental que haga posible el desarrollo sostenible de los recursos.
- La identificación de aquellas incidencias ambientales que afectan a la Entidad Local, con el objetivo de subsanarlas.
- Conocer el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- Proporcionar a la Entidad local un punto de arranque para la ejecución y establecimiento de actuaciones ambientales en el territorio (proyectos, estudios, organización interna).

El Diagnóstico Ambiental tiene como objetivo el conocimiento de la situación actual de los factores ambientales, socioeconómicos y organizativos del área propuesta.

El uso de esta herramienta pretende ofrecer una primera panorámica sobre el estado ambiental del municipio así como la identificación de los puntos sobre los cuales será necesario actuar en el Plan de Acción Ambiental (MIGAM, 2004).

La cuenca hidrográfica es la entidad territorial más adecuada y más ampliamente aceptada en el mundo para estudiar, planear y ejecutar proyectos y políticas sobre manejo ambiental (Walker *et al.* 2002). El carácter de integralidad e interconectividad espacial del funcionamiento hídrico de la cuenca hidrográfica, permite proyectarla y utilizarla como una entidad óptima para la planeación de los recursos naturales que se encuentran en su territorio (Garrido *et al.* 2007).

Utilizar a la cuenca hidrográfica como unidad de análisis y de planeación no sólo brinda la oportunidad de manejar los recursos naturales dentro de un contexto geográfico óptimo, sino que también posibilita la caracterización de las dinámicas socioeconómicas en un contexto de cuencas, permitiendo establecer relaciones más precisas sobre la forma en que estas dinámicas han impactado dichos recursos (Garrido *et al.* 2007).

### **3.2 La cuenca hidrológica como unidad natural de estudio para el diagnóstico**

El estudio y manejo de cuencas hidrológicas es una disciplina de gran trascendencia a todos los niveles. Como unidades naturales las cuencas contienen un cúmulo de recursos que interactúan como un sistema, es decir sus entradas y salidas de agua y/o energía dependen de los componentes naturales como clima, topografía, suelo, vegetación, fauna y los componentes no naturales como de uso del suelo y el desarrollo de la comunidad humana.

"Cuenca es un área geográfica delimitada por un parteaguas cuyo drenaje es común", en este caso el énfasis se hace en que la cuenca tiene una elevación (cadena de montañas o montes) que le rodea dividiendo el drenaje del agua en dos porciones hacia adentro y hacia fuera de esta. Esta zona finalmente tiene una corriente colectora común.

El manejo de cuencas hidrográficas en México desde el punto de vista operativo ha pasado por varias fases, en el presente resumen se exponen los grandes enfoques a partir de 1917, tomándose esto como la época actual.

Esta primera fase abarcó los estudios y trabajos que se iniciaron hacia 1917, cuando se formaron las Comisiones de la Cuenca del Río Grijalva, la del Río Tepalcatepec, la del Río Papalopan y otras dependientes de la Comisión Nacional de Irrigación posteriormente Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Esta fase tuvo como enfoque principal realizar obras de ingeniería civil como grandes presas y el desarrollo regional con infraestructura en las poblaciones como escuelas, caminos, áreas de riego, etc.

Posteriormente hacia los 70's se inician estudios desde el concepto en el que se considera importante el control de la erosión del suelo y el diseño y construcción de obras de conservación para detener el proceso. Bajo este enfoque se trabaja la cuenca del Río San Buenaventura, D.F., las cuencas de los ríos de Oriente del Lago de Texcoco, México, el Alto Río Lerma, la zona de la Serranía del Ajusco, D.F. y la Mixteca Oaxaqueña entre otras. En estos casos debido al avance de la degradación del suelo en el país, el principal foco de ataque es la erosión controlada por presas de gaviones, reforestación, terrazas, etc. (Gómez-Tagle y Chávez 2002).

### 3.2.1 Componentes de una cuenca hidrográfica

Los componentes principales que determinan el funcionamiento de una cuenca son los elementos naturales y los de generación antrópica. Dentro de los naturales tenemos los componentes bióticos como el hombre, la flora y la fauna; y los componentes abióticos como el agua, el suelo, el aire, los minerales, la energía y el clima. Los elementos de generación antrópica, o generados por el hombre, pueden ser de carácter socioeconómico y jurídico-institucional. Entre los primeros tenemos la tecnología, la organización social, la cultura y las tradiciones, la calidad de vida y la infraestructura desarrollada. Entre los elementos jurídico-institucionales tenemos las políticas, las leyes, la administración de los recursos y las instituciones involucradas en la cuenca. Los componentes abióticos y bióticos están condicionados por las características geográficas (latitud, altitud), geomorfológicas (tamaño, forma, relieve, densidad y tipo de drenaje), geológica (orogénicas, volcánicas y sísmicas) y demográficas.

En su evolución y búsqueda de la satisfacción de sus necesidades, el hombre origina los elementos antrópicos al reconocer y aprovechar los elementos de la oferta ambiental para satisfacer sus necesidades; aquellos elementos se vuelven recursos. Consecuentemente, el aprovechamiento de estos recursos produce impactos que pueden ser benéficos o nocivos<sup>1</sup>.

### **3.3 Los Sistemas de Información Geográfica como herramienta, instrumento metodológico de integración y evaluación**

En los últimos 20 años las ciencias biológicas y medioambientales han tenido una revolución en lo que se refiere a las herramientas que utilizan para adquirir y analizar los datos requeridos para sus estudios. Esto ha sido posible a causa del avance en las tecnologías de la comunicación e informática, que permiten manejar mayor cantidad de datos y más complejos, los cuales pueden ser analizados rápidamente. Junto a estas tecnologías se han implementado instrumentos como los registradores de datos, así como los paquetes estadísticos. El resultado de este tipo de herramientas es la creación y la aceptación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como un instrumento invaluable para los biólogos (Johnson, 1990).

La utilidad principal de un Sistema de Información Geográfica radica en su capacidad para construir modelos o representaciones del mundo real a partir de las bases de datos digitales y para utilizar esos modelos en la simulación de los efectos que un proceso de la naturaleza o una acción antrópica produce sobre un determinado escenario en una época específica. La construcción de modelos constituye un instrumento muy eficaz para analizar las tendencias y determinar los factores que las influyen así como para evaluar las posibles consecuencias de las decisiones de planificación sobre los recursos existentes en el área de interés (Gutiérrez y Gould 1994).

#### IV ANTECEDENTES

García en el 2001, Realizó un Diagnóstico Ambiental de la comunidad de San José Deguedo, Estado de México en el cual reportó alternativas de aprovechamiento de los recursos naturales.

Rodríguez también en el 2001, diagnóstico y evaluó los componentes físicos, bióticos y definió unidades ambientales de manejo, en función de los impactos y efectos sobre los recursos naturales provocados por la actividad humana en Tlahuac, D.F.

En el 2002 Quiroz, efectuó un trabajo que tuvo como objetivo la elaboración del Diagnóstico Ambiental del Municipio de Tultitlán, formulando acciones específicas para restaurar y proteger al ambiente basándose en la problemática existente en éste.

En el mismo año Concepción y Corbello reportaron un Diagnóstico Ambiental de la Laguna de Alvarado Veracruz, con el propósito de reconocer las principales actividades que pueden influir sobre los elementos ambientales de la laguna.

También en el 2002, Landa R y Neri C. Elaboraron un Diagnóstico socioambiental el cual permitió analizar las condiciones de vulnerabilidad y las posibilidades de adaptación regional y diseñaron orientaciones para enfrentar el cambio climático, entre el que destacan la necesidad de usar la información climática y de incorporar en los planes de desarrollo las medidas ya conocidas por los pobladores para adaptarse a las condiciones variantes del clima.

En el 2004, Navarro también realizó un Diagnóstico Ambiental del Municipio de Coyotepec. Estado de México, con el objetivo de estudiar las relaciones de la comunidad con sus recursos naturales, analizando el estado actual de sus recursos y conociendo las principales causas y efectos que lo generan.

Arellano y Romero 2005, hicieron un Diagnóstico Ambiental la Subcuenca de Perote-Libres enfocándose principalmente a los recursos agua, suelo, vegetación y fauna.

Jiménez, en el 2006, hace un Diagnóstico Ambiental de la zona costera del puerto de Veracruz y áreas adyacentes, en el la cual describió los subsistemas naturales, socioeconómicos y productivos de la ciudad de Veracruz.

Almazán *et al.* 2007 como parte de un ordenamiento territorial del estado de Guerrero que actualmente se está elaborando, hacen la caracterización y diagnóstico de la cuenca baja del río Papagayo cubriendo una superficie de 122, 688 ha y comprendiendo parte de cuatro municipios: Acapulco, San Marcos, Juan R. Escudero y Tecoaapa.

Garrido *et al.* 2007, publican un diagnóstico socio ambiental de las grandes cuencas de México, con el propósito de tener un panorama geográfico general hacia dónde y en qué



orden de importancia deben encaminarse los esfuerzos en materia de manejo integral de cuencas, con énfasis en la conservación de sus recursos, y por ende, en el diseño y mejoramiento de la política ambiental del país.

## **V OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo General**

Realizar un Diagnóstico Ambiental de la sub-cuenca de Otumba, en el Estado de México, para identificar los principales problemas ambientales y proponer algunas estrategias y acciones que contribuyan a reducir los impactos adversos socioambientales identificados.

### **5.2 Objetivos Particulares**

- Caracterizar a la sub-cuenca desde la perspectiva geomorfológica e hidrológica así como los demás componentes del medio físico.
- Caracterizar el medio biótico, socioeconómico y los paisajes en su conjunto de la sub-cuenca.
- Evaluar el estado que tienen los recursos bióticos.
- Identificar y evaluar las principales actividades antropocéntricas generadoras de impacto y las fuentes de degradación y contaminación ambiental.
- Proponer algunas medidas de mitigación acordes a la problemática existente en la sub-cuenca de Otumba, dentro del marco de la sustentabilidad.

## VI ÁREA DE ESTUDIO

La sub-cuenca de Otumba pertenece a la gran cuenca de Texcoco; en donde el área de estudio comprende una superficie aproximada de 280 km<sup>2</sup>, se localiza en la porción Nor-Este del Estado de México e incluye a los Municipios de Axapusco en el Norte, Tepetlaoxtoc al Sur, San Martín de las Pirámides al Oeste, Teotihuacán al Sur-Oeste; el municipio de Otumba ocupa una posición central. Esta sub-cuenca colinda con el Estado de Hidalgo al este y con el Estado de Tlaxcala al Sureste; las coordenadas extremas son: máximas 19° 42' 55" latitud Norte y 98° 49' 00" longitud Oeste; mínimas 19°35' 37" latitud Norte y 98°38' 48" longitud Oeste (Fig. 1). La altitud a la que se encuentra va desde los 2200 msnm en lo que corresponde a la planicie y hasta 3000 msnm en la zona montañosa.

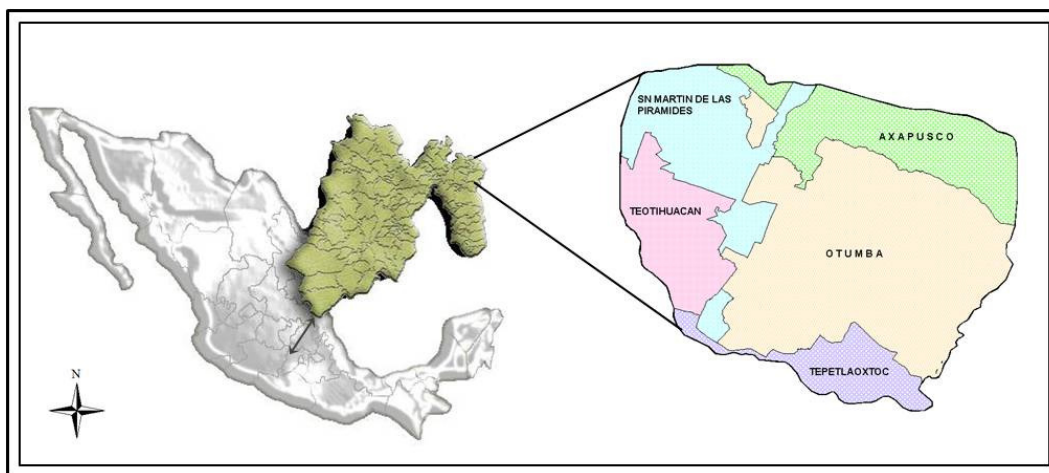


Figura 1. Localización del área de estudio

### 6.1 Fisiografía

La zona de estudio se encuentra inmersa en la Provincia Fisiográfica del eje Neovolcánico particularmente en la Subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac. La sub-cuenca de Otumba es una zona semiárida con paisajes volcánicos y se encuentra constituida por dos grandes geofomas: las planicies y depresiones en la porción centro y un sistema montañoso hacia el Sur (INEGI, 2001). De acuerdo a la Regionalización Ecológica; la sub-cuenca pertenece a la Zona Templada y a la Provincia Ecológica núm. 57, Lagos y Volcanes de Anáhuac (SEDUE, 1986).

### 6.2 Geología

Las rocas de la sub-cuenca, son de origen ígneo o volcánico que pertenecen a la Época del Plioceno-Holoceno, de la Era Cenozoica y al Periodo Cuaternario con una edad comprendida entre 37 y 10 millones de años (GEM, 1993). El Cerro Gordo es la estructura más joven y constituye el tipo más característico de un volcán moderno. Éste surgió a partir de la formación de dos volcanes del Pleistoceno y por lo menos tuvo dos etapas de

actividad hasta su colapso. El volcán tiene flujos hídricos superficiales que forman un drenaje radial y debido a la topografía y a las abundantes fallas funcionan geohidrologicamente como una zona de recarga natural y no de extracción (SEGEM, 2001). Además de las rocas volcánicas, también hay algunas zonas con rocas sedimentarias del tipo de las areniscas y aluviones.

El perfil litológico se compone del grupo de rocas ígneas de tipo: toba basáltica en las planicies, colinas y en la parte Centro y Norte, En las serranías y estribaciones de los cerros de Mesas Guerrero, la Bateas y Mesas Quebradas la roca dominante es la brecha volcánica basáltica, en la porciones de menor altitud donde antiguamente eran pequeños lagos se encuentran aluviones lacustres que son el resultado del acarreo y arrastre de sedimentos finos transportados por las corrientes (INEGI, 2001). Las principales litologías se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de la litología superficial de la sub-cuenca de Otumba

Tipo		Descripción	Localidades
Rocas Ígneas Extrusivas	Toba basáltica	Está formada por la acumulación de cenizas u otros elementos volcánicos muy pequeños expelidos por los respiraderos durante una erupción volcánica	Se localiza en las zonas montañosas y abarca el 20% aproximadamente de la superficie del Municipio de Axapusco y en el caso de Otumba se encuentran en la parte centro y norte del Municipio
	Brecha Volcánica	Está constituida por una acumulación de fragmentos de roca volcánica, que han sido cimentadas por la lava	Ocupan el 6% de la superficie de Axapusco aproximadamente, se localiza en las zonas más altas de las elevaciones montañosas y en Otumba presentan pendientes mayores al 15%
	Aluvión	Son el resultado del acarreo y arrastre de materia orgánica y partículas, cuya composición presenta condiciones favorables para la agricultura	Se localiza en los lomeríos de la parte Centro-Norte de Otumba
	Arenisca	Es una roca de origen sedimentario, de color amarillo y anaranjado, que contiene clastos de tamaño de la arena	Principalmente en zona de bajas pendientes al Norte de Axapusco, Tetepantla y San Miguel Ometusco así como en la cabecera Municipal

Fuente: GEM, 2003

### 6.3 Edafología

De acuerdo a (INEGI, 1982), dentro de la sub-cuenca se encuentran cuatro unidades de suelo:

- Feozem, que son suelos que se distinguen por ser fértiles están formados por un horizonte superficial rico en materia orgánica, el suelo es granular, suave, de pH neutro y rico en bases.
- Litosoles, suelos poco profundos a veces pedregosos, normalmente asociados a serranías y mesas basálticas.
- Cambisol, suelos con inicio de formación de un horizonte arcilloso (B), horizonte A oscuro rico en materia orgánica, no muy profundos, pedregosos asociados a sierras de mayor altitud.
- Vertisol, suelos muy arcillosos, con coloraciones grises, son duros cuando están secos y masivos en húmedo, son fértiles pero difíciles de labrar, con drenaje lento y con riesgo de inundaciones ya que normalmente están en zonas bajas.

### 6.4 Hidrografía

La zona de estudio forma parte de la Región Hidrológica RH26 Alto Pánuco, dentro de la Cuenca Hidrológica (D) del Rio Moctezuma, Subcuenca (PL) Lagos Texcoco y Zumpango (INEGI, 2001). La sub-cuenca carece de recursos acuíferos, no existen ríos con cauce permanente, sólo en tiempo de lluvias se cuenta con algunas corrientes intermitentes que corren en algunas de las barrancas, tal es el caso de los arroyos. Toda la red fluvial descarga hacia la cuenca endorréica de Texcoco (GEM, 2003).

### 6.5 Clima

El clima de un área está determinado por la temperatura, la cantidad de lluvia y la evapotranspiración, a su vez estos factores están determinados por una serie de elementos geográficos dentro de los cuales destacan por su importancia, la latitud y la altitud (Díaz y Plascencia 1997).

En general en el área domina el clima C (W<sub>o</sub>) b (e) g, que es templado subhúmedo, con lluvias en verano, el cociente P/T menor de 43.2, la lluvia invernal está entre 5% y 10.2% de la precipitación actual anual, con verano fresco y largo (temperatura del mes más caliente inferior a 22°C). Asimismo se encuentra el clima BS<sub>1</sub>k'w (w) (i) g, que es seco, templado con verano cálido, la temperatura media anual entre 12 y 18°C y la del mes más frío entre -3 y 18°C, la del mes más caliente superior 18°C con lluvias en verano y una oscilación térmica menor de 5°C (García, 1981).

La escasa precipitación en la región se debe fundamentalmente a dos factores; por un lado a la barrera que la Sierra Madre Oriental de donde provienen los vientos alisios del Golfo de México y segundo, al efecto de sombra orográfica que la Sierra de Pachuca ejerce sobre la parte septentrional de la cuenca de México (García, 1968).

## 6.6 Flora

El tipo de vegetación que se desarrolla en la región está representado por Matorral Xerófilo, Chaparral, Pastizal y en las zonas montañosas está presente el Bosque de Encino, Bosque de Pino y Bosque cultivado. El Matorral Xerófilo es la comunidad vegetal más extendida en el área, se encuentra en todos los terrenos montañosos, lomeríos y planicies hasta una altitud de 2750 msnm aproximadamente. El matorral de encino o chaparral ocupa una posición intermedia entre Matorral Xerófilo y el Bosque de Encino. Los pastizales secundarios son producto de la perturbación de las actividades humanas (incendios forestales, pastoreo y aclareo de terreno (GEM, 2003). Castilla y Tejero en 1987, realizaron un estudio de la flora y vegetación del Cerro Gordo al Norte de San Juan Teotihuacán en donde describen diferentes comunidades vegetales (matorral de encino, xerófilo, pastizal vegetación antropógena).

## 6.7 Fauna

La fauna silvestre está representada por distintas especies de mamíferos, aves, reptiles y anfibios restringidos en las áreas no perturbadas de los bosques, pastizales y matorrales existentes. La mayoría de los mamíferos son de talla pequeña y mediana entre los más frecuentes se pueden observar ardillón, armadillo, cacomixtle, comadreja, conejo, gato montés, murciélago, ratón de campo, tuza, zorra gris, entre otras (GEM, 2005).

En cuanto a las aves son notables: el aguililla colirroja, azulejo, calandria, cardenalito, carpintero, cernícalo, correcaminos, cuitlacoche, entre otras. De la herpetofauna particularmente de los anfibios destacan la ranita gris, la ranita verde, el sapito excavador y el sapo. Respecto a los reptiles sobresalen: lagartijas de distintas especies (*Sceloporus spinosus*, *S. grammicus* *S. torcuatus* y *S. scalaris*), camaleón, culebra escavadora, cincuate, culebra de agua, culebrilla y víbora de cascabel entre otras (GEM, 2005).

## **VII METODOLOGÍA**

### **7.1. Revisión Documental**

Se realizó una recopilación de información relacionada con el área de estudio, para esto se consultaron libros, artículos, tesis, cartografía temática y de anuarios estadísticos de diferentes años del INEGI.

Para delimitar la sub-cuenca se tomó como base la carta topográfica esc. 1:50 000, (INEGI, 1998), con el fin de establecer los límites naturales (parteaguas). Posteriormente se trazó toda la red fluvial (escurrimientos, arroyos y ríos). Sobre la carta base se identificaron, clasificaron y delinearón las principales formas del relieve, siguiendo la metodología propuesta por García y Lugo (2004), donde se analizó la configuración y comportamiento de las curvas de nivel relacionándolas con la carta geológica para conocer el origen de las formas de relieve.

Para identificar el uso de suelo, se revisaron las cartas de uso de suelo a diferentes escalas y distintos años (1982 y 2000), también se hizo una fotointerpretación sobre aerofotos B/N del INEGI, con el fin de identificar y evaluar los distintos usos del suelo que se presentan dentro de la sub-cuenca. Así mismo, se identificaron los principales problemas ambientales (mal uso del suelo, erosión, contaminación, fragmentación de la vegetación, impacto sobre el paisaje por las actividades humanas, etc.).

Además se hizo una revisión bibliográfica del medio biótico y socioeconómico partiendo de la información existente en publicaciones de los municipios mencionados, entrevista formal y abierta con los pobladores y observaciones participativas. La evaluación de los recursos naturales se hizo con entrevistas etnobotánicas y etnozológicas a los pobladores. Para la descripción del medio socioeconómico se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de los antecedentes históricos y culturales y de las condiciones sociales de los municipios comprendidos dentro de la sub-cuenca, mediante la consulta del Anuario Estadístico del Estado de México, (INEGI, 2003), publicaciones etnográficas antropológicas y de información directamente recabada por los municipios.

La evaluación del suelo se realizó consultando la carta edafológica del INEGI (1982) donde se identificaron las principales limitantes productivas del suelo y factores de degradación.

### **7.2 Verificación de campo**

Se efectuaron 5 salidas a campo en las diferentes estaciones del año a diversos sitios de interés seleccionados previamente en las cartas temáticas y en las fotografías aéreas o por su accesibilidad.

La evaluación de la fauna se enfocó a los vertebrados, se elaboraron listados de la fauna característica de la zona. Esta descripción no intentó ser un inventario exhaustivo, es solo para reportar la situación del recurso faunístico.

Se abordaron los aspectos que a continuación se detallan:

#### 7.2.1 Suelo

Para el suelo se realizó un muestreo exploratorio donde se tomaron muestras (Ortíz y Cuanal, 1981), de perfiles representativos en diferentes zonas las muestras se analizaron en el laboratorio de Edafología de la Unidad de Biología y Prototipos de la FES-Iztacala, esto para identificar los tipos de suelo y cotejarlos con la información de la carta edafológica del INEGI.

#### 7.2.2 Vegetación

Se elaboraron registros florísticos representativos del área de estudio mediante la colecta de ejemplares botánicos de las especies presentes de acuerdo con los métodos propuestos en Lot y Chiang (1986).

Las plantas se determinaron y compararon en el herbario de la FES-Iztacala por medio de claves especializadas: Kearney y Peebles (1960); Bravo-Hollis (1978) y Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada (1991) y Rzedowski (1978). En el listado de plantas se respetó el nombre y clasificación de las plantas de los autores mencionados. La lista se colocó en orden filogenético.

#### 7.2.3 Anfibios y reptiles

Para los anfibios y reptiles, el registro de información se obtuvo mediante la observación directa y colecta; la colecta diurna se hizo en forma manual en el caso de lagartijas, así mismo se examinaron las madrigueras grandes de paredes verticales y sitios como zanjas (Llorente, 1990). Por otro lado, se realizaron entrevistas con la gente del lugar, mostrando fotografías de guías de campo (Behler y King 1995) para corroborar e incrementar el conocimiento sobre las especies que son comunes en la zona, y rectificar en el trabajo de gabinete con descripciones de otras fuentes (Casas y McCoy, 1979; García y Ceballos (1992).

#### 7.2.4 Aves

Para el registro de aves, se llevaron a cabo censos en las diferentes zonas del área de estudio, dichos censos se realizaron aplicando la técnica de transectos lineales (Emlen, 1971), cada transecto tuvo una longitud aproximada de un kilómetro y 100 mts de ancho. El horario en que se efectuaron fue de las 8:00 a 11:00 am y de las 16:00 á 18:00 hrs, principalmente en caminos de terracería o sitios abiertos. La identificación de las aves se efectuó con ayuda de binoculares y guías de campo (National Geographic Society, 1987; Peterson y Chalif, 1989); durante el desarrollo de los censos se tomaron los siguientes datos: especie, número de individuos, hora, actividad y otras observaciones, de utilidad. Con esta información se realizó el listado de especies, basándose en la clasificación propuesta por la Unión Americana de Ornitólogos (American Ornithologist`s Union, A.O.U., 2003).



### 7.2.5 Mamíferos

En cuanto al registro de mamíferos se utilizaron métodos directos (Gaviño y Juárez, 1974) y métodos indirectos (excretas y huellas) (Murie, 1974; Aranda, 1980), los primeros se emplearon para la captura de organismos. En el caso de roedores se utilizaron trampas de tipo Sherman de 28x8x9 cm en 3 ocasiones (verano e invierno).

Para determinar el estatus de la flora y fauna de las especies determinadas se cotejó con la NOM-059 SEMARNAT-2001.

### 7.3 Trabajo de Gabinete

Para hacer la representación gráfica de los recursos, se obtuvo la información temática requerida para los diagnósticos ambientales de acuerdo a lo establecido por la SEGEM (2000). Para esto se consultaron diversas fuentes y se levantó información directamente de los sitios. Con esta información se trazaron diferentes temas en una carta topográfica escala 1: 50,000 (INEGI, 1998) y se fotointerpretaron fotografías aéreas de la misma escala de los diferentes conceptos temáticos, siguiendo metodologías específicas para cada tipo de tema. Posteriormente con la ayuda de Sistema de Información Geográfica Arc-View 3.1 se pasaron a un formato digital. De acuerdo a lo anterior se trazaron, digitalizaron y editaron los siguientes mapas temáticos:

- a) Clima consultando la carta climática de SEEM (2000).
- b) Litología superficial tomada de la carta geológica (INEGI, 2001).
- c) Geomorfología, altimetría y pendientes elaborados de acuerdo a los criterios establecidos por Lugo (1986).
- d) Hidrografía (obtenido de la carta topográfica y de regiones y cuencas hidrológicas del INEGI 1998).
- e) Edafológico (obtenido de la carta edafológica del INEGI (1982), actualizado con muestreo y observaciones de campo.
- f) Uso del suelo y vegetación de los años 1982 y 2000 (tomados de fotografías aéreas del año de 1999 y de verificaciones de campo.
- g) Cobertura antrópica-natural (trazado de acuerdo al método establecido en el manual de Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial, 2004)
- h) División Política (trazado de la carta topográfica del INEGI 1998).

La identificación de impactos se realizó utilizando la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Ecología (INE), con el fin de proponer acciones y estrategias que contribuyeron a reducir los impactos identificados, este instituto desarrolló desde 1995 un grupo de indicadores ambientales bajo los criterios metodológicos emitidos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) que se conocen como el enfoque metodológico de Presión-Estado-Respuesta que es una herramienta analítica que trata de categorizar la información de los recursos ambientales a la luz de sus interrelaciones con la actividades socio-demográficas y económicas. Se basa en el conjunto de las siguientes interrelaciones: Las actividades humanas ejercen presión (P)

sobre el ambiente modificando con ello la cantidad y calidad, es decir, el estado (E) de los recursos naturales; la sociedad responde (R) a tales transformaciones políticas generales y sectoriales, tanto ambientales como socio-económicas, las cuales afectan y se retroalimentan de las presiones de las actividades humanas. (INEGI, 2000 y cuentas ambientales o indicadores ambientales. Para el reconocimiento y evaluación de los impactos ambientales se utilizó el método Matricial de Leopold (Leopold *et al.* 1971).

Una vez identificada la problemática ambiental, se ordenaron jerárquicamente los impactos de acuerdo a su prioridad de acción, tomando en consideración en primer lugar el daño a los seres humanos, en segundo a la infraestructura humana y en tercero los recursos naturales. Finalmente se propusieron algunas acciones a realizar para mitigar los impactos detectados. Así como un programa de seguimiento.

## VIII RESULTADOS - DISCUSION

### CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO-GEOGRÁFICO

#### 8.1 Situación política de la sub-cuenca y vías de comunicación

La sub-cuenca de Otumba, desde el punto de vista político incluye 5 municipios del Estado de México: Axapusco que proviene del idioma náhuatl *Axapochco*, de *atl*, agua y *xapochtli*, agujero cavado exprofeso para almacenar algo; esto es como jagüey, represa o aljibe, por lo que la definición oficial es: “en el aljibe de agua”. Otumba palabra de origen náhuatl que en la época prehispánica fue *Otompan*, que se compone de: *Otomitl* u *Oton*, “Jefe de Otomies”; *Pan*, “en”, “sobre”, o sea “Lugar de Otomies. San Martín de las Pirámides, es el nombre que oficialmente se le da al pueblo, en virtud de que la zona arqueológica Teotihuacana está ubicada dentro de su territorio. San Juan Teotihuacán, el significado de Teotihuacán se compone de *teolt*, “dios”; *hua*, posesivo, y *can*, “lugar”. Y significa: “Lugar de los que tienen dioses”; según la mitología náhuatl, representa el lugar en donde fueron creados el sol y la luna. Y Tepetlaoxtoc, que también proviene del náhuatl, y se refiere a lo que abunda en el lugar; *Tepetl*-Tepetate o estera de piedra, *Ozto*-Cueva o gruta y la partícula *C*-significa “en o lugar”, “En las cuevas de tepetate” (Fig. 2).

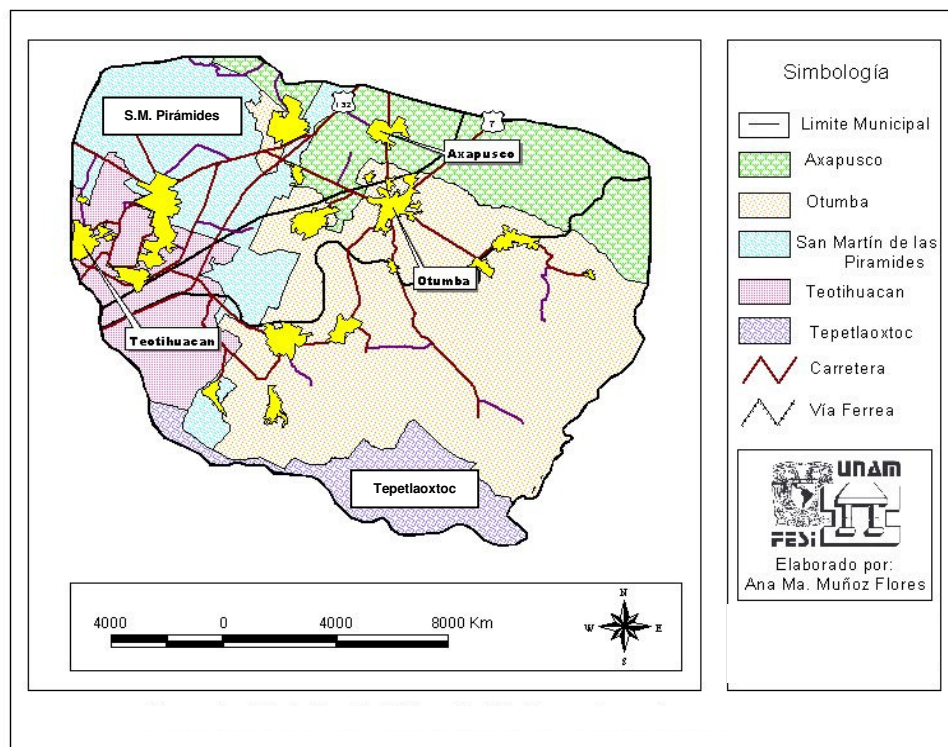


Figura 2. Mapa de División Política, Poblados y Carreteras, sub-cuenca de Otumba

El que mayor superficie ocupa es Otumba y el que menos participación por superficie presenta es Tepetlaoxtoc (Fig. 3), cabe mencionar que dentro de la superficie ocupada por Tepetlaoxtoc dentro de la sub-cuenca no se encuentra ningún poblado.

La principal vía de acceso a la zona es por la carretera Federal No. 132 México-Pirámides-Tulancingo que comunica a la Ciudad de México con las ciudades de Poza Rica y Tuxpan en el Estado de Veracruz, también existe una carretera estatal que conecta a varios de los municipios con la ciudad de Tulancingo, Hgo. Por otra parte, hay toda una red de carreteras, brechas y terracerías municipales que comunican a cada municipio con sus distintos poblados y comunidades.

La superficie total que ocupa cada uno de los municipios se muestra en porcentajes en la (Fig. 3) siendo Otumba el de mayor espacio territorial dentro de la sub-cuenca con un 29% (81.2 km<sup>2</sup>), después S.M. Pirámides con 24% (67.2 km<sup>2</sup>), con 20% se encuentra el municipio de Axapusco esto es 56 km<sup>2</sup>, Teotihuacán con 15% (42 km<sup>2</sup>) y finalmente Tepetlaoxtoc con 12% (33.6 km<sup>2</sup>).

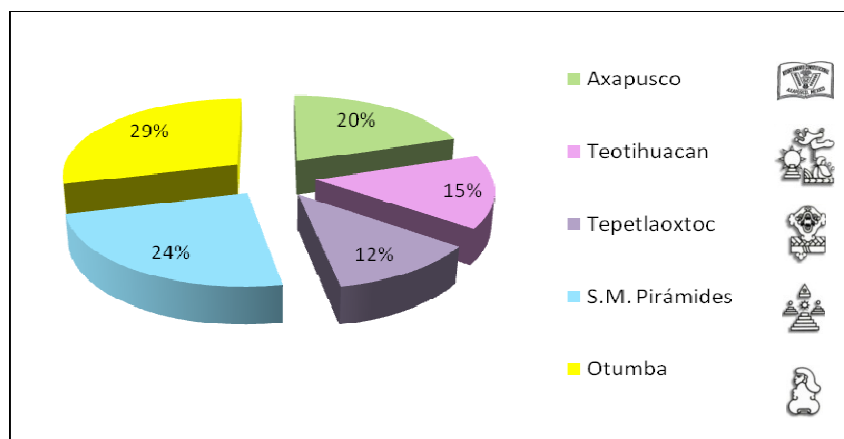


Figura 3. Superficie en porcentaje de cada Municipio dentro de la sub-cuenca

## 8.2 Unidades físico-geográficas

### 8.2.1 Diferenciación altitudinal relativa y variación de la pendiente

Como ya se mencionó anteriormente la zona estudiada es una sub-cuenca endorréica de origen volcánico que forma parte de la cuenca de Texcoco, presenta forma sub-cuadrada delimitada por una serie de elevaciones hacia el S y SE, con presencia de un gran volcán en N-NW (Cerro Gordo) y abierta en su porción meridional por donde se conecta con la cuenca de Texcoco. La altura máxima es de 3000 msnm y se localiza en el Cerro Gordo, el punto de menor altitud está a los 2283 msnm ubicándose en el municipio de San Martín de las Pirámides (Fig. 4). La sub-cuenca tiene un desnivel o inclinación a hacia el SW, por lo que toda el agua que colecta se mueve en esa dirección drenándose hacia el lago de Texcoco. Por lo que respecta al comportamiento de la pendiente (Fig. 5), se tiene que las pendientes más fuertes o inclinadas (> 25°) están en el complejo montañoso en el SE y en el Cerro Gordo. En la base de las montañas las pendientes fluctúan entre 12 y 20°, en las planicies las pendientes varían entre 0.5 y 4°. Como se puede apreciar en el mapa de la Fig. 5, las pendientes dominantes son las comprendidas en el intervalo que va de 0 al 6%, por lo que los relieves más dominantes son las planicies, colinas y lomeríos.

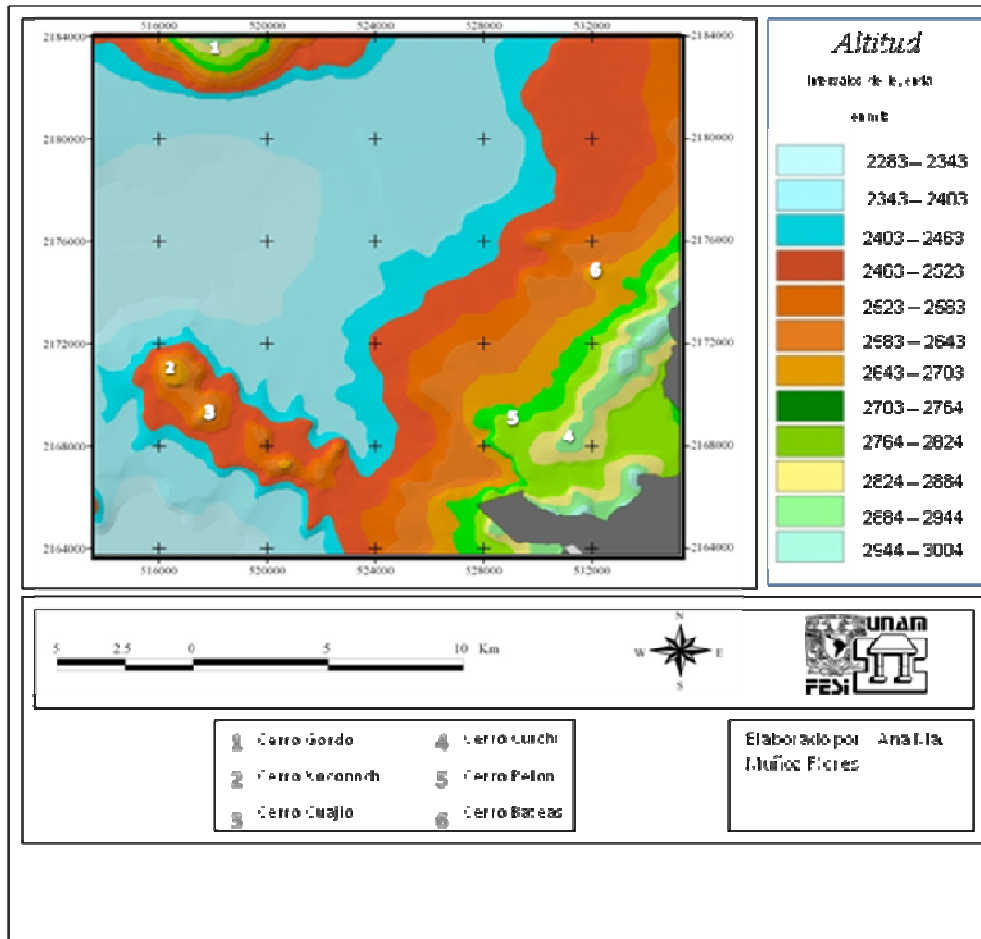


Figura 4. Mapa hipsométrico de la sub-cuenca de Otumba

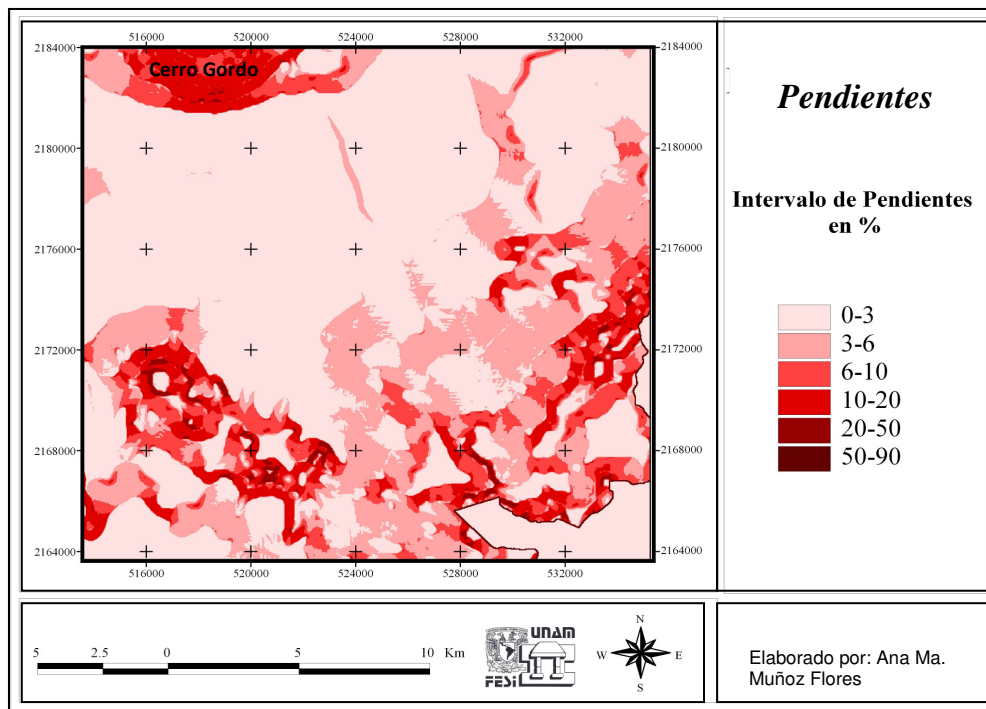


Figura 5. Mapa de pendientes

## 8.2.2 Hidrografía y red fluvial

Dado el carácter endorréico de la cuenca no hay un río principal, tampoco hay corrientes secundarias perennes; los recursos hidrológicos son limitados. Sólo se presentan corrientes efímeras, por lo que no se observa una red fluvial bien integrada (Fig. 9). La red fluvial es principalmente de segundo orden aunque hay pequeñas áreas en las montañas del S-SE que es de tipo terciario, la forma dominante es la dendrítica y radial para el Cerro Gordo. La densidad de los escurrimientos es baja y la profundidad de disección vertical varía de < 5 m en la planicie hasta 300 m en las elevaciones. Las principales zonas de recarga están en la base de las montañas o piedemontes. Entre los principales arroyos intermitentes que durante la época de lluvia llegan a tener caudales considerables son: El Soldado, Las Bateas, Huixcoloco, Mihuaca y San Vicente (GEM, 2003).

En la zona no hay embalses grandes para captación, sólo se presentan algunos depósitos superficiales como bordos y jagüeyes con agua en época de lluvia y secos el resto del año (Fig. 6). También en las represas Amanalco, Xoloapan y Belem que acumulan agua para el riego. La única fuente de abastecimiento en caso de Otumba es a través de pozos profundos de más de 200 metros, que provoca una sobre-explotación de los mantos subterráneos, agotando el líquido. El problema se acentúa con el crecimiento demográfico y la insuficiente recarga de mantos acuíferos por la escasez de lluvia, así como la existencia de pozos clandestinos de uso agrícola (Cuadro 2). Axapusco dispone de 5 pozos profundos a más de 150 mts para consumo humano (GEM, 2003).

Cuadro 2. Número de cuerpos de agua y Superficie por Municipio

Municipio	No. Cuerpos de Agua	Superficie (Ha)
Axapusco	93	46.52
Otumba	45	13.57
Sn. Martín de las Pirámides	20	7.94
Teotihuacán	20	5.95
<b>Total</b>	<b>178</b>	<b>73.98</b>

Fuente: GEM, SEGEM (1999), Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México



Figura 6. Jagüey ubicado en piedemonte al sur de Otumba

Figura 7. Contaminación cerca del arroyo “El Soldado”



Figura 8. Vaca dentro del Jagüey

La disminución de lluvias en los últimos años, aunado al crecimiento de la población, ha provocado un déficit hidrológico, así como la contaminación de cuencas, del aire y del suelo, este último principalmente por la acumulación de residuos sólidos en la cercanía a las zonas urbanas. Tal es el caso del arroyo “El Soldado” (Fig. 7), al poniente la cuenca. De no tomarse las medidas pertinentes, la población será vulnerable ante riesgos de salud, la contaminación de agua se da a partir de descargas domesticas en la barranca de El Soldado, y la sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo cual propicia condiciones insalubres y de riesgo para la población (GEM, 2006).

En la Fig. 8 se observa como una vaca esta dentro del jagüey, esto es un gran riesgo de salud, aparte de que genera un mal olor, si esto se sigue descuidado puede generar focos de infección además de que esta agua es utilizada para el riego.

### 8.2.3 Clima

De acuerdo con la SEGEM (2000) el clima templado es el de mayor dominio en la región ocupando un 80% del área de estudio, y el clima seco está presente en las cabeceras municipales de Otumba, S. M. de las Pirámides y Teotihuacán con el 20% aproximadamente como se observa en la figura 9.

La precipitación en las partes bajas y llanas es de índole conectiva y alcanza un total de 500-600 mm anuales; en el Cerro Gordo se forman frecuentes nubosidades por el enfriamiento del aire que asciende hasta la altura de 3050 msnm generando una precipitación de 700 mm al año.

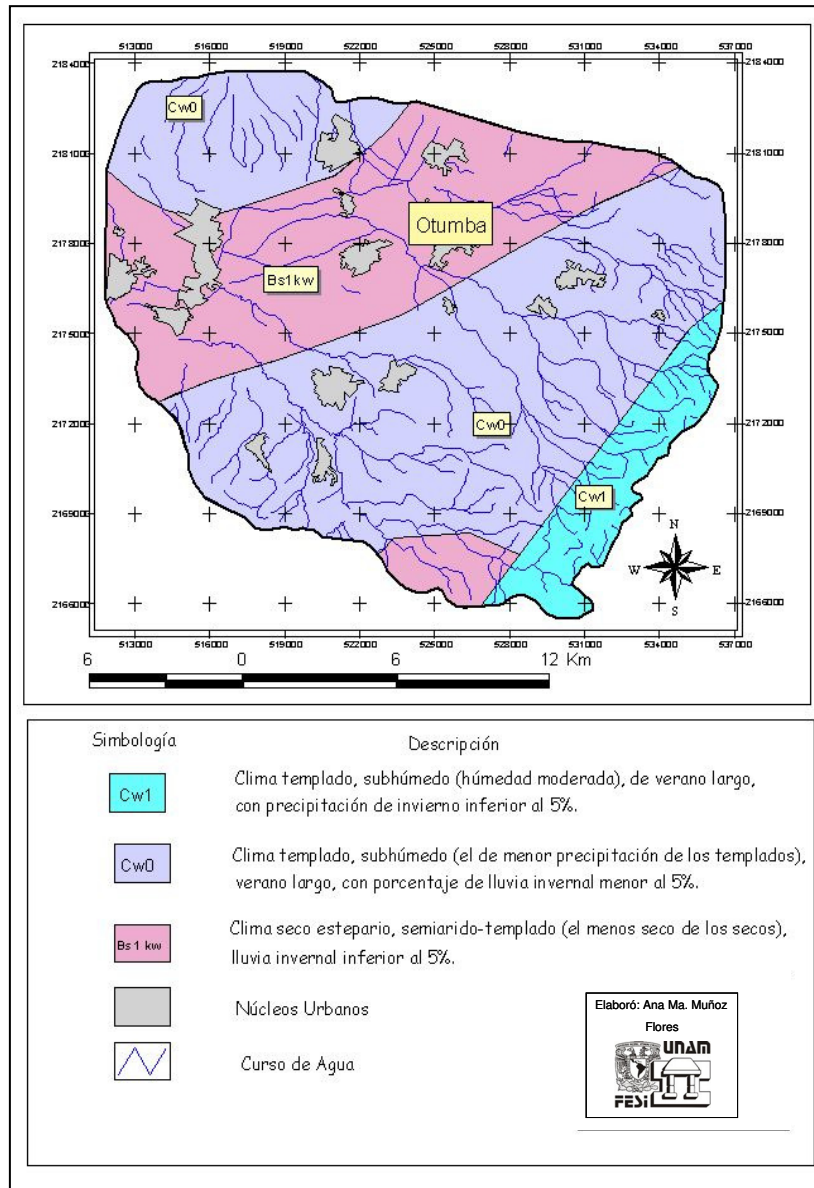


Figura 9. Mapa de climas y de la red fluvial de la sub-cuenca de Otumba



#### 8.2.4 Geomorfología

La sub-cuenca de Otumba presenta una geomorfología típica de los paisajes volcánicos, se trata de un altiplano interrumpido por elevaciones. Las principales formas mayores del relieve que se reconocieron en el mapa geomorfológico (Fig. 10) son un sistema montañoso localizado hacia el SW, S y SE, el cual tiene una altura absoluta que fluctúa entre 400 y 600 m. Este sistema está constituido por un conjunto de estructuras de considerable altitud de origen endógeno volcánico conformado de rocas volcánicas extrusivas del Terciario y Cuaternario; en este sistema sobresalen los cerros: Pelón, Las Batéas, Xoxouhqui, Coapilco, Xiquilo, La cuesta, Mesas Quebradas y Colorado. Estas elevaciones se encuentran separadas por barrancos de diferente profundidad. Las laderas de estas elevaciones tienen una pendiente comprendida entre 15 y 35°, son cóncavas y convexas. En la base de estas montañas, se encuentra un piedemonte de acumulación de extensión variable con una pendiente que fluctúa entre 6 y 8°, con una disección vertical menor de 10 m.

Después del piedemonte con dirección SE - NE se presentan lomeríos y colinas formadas por flujos piroclásticos y conglomerados que se funden con una planicie de acumulación constituida de aluvión, dentro de la planicie se presentan algunas elevaciones aisladas de baja altitud (Pequeños conos volcánicos). Hacia el norte se encuentra una gran estructura volcánica que es un estrato-volcán (Cerro Gordo), formado por derrames de lavas basálticas y brechas (Fig. 10). La altura absoluta del Cerro Gordo es de 600 m, presenta un sistema de drenaje de tipo radial con una profundidad de disección vertical < de 20 m.

Debido a que la zona de estudio se encuentra inmersa en el sistema orográfico de la Provincia Volcánica Transversal y de la Subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, existen riesgos sísmicos latentes.

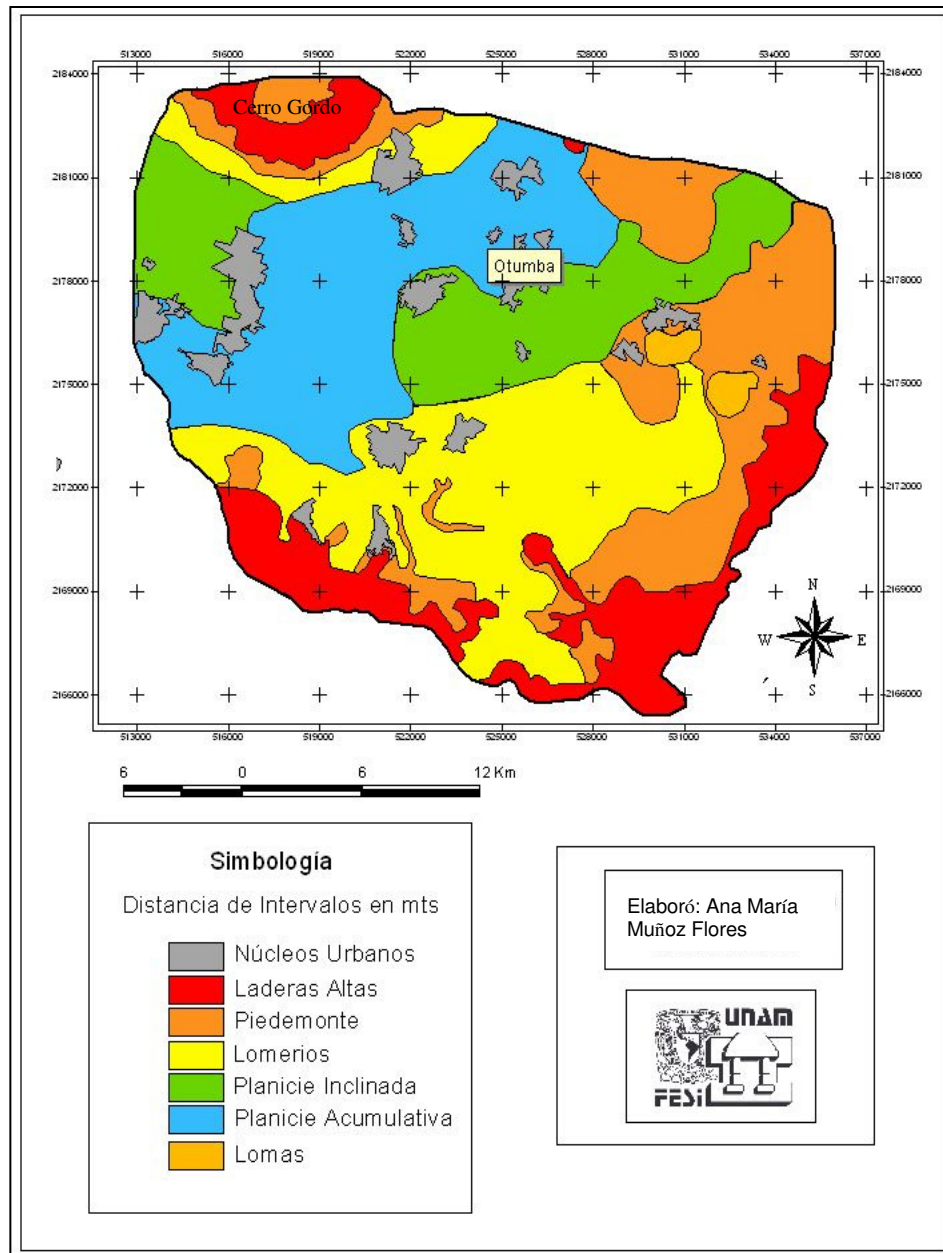


Figura 10. Mapa Geomorfológico que muestra las principales formas del relieve de la sub-cuenca de Otumba

### 8.2.5 Suelos

De acuerdo a INEGI 1982, en el Estado de México se localizan 13 unidades de suelo de los 32 establecidos en el mapa mundial de suelos de la FAO de 1980, con base en lo anterior en la sub-cuenca se presentan 4 unidades de suelo siendo los de mayor extensión el Feozem, Cambisol y Litosol (Fig. 11) y en menor cobertura el Vertisol (Cuadro 3). Por los recorridos que se hicieron en campo, se identificó un tipo de suelo aún no reconocido en

las cartas del INEGI de 1982, pero que aparece en el actual del sistema WRB-FAO (1988), este suelo es el Durisol calcárico, el cual cubre grandes extensiones en la sub-cuenca (Fig. 12).

Cuadro 3. Principales características de las unidades de suelo de la sub-cuenca

Unidades	Descripción	Uso potencial	Producción	Degradación	Localización
Feozem	Presentan un horizonte superficial oscuro y rico en materia orgánica, de pH neutro o ligeramente alcalino y rico en bases	Son suelos aptos para la agricultura en condiciones de clima templado	Son de fácil manejo y alcanzan un alto grado de productividad agrícola	Son susceptibles a la erosión eólica e hídrica y a la degradación química	Se encuentran en zonas de acumulación en áreas de poca pendiente
Cambisol	Son suelos jóvenes con morfología poco desarrollada. En algunos casos muestran una capa superficial de color claro, pobre en material orgánico y tienen acumulación incipiente de arcilla en el subsuelo	No son aptos para la agricultura ni para la ganadería, pero si para el uso forestal	Pueden ser productivos para el uso forestal y para el cultivo de ciertas especies perennes	Alto riesgo a la erosión hídrica	Se presentan en relieves elevados donde la humedad es mayor
Litosol	Están limitados en profundidad por una roca dura continua por materiales altamente calcáreos; una capa continua cementada dentro de los 30 cm. Superficiales	Son poco aptos para la agricultura	Pueden ser productivos para el uso forestal y para el cultivo de ciertas especies perennes	Alto riesgo a la erosión hídrica	Se encuentran en áreas de montaña, piedemontes y lomeríos
Vertisol	Presentan alto contenido de arcillas expandibles (>30%), con grietas anchas y profundas en la época de secas, son muy adhesivos y plásticos, duros cuando están secos y masivos cuando están húmedos	Son adecuados para el cultivo de gramíneas, cuando tienen riego son muy productivos	Son muy productivos cuando tienen suficiente agua	Presentan problemas de inundación por su baja permeabilidad, son compactos y duros	Se encuentran en planicies acumulativas y depresiones
Durisol	Suelos delgados limitados por formaciones de tepetate silíceo o caliche en el subsuelo	Son de baja aptitud para los cultivos anuales y medianamente aptos para los perennes	De baja a media productividad dependiendo el cultivo que se trate	Limitaciones por escasa profundidad y compactación elevada	Se encuentran en lomeríos piedemontes y colinas

Fuente: Diagnóstico Ambiental de la Región III: Ecatepec

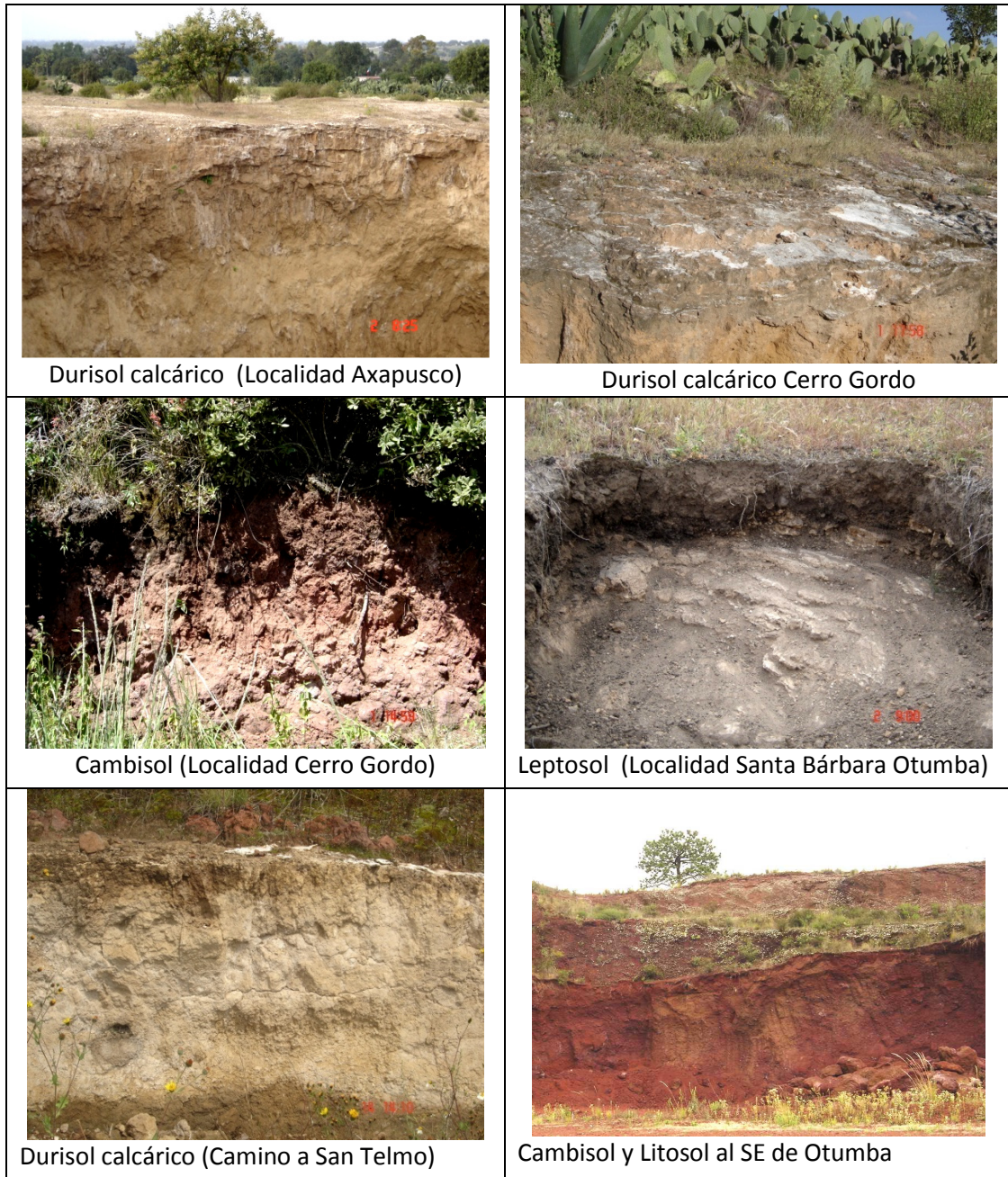


Figura 11. Perfiles de varios tipos de suelos reconocidos en la sub-cuenca de Otumba

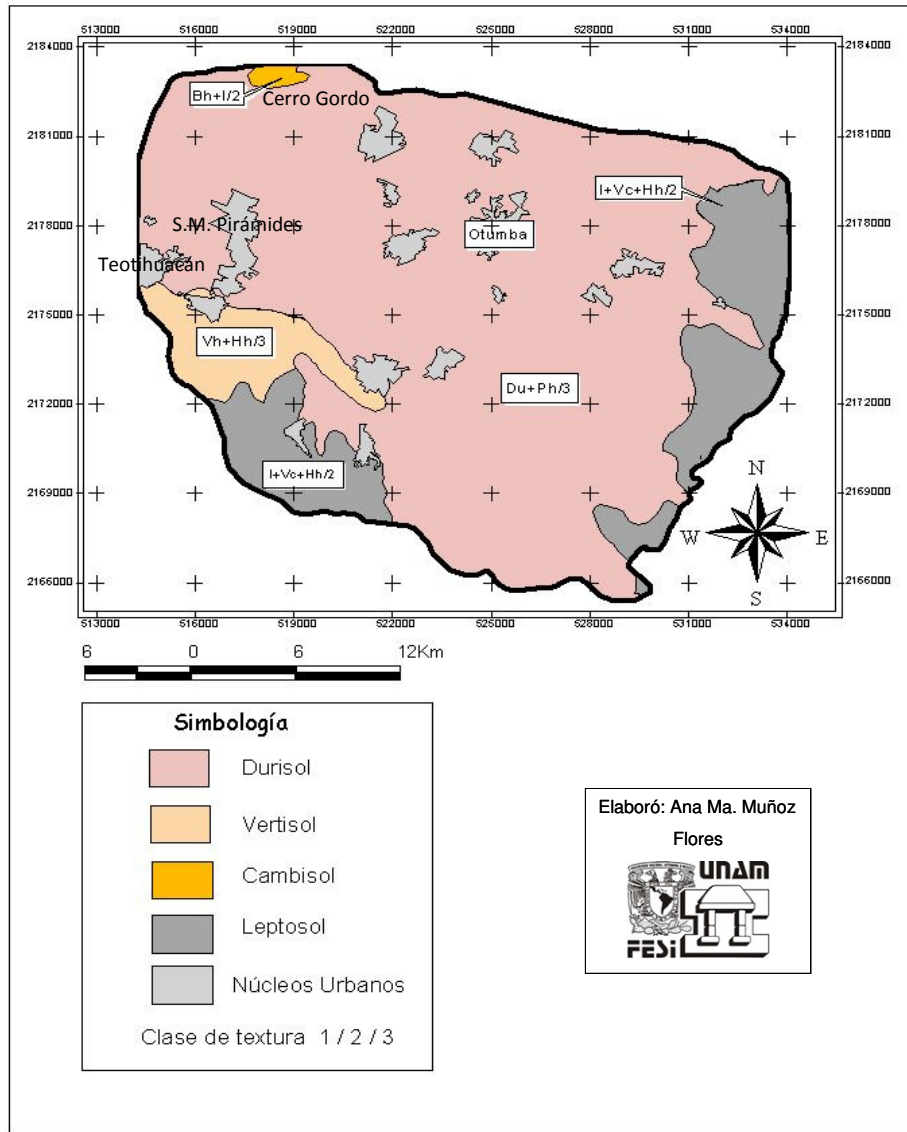


Figura 12. Mapa que muestra la distribución de suelos en la sub-cuenca

Las principales limitantes productivas que tienen los suelos del área estudiada es su escasa profundidad, en los Durisoles y Leptosoles la porción de suelo útil tiene un espesor que varía entre 10 y 30 cm. Otra limitante de consideración es la falta de agua y el relieve irregular con pendientes inclinadas sobre todo en áreas montañosas como las del sur. En cuanto a la degradación se refiere, el principal problema observado es la erosión; en lomeríos y planicies la erosión eólica es el mayor problema, en las elevaciones lo es la erosión hídrica propiciada por las prácticas de deforestación. También se presentan problemas de contaminación visual por el depósito de basura doméstica en diferentes sitios, sobre todo cerca de escurrimientos y barrancos. De acuerdo con información directa obtenida por habitantes de la zona, señalan que uno de los principales problemas que tienen las tierras es el de la erosión producida por el viento ya que han notado que se forman grandes tolvaneras que levantan varias toneladas de partículas del suelo. Los vientos en la sub-cuenca pueden alcanzar altas velocidades debido a lo extenso de las

planicies, donde hay pocas barreras que los detienen. Los pobladores mencionan que el periodo del año donde se presenta una mayor erosión eólica es el que va enero a mayo, ya que este lapso los vientos son muy intensos y el suelo está desprotegido porque es la época más seca del año.

Se calculó teóricamente la tasa de degradación hídrica y eólica para las principales formas del relieve de la sub-cuenca, utilizando el modelo matemático propuesto en el anexo del manual del ordenamiento ecológico del territorio (SEDUE, 1986). Este modelo calcula la erosión considerando aspectos como agresividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, textura del suelo, pendiente y uso del suelo. Los resultados que se muestran en el Cuadro 4 indican que los problemas más fuertes de erosión hídrica se presentan en las zonas montañosas donde se pierden al año un promedio de 84.16 toneladas de suelo al año. Como se puede advertir en las fotografías de la (Fig. 13), la erosión hídrica es un grave problema sobre todo en la base de las montañas y piedemontes. En la llanura y colinas el problema no es tan severo, ya que se presentan valores bajos de erosión hídrica. La erosión eólica es más patente en la planicie, aquí la pérdida de suelo es de 22.40 Ton/Ha/Año, lo cual se considera como ligera o leve.

Cuadro 4. Valores de erosión hídrica y eólica calculada de acuerdo a SEDUE, 1986

Unidad de relieve	<u>Erosión Hídrica</u>		<u>Erosión Eólica</u>	
	Ton/Ha/Año	Clase de degradación	Ton/Ha/Año	Clase de degradación
Planicie	3.53	Ligera	22.40	Ligera
Montaña	84.16	Alta	1.91	Muy baja
Lomeríos	2.65	Ligera	4.20	Muy baja

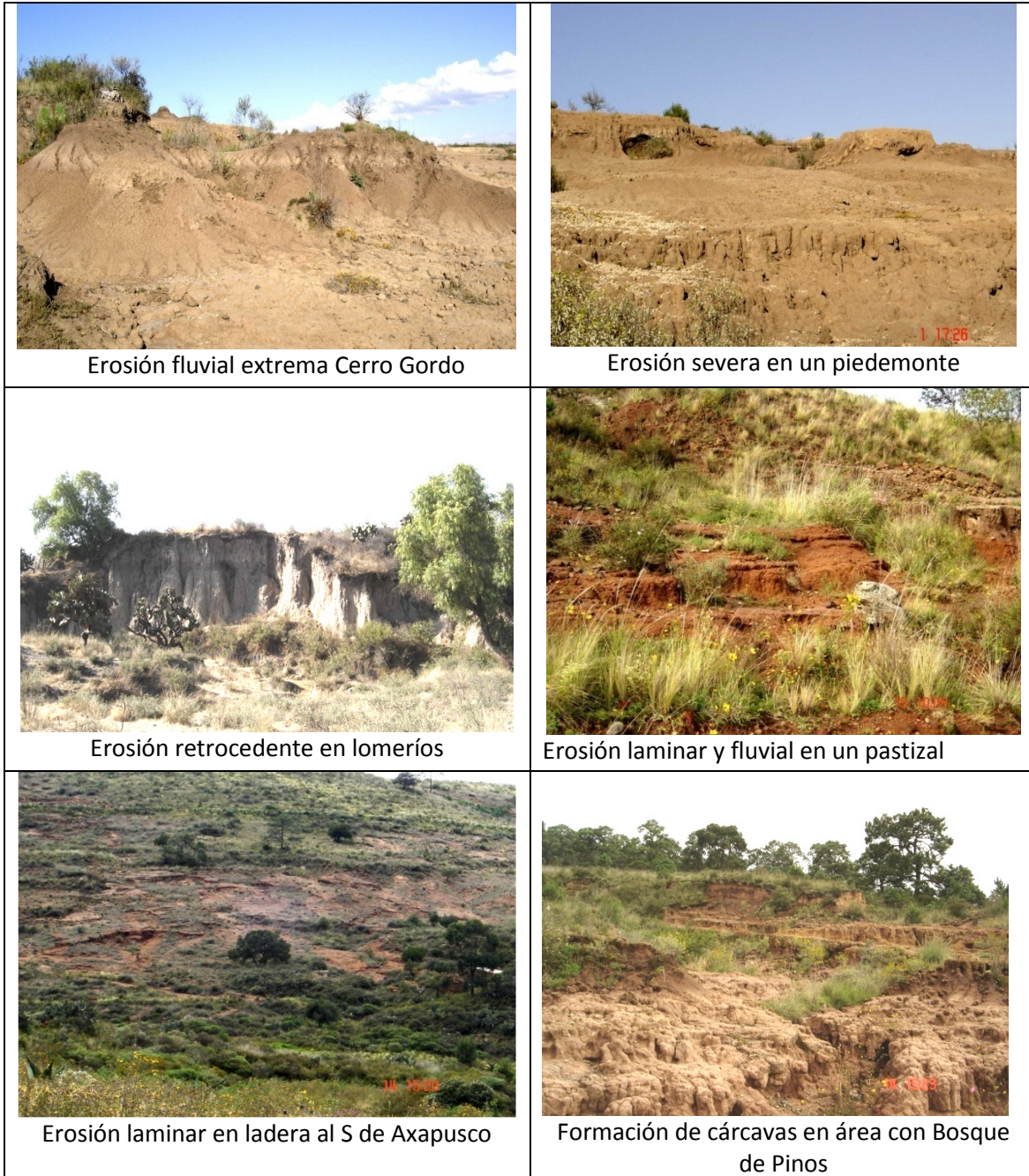


Figura 13. Tipos y grados de erosión que se presentan en el área de estudio

## CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE BIÓTICO

### 8.3 Vegetación

La vegetación del área estudiada ha sido fuertemente afectada por las actividades humanas, las cuales se remontan hasta el periodo prehispánico cuando la cuenca estuvo habitada por los Teotihuacanos que de acuerdo a las hipótesis de historiadores y antropólogos, la caída de Teotihuacán (650 d.c.) ocurrió debido a una crisis alimentaria por la sobre-explotación de los recursos naturales y el deterioro ambiental (Nalda, 2007). Dado que la sub-cuenca ha sido habitada por el hombre desde hace mucho tiempo, la vegetación original en la mayoría de los casos ha sido eliminada o fuertemente transformada. La vegetación actual ocupa una superficie reducida de apenas (Superficie 74km<sup>2</sup>) encontrándose de manera dispersa y fragmentada en su estructura original como producto de las actividades antropogénicas. No obstante del fuerte impacto que ha recibido la vegetación en la sub-cuenca, la diversidad vegetal es todavía considerable.

Como puede observarse en el mapa de la (Fig. 31), la vegetación natural se encuentra confinada a los sitios más agrestes e inaccesibles, como son las zonas montañosas, barrancos o sitios donde el suelo es muy somero o pedregoso y no permite el desarrollo de las actividades agropecuarias.

De acuerdo a la investigación florística realizada por Castilla y Tejero (1987) y de los recorridos de campo y muestreos realizados en la presente investigación, se identificaron cinco tipos de vegetación (Cuadro 5) según los criterios de clasificación de Rzedowski (1978). Los listados florísticos completos obtenidos directamente en el campo se presentan en el (Anexo). A continuación se describen los tipos de vegetación en la zona.

Cuadro 5. Tipos de vegetación presentes en la sub-cuenca de Otumba

<b>Clasificación de vegetación</b>	<b>Especies predominantes</b>
Bosque de Pino-Encino	<i>Pinus</i> spp. <i>Quercus</i> spp.
Bosque de <i>Quercus</i>	<i>Quercus crassipes</i> - <i>Q. frutex</i> .
Matorral xerófilo y de Encino	<i>Acacia schaffneri</i> , <i>Opunia streptacantha</i> , <i>Q. microphylla</i> .
Pastizal	<i>Mulhenbergia macroura</i> , <i>Aristida adscensionis</i> .
Vegetación Secundaria	<i>Bidens odoranta</i> , <i>Dyssodia papposa</i> .



### 8.3.1 Bosque de Pino-Encino

La condición de bosque de pino-encino (Fig. 14) es frecuente en México y en muchas partes parece representar una comunidad completamente estable. Por otra parte, en algunas zonas montañosas aisladas la ausencia absoluta de pino o de encino puede deberse a causas de tipo histórico. Es muy probable también que las características del suelo jueguen un papel importante en la distribución de estos bosques (Rzedowski, 1978). También se encuentra Bosque abierto que se caracteriza principalmente por presentar cierto grado de perturbación (talado).

Son pocos los sitios que conservan aún la vegetación natural en donde no han sido alterados significativamente por las actividades humanas una de ellos es el Cerro Cuichi que se ubica al Nor-este de la sub-cuenca y ocupa una superficie de 0.44 km<sup>2</sup> (Fig. 4); que por sus características que presenta y de acuerdo con los recorridos a campo se propone como ANP ya que por sus componentes florísticos, faunísticos y beneficios ambientales (protección del suelo, disminución de la erosión); se pueden encontrar especies como *Quercus* spp, *Pinus* spp entre otras.

### 8.3.2 Bosque de Encino (*Quercus* spp.)

Esta vegetación (Fig. 14) se encuentra restringida y de manera aislada en la porción norte del Cerro Gordo y en el parteaguas ubicado en el SW y SE de la cuenca (Fig 11, 9), entre los 2800 y 3050 msnm sobre suelos como Leptosoles y Cambisoles, tiene una superficie de 1,825.69 ha (Castilla y Tejero 1987). Las especies que constituyen el estrato arbóreo son *Quercus crassipes* y *Q. frutex* acompañadas de *Arbutus xalapensis*; en el estrato arbustivo se encuentran especies como *Stevia serrata*, *S. purpusii*, *Baccharis conferta* y gramíneas amacolladas como *Muhlenbergia macroura* "zacatón", *Leptochloa dubia*, *Hilaria cenchroides*, *Bouteloua curtipendula* y herbáceas anuales como *Porophyllum tagetoides*, *Dyssodia papposa*, *D. tenuifolia* entre otras.

### 8.3.3 Matorral de Encino (Chaparral)

Es una comunidad que ocupa una posición intermedia entre el matorral xerófito y bosque de encino, se caracteriza principalmente por ser un matorral denso y difícilmente penetrable mide de 20 a 100 cm de alto y comúnmente de 40 a 80 cm, cuya existencia frecuentemente resulta también favorecida por los incendios, ya que muchos de los arbustos tiene la capacidad de regenerar a partir de sus sistemas radicales (Rzedowski, 1978). La especie más dominante es *Quercus microphylla* (encino chaparral) y crece sobre suelos somero líticos con feozem haplico, en una franja que va desde los 2850 a los 3000 msnm, en la ladera norte del Cerro Gordo (Castilla y Tejero, 1987).

### 8.3.4 Matorral Xerófilo

Se encuentra en terrenos menos accidentados como lomeríos, colinas y lomas aisladas en una altitud que va de los 2200 a los 2500 msnm, cubre actualmente una superficie de

322.44 ha. Es una de las comunidades más afectadas por las actividades del hombre, ya que se ubica en las tierras más aptas para la agricultura. El suelo donde se establece es un Durisol que presenta un pH que varía de 6 a 8.5, el contenido de materia orgánica suele ser bajo, con una profundidad útil de 30 cm como máxima. Esta vegetación se encuentra muy fragmentada y dispersa entre los terrenos agrícolas. Entre las principales especies que se identificaron están: *Senecio praecox*, *Mimosa biuncifera*, *Acacia shaffneri*, *Loeselia mexicana*, *Opuntia streptacantha*, *Opuntia* sp, *Eupatorium espinosarum*, *E. petiolare*, *Brickellia veronicifolia* y *Gimnosperma glutinosum* existen plantaciones de maguey pulquero *Agave salmiana* (Fig. 14).

### 8.3.5 Pastizal

Corresponde principalmente a las gramíneas (Fig. 14) y se distribuye de manera discontinua dentro de los bosques o bien se encuentra en áreas desprovistas de vegetación arbórea y que ha sido reemplazada, ocupa una superficie de 289.67 ha. Su presencia está determinada por las actividades humanas sobre todo por el cambio de uso del suelo para permitir el establecimiento de actividades agrícolas y pecuarias. Las especies presentes están representadas por *Aristida adscensionis*, *Mulhenbergia macroura*, *Hilaria cenchroides* y como especies acompañantes destacan: *Eruca sativa*, *Lepidium virginicum*, y *Tagetes lunulata*.

### 8.3.6 Vegetación secundaria

Se establece cuando la vegetación primaria u original es alterada o eliminada por factores naturales y humanos. Las principales causas que han determinado su presencia en la zona son la deforestación y el cambio de uso del suelo, actualmente cubre una superficie de 1,648.25 ha (Fig. 14). Entre las especies más frecuentes que se presentan están: *Amaranthus hybridus*, *Aphanostephus ramosissimus*, *Bidens odoranta*, *Brassica campestris*, *Dyssodia papposa*, *Eruca sativa*, *Florestina pedata*, *Medicago polymorpha*, *Parthenium bipinnatifidum*, *Raphanus raphanistrum*, *Sanvitalia procumbens* y *Sphaeralcea angustifolia*. En bancos de material de brecha volcánica y tezontle crece una vegetación secundaria protegida en muchas ocasiones de la incidencia de los rayos solares y en sustratos inestables, entre las especies identificadas que se colectaron en estos lugares se encuentran: *Argemone platyceras*, *Buddleia cordata*, *Physalis chenopodiifolia*, *Solanum cervantessi* y *Verbena menthaefolia* (Castilla y Tejero 1987).

### 8.3.7 Vegetación ruderal

Es un tipo de vegetación secundaria que incluye a todas aquellas plantas herbáceas que crecen a la orilla de los caminos y carreteras, así como en los bordos de parcelas. Fisonómicamente la vegetación ruderal se puede presentar en dos estructuras, una durante la temporada de lluvias cuando crecen un gran número dicotiledóneas con ciclos biológicos cortos y otro en la temporada seca dominado por especies de tipo

graminiforme (Castilla y Tejero, 1987). Las ruderales más frecuentes que se encontraron son: *Astragalus micranthus*, *Cosmos bipinnatus*, *Dalea obovatifolia*, *Eleusine tristachya*, *Eruca sativa*, *Euphorbia prostrata*, *Leptochloa dubia*, *Loeselia coerulea*, *Lycurus phaeoides*, *Melilotus indicus*, *M. officinalis*, *Mirabilis jalapa*, *Nama undulatum*, *Oxalis corniculata*, *Sonchus oleraceus* y *Verbena ciliata*.

#### 8.3.8 Vegetación reforestada

En realidad son poco los sitios donde se han llevado prácticas de reforestación, una de los más grandes se encuentran al Sureste de la sub-cuenca a 2650 msnm cerca del poblado de San José de las Presas, en donde se pudo observar un área reforestada con Eucalipto (*Eucalyptus* sp.), Pinos (*Pinus leiophylla* y *Pinus halepensis*). Cabe mencionar que plantación no fue bien planeada ya que eligieron especies no propias para una zona semiárida, además la densidad y distribución no fueron las adecuadas porque no dejaron suficiente espacio entre los organismos ya que la densidad es elevada, para tratar de remediar esto cortaron la parte apical de algunos pinos para evitar que sigan creciendo.

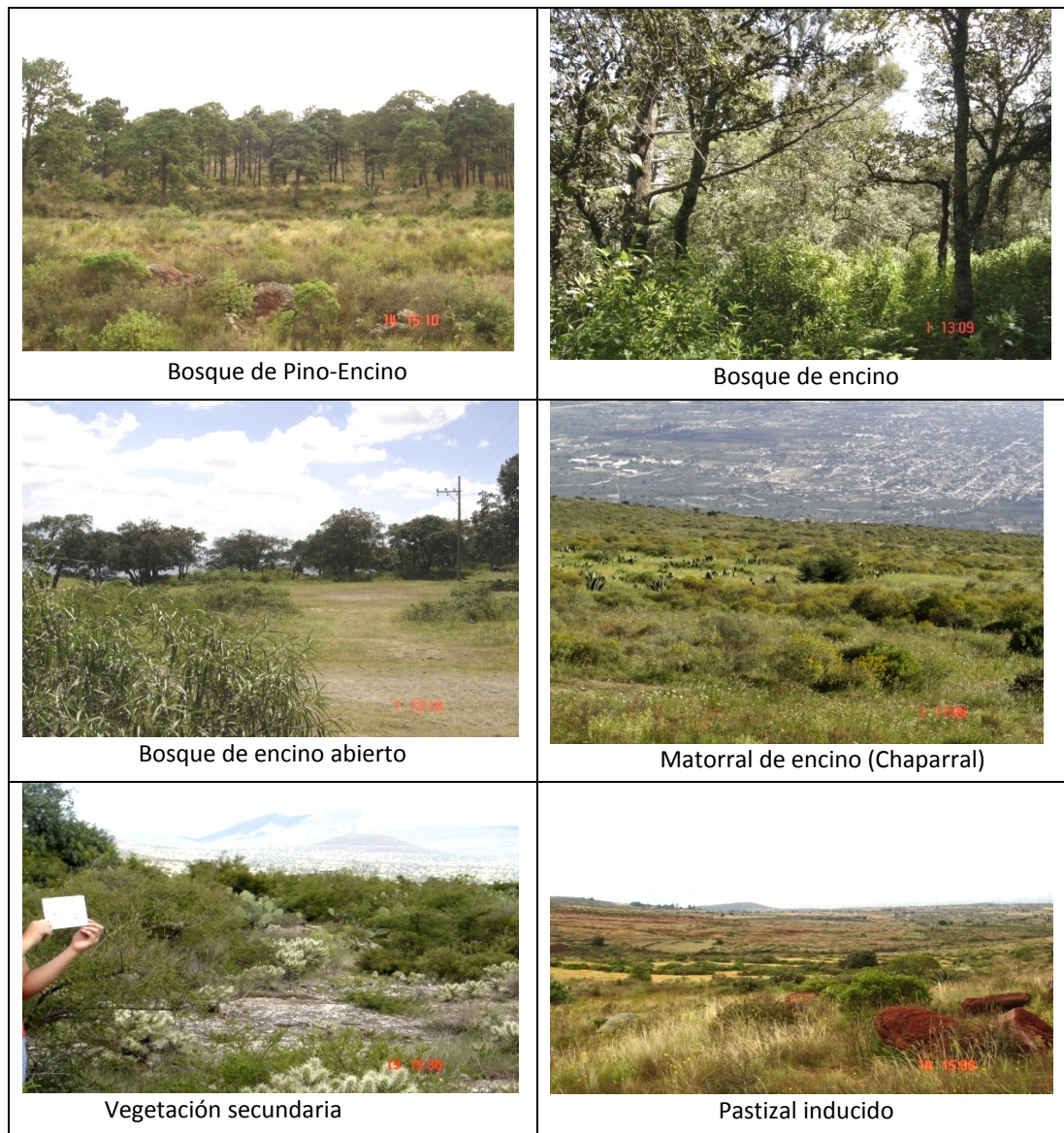


Figura 14. Tipos de vegetación de la sub-cuenca de Otumba

Se identificaron un total de 145 especies vegetales (Ver Anexo), las cuales se agrupan en 42 familias y 107 géneros, siendo la familia Asteraceae la de mayor presencia con 28 especies que equivalen al 33% de las especies totales, continuando con las Poaceae con un total de 18 especies (22%) y finalmente las Fabaceae con 16 especies que equivalen al 19% de la totalidad (Fig. 15). Esto se asemeja a lo reportado por Castilla y Tejero en 1987, cuando realizaron el estudio florístico de la zona.

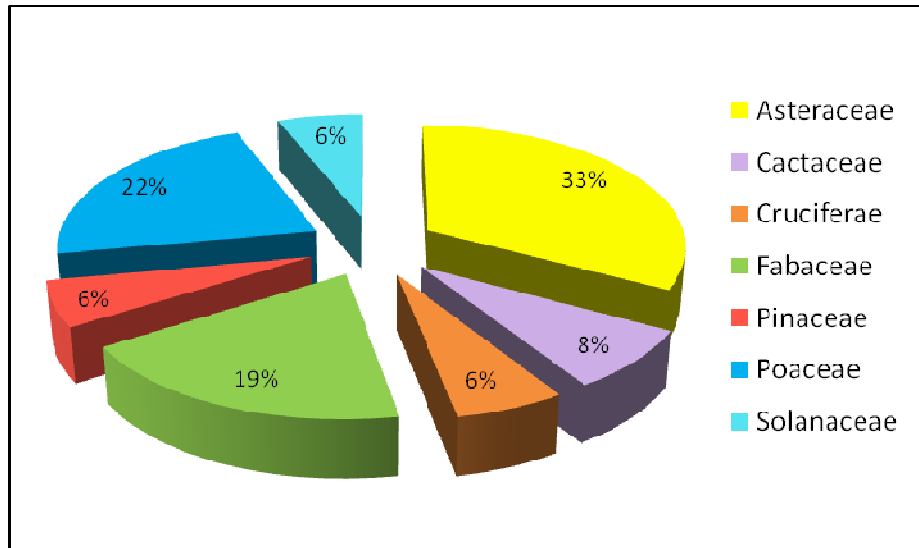


Figura 15. Familias más representativas del área de estudio y su participación en la composición de la flora de la localidad

La especie *Gentiana spathacea* está incluida en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres bajo la categoría "protección especial" (Ver Anexo).

#### 8.4 Fauna de vertebrados

El cambio de uso del suelo trajo consigo la destrucción y la reducción del hábitat natural de la sub-cuenca, con esto muchas especies animales fueron exterminadas y otras tantas emigraron hacia otros lados. Sin embargo aun así, todavía la presencia de la fauna es significativa en la sub-cuenca sobre todo de aquellas especies que fueron capaces de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales o de aquellas cuyos habitats son muy pequeños y se pueden establecer en muchos sitios.

##### 8.4.1 Anfibios y reptiles

Poco más de la mitad de las especies de anfibios y reptiles en México es endémica (55.7%); sin embargo de los vertebrados terrestres mexicanos, estos grupos son los menos conocidos y no existe hasta la fecha una lista completa y actualizada de la herpetofauna de México y aún menos una referencia general sobre la distribución de esas especies en el país (Flores, 1993). Los reptiles representan el 12 por ciento de la fauna registrada, con 7 géneros y 9 especies; mientras que los anfibios el 1% (Cuadro 6).

Cuadro 6. Lista de los anfibios y reptiles observados en la zona de estudio

Registro: Cap = Capturado; Obs = Observado; CP = Comunicación Personal; Ex= Excreta; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) R= Rara; A= Amenazada; Pr= Protección especial.

<b>FAMILIA</b> Género/ Especie	N. Común	Registro	NOM-059
<b>BUFONIDAE</b> <i>Bufo</i> sp.	Sapo	Obs	

<b>FAMILIA</b> Género/ Especie	N. Común	Registro	NOM-059
<b>PHRYNOSOMATIDAE</b> <i>Phrynosoma</i> sp.	Lagartija espinosa		
<i>Sceloporus jarrovi</i>	Escamoso		
<i>Sceloporus torquatus</i>	Tlachcoyote	CP	
<i>Sceloporus variabilis</i>	Escamoso		
<b>TEIIDAE</b> <i>Aspidocelis</i> sp.	Huico		
<b>COLUBRIDAE</b> <i>Pituophis melanoleucus</i>	Cincuate		
<i>Thamnophis eques</i>			
<b>ELAPIDAE</b> <i>Micrurus</i> sp.	Coralillo	CP	
<b>VIPERIDAE</b> <i>Crotalus</i> sp.	Víbora de cascabel	CP	

#### 8.4.2 Aves

De los vertebrados las aves son tal vez el grupo con mayor presencia en la zona, esto por la gran movilidad que tienen. De acuerdo a las observaciones realizadas durante las visitas a campo se identificaron un total de 44 especies (Cuadro 7) pertenecientes a los ordenes:

Cuadro 7. Listado de aves observadas en la sub-cuenca de Otumba

Permanencia (P): Res = Residente, VI= Visitante de invierno, MI= Migratorio; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) R= Rara; A = Amenazada; Pr= Protección especial.

Orden <b>FAMILIA</b> Género/Especie	N. Común	Permanencia (P)	NOM- 059
Ciconiiformes <b>ARDEIDAE</b> <i>Ardea herodias</i>	Garzón gris	VI	
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza chapulinera	Res	
Charadriiformes <b>CHARADRIIDAE</b> <i>Charadrius vociferus</i>	Chorlito tildío	Res	
Falconiformes <b>ACCIPITRIDAE</b> <i>Accipiter sp.</i> <i>Buteo jamaicensis</i>	Gavilán Águila colirroja	Res	
<b>FALCONIDAE</b> <i>Falco sparverius</i>	Halcón	VI	
<b>CATHARTIDAE</b> <i>Cathartes aura</i>	Zopilote	Res	
Columbiformes <b>COLUMBIDAE</b> <i>Columbina inca</i>	Tórtola Colilarga	Res	
<i>Columbina livia</i>	Paloma común	Res	
<i>Zenaida macroura</i>	Paloma huilota	Res	
Strigiformes <b>TYTONIDAE</b> <i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	Res	
Cuculiformes <b>CUCULIDAE</b> <i>Geococcyx velox</i>	Correcaminos		
Apodiformes <b>APODIDAE</b> <i>Cypseloides rutilus</i>	Vencejos	Res	
<b>TROCHILIDAE</b> <i>Hylocharis leucotis</i>	Colibrí orejiblanco	Res	
<i>Lampornis clemenciae</i>	Chupaflor rijiazul	Res	
Piciformes <b>PICIDAE</b> <i>Melanerpes sp.</i>	Carpintero		
Passeriformes <b>EMBERIZIDAE</b> <i>Chondestes grammacus</i>		VI	
<i>Junco phaeonotus</i>	Junco ojilumbre mexicano	Res	

Orden <b>FAMILIA</b> Género/ Especie	N. Común	Registro	NOM-059
<i>Pipilo fuscus</i>	Rascador pardo	Res	
<i>Spizella atrogularis</i>	Gorrión barbinegro	Res	
<i>Spizella passerina</i>	Gorrión cejiblanco	Res	
<b>FRINGILLIDAE</b> <i>Carduelis psaltria</i>	Jilguero dorsioscuro	Res	
<i>Carpodacus mexicanus</i>	Carpodaco doméstico	Res	
<i>Oriturus superciliosus</i>	Gorrión cachetioscuro serrano	Res	
<b>HIRUNDINIDAE</b> <i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	Res	
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Golondrina gorjicafé	MI	
<i>Tachycineta thalassina</i>	Golondrina	Res	
<b>ICTERIDAE</b> <i>Molothrus aeneus</i>	Tordo ojirrojo	Res	
<i>Molothrus ater</i>	Tordo cabecicafé	Res	
<b>LANIIDAE</b> <i>Lanius ludovicianus</i>	Verdugo	Res	
<b>MIMIDAE</b> <i>Toxostoma curvirostre</i>	Cuitlacoche común	Res	
<b>PARULIDAE</b> <i>Dendroica coronanta</i>	Chipe	VI	
<i>Dendroica magnolia</i>	Chipe	MI	
<i>Myioborus pictus</i>	Pavito Aliblanco		
<b>PASSERIDAE</b> <i>Passer domesticus</i>	Gorrión doméstico	Res	
<b>SITTIDAE</b> <i>Sitta carolinensis</i>	Sita pechiblanca	Res	
<b>SYLVIIDAE</b> <i>Poliptila caerulea</i>	Perlita	Res	
<b>TROGLODYTIDAE</b> <i>Campylorhynchus brunneicapillus</i>	Matraca desértica	Res	
<b>TURDIDAE</b> <i>Catharus guttatus</i>	Zorralito	VI	



Orden <b>FAMILIA</b> Género/ Especie	N. Común	Registro	NOM-059
<i>Turdus migratorius</i>	Primavera	Res	
<b>TYRANNIDAE</b> <i>Empidonax difficilis</i>	Mosquero barranqueño	Res	
<i>Empidonax fulvifrons</i>	Mosquero pechicanelo	Res	
<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Mosquero Cardenalito	Res	
<i>Sayornis saya</i>	Mosquero llanero	VI	

#### 8.4.3 Mamíferos

Los mamíferos son siempre el grupo de vertebrados más afectado por las actividades humanas. La destrucción de sus hábitats y la caza son las principales actividades que han reducido las poblaciones de mamíferos. Se registraron (Fig. 16-21) un total de 21 especies Cuadro 8. Cabe comentar que algunos los animales que aún persisten siguen siendo cazados indiscriminadamente, algunos como la zorra, la comadreja y el coyote (Fig. 16, 17) se matan porque se comen a los animales domésticos. Otros son cazados por su valor alimenticio.

Cuadro 8. Listado de mamíferos registrados en la sub-cuenca de Otumba

Registro: Cap= Capturado, Obs= Observado, CP= Comunicación Personal; Exc= Excreta, H= Huellas; Estado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) R= Rara; A= Amenazada; Pr= Protección especial.

<b>FAMILIA</b> Género/ Especie	Nombre común	Registro	NOM-059
<b>DIDELPHIDAE</b> <i>Didelphis virginiana</i>	Tlacuache	H	
<b>LEPORIDAE</b> <i>Lepus callotis</i>	Liebre o motocle	Exc	
<i>Sylvilagus cunicularius</i>	Conejo de monte	Exc	
<i>Sylvilagus floridanus</i>	Conejo castellano	Exc	
<b>DASYPODIDAE</b> <i>Dasyus sp.</i>	Armadillo	CP	
<b>CRICETIDAE</b> <i>Microtus mexicanus</i>	ratón chincolo		
<i>Neotoma mexicana</i>	rata nopalera		
<i>Peromyscus boylii</i>	ratón orejón	Cap	

<b>FAMILIA</b> Género/ Especie	Nombre común	Registro	NOM-059
<i>Reithrodontomys megalotis</i>	ratón		
<b>GEOMYIDAE</b> <i>Thomomys</i> sp.	Tuza		
<b>SCIURIDAE</b> <i>Spermophilus mexicanus</i>	Ardilla de tierra	CP	
<i>Sciurus aureogaster</i>	Ardilla arborícola	CP	
<b>PROCYONIDAE</b> <i>Bassariscus astutus</i> var. <i>astutus</i>	Cacomixtle		
<i>Nasua molaris</i>	Tejón	CP	
<b>MEPHITIDAE</b> <i>Conepatus mesoleucus</i>	Zorrillo cadeno	CP	
<i>Spilogale putorius</i>	Zorrillo moteado	CP	
<b>MUSTELIDAE</b> <i>Mustela frenata</i>	Comadreja, onza		
<i>Taxidea protaxus</i>	Tlalcoyote	CP	
<b>CANIDAE</b> <i>Canis latrans</i>	Coyote	H	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Zorra gris	H	
<b>FELINAE</b> <i>Lynx rufus</i>	Gato montés	H	



Figura 16. Excreta de *Canis latrans* (Coyote)



Figura 17. Excreta de *Urocyon cinereoargenteus* (Zorra gris)



Figura 18. Madriguera de *Thomomys* sp. (Tuza)



Figura 19. Huella de *Lynx rufus* (Gato montés)



Figura 20. Huella de *Didelphis virginiana*



Figura 21. *Peromyscus boylii* (Ratón orejón)

Como se puede apreciar en la figura 22 las aves son el grupo más numeroso de vertebrados ya que representa el 59% de la fauna registrada en el campo, como siguiente grupo son los mamíferos con un 28%, reptiles con 12% y por último los anfibios con un 1%. Desde luego que estas cifras no se pueden considerar como definitivas y seguramente habrá mucho más anfibios y reptiles, que sólo se podrán conocer si se realizan investigaciones específicas diseñadas para conocer las poblaciones de vertebrados de la localidad.

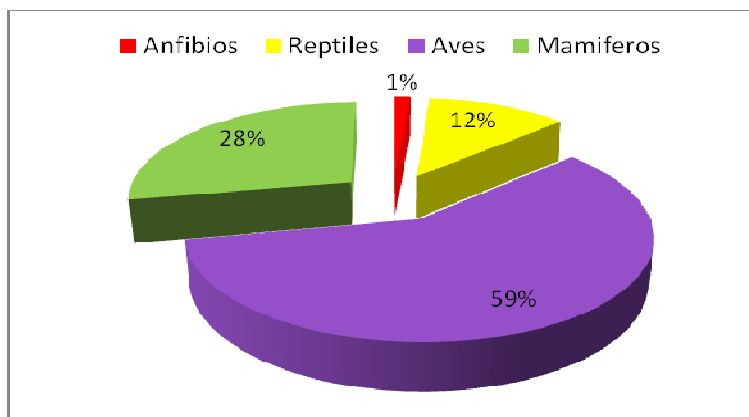


Figura 22. Composición porcentual de la fauna de vertebrados registrada en la sub-cuenca de Otumba

### 8.5 Invertebrados comestibles

Los insectos son los animales que más abundan en el mundo y que además son una fuente rica de proteínas, de ahí su importancia para utilizarlos como una alternativa en la alimentación (Ramos-Elorduy 2000). Por esa razón deben ser aprovechados de una manera sistemática y sustentable.

- Insectos útiles:

El gusano blanco de maguey (*Thet'ue* en otomí), comprende a la especie *Acentrocneme hesperiaris* Lepidoptera: Cossidae; se encuentra en el maguey (*Agave* sp.) Se localiza en las base de la penca, la temporada de colecta en la región de esta especie es de febrero a junio. De cada penca se extraen de 3 a 4 gusanos; lo hace que sea un platillo caro aproximadamente 120 pesos la orden.

El gusano rojo de maguey (*Thenkue* en otomí) *Hypopta agavis* Lepidoptera: Cossidae; se extrae de entre las raíces del maguey (*Agave salmiana*), la temporada es de septiembre a noviembre aunque en algunos lugares se consigue en febrero y marzo su costo de este platillo es de 140 pesos la orden.

Los escamoles (del náhuatl *azcatl*, hormiga, y *mol*, guiso) *Liometopum apiculatum* Formicidae: Dolichoderinae; son larvas de la hormiga que construyen sus nidos bajo la tierra, principalmente en la base del maguey, en las nopaleras o junto a los árboles de

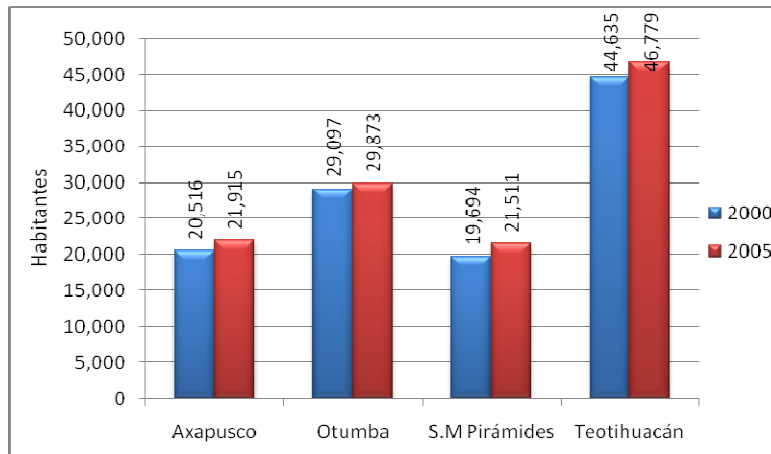
pirul. El escamol se cosecha cada año, entre los meses de febrero y abril. Su costo es de 500 pesos el litro o bien la orden 120 pesos.

El costo de los insectos comestibles antes mencionados son los observados en el 2009.

## CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO SOCIO-ECONÓMICO

### 8.6 Demografía

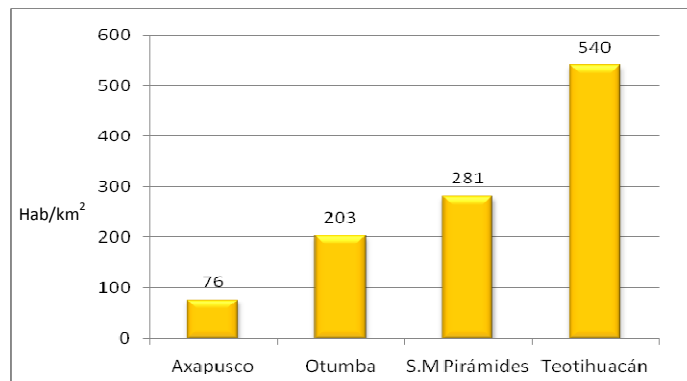
De acuerdo con el Censo General de Población y Vivienda 2000 y 2005 (INEGI), se tiene que la población total que habita en la sub-cuenca de Otumba es aproximadamente 120,000 habitantes, siendo el municipio de Teotihuacán el que más población tiene ya que comprende el 39% de la población total, seguido de Otumba con un 26%, Axapusco y S.M Pirámides con un 18% y 17% respectivamente. No se observa un aumento significativo de la población entre el año 2000 y 2005 (Fig. 23).



Fuente: INEGI, Censo Nacional de Población y Vivienda 2000 y 2005

Figura 23. Población total por municipio de acuerdo a los censos 2000 y 2005

Por lo que respecta a la densidad de población se tiene que el municipio con mayor densidad de habitantes es también Teotihuacán con 540 hab/km<sup>2</sup>, le sigue S.M. Pirámides con 281 hab/km<sup>2</sup>, Otumba con 203 hab/km<sup>2</sup> y el de menor densidad es Axapusco con 76 hab/km<sup>2</sup> (Fig. 24).

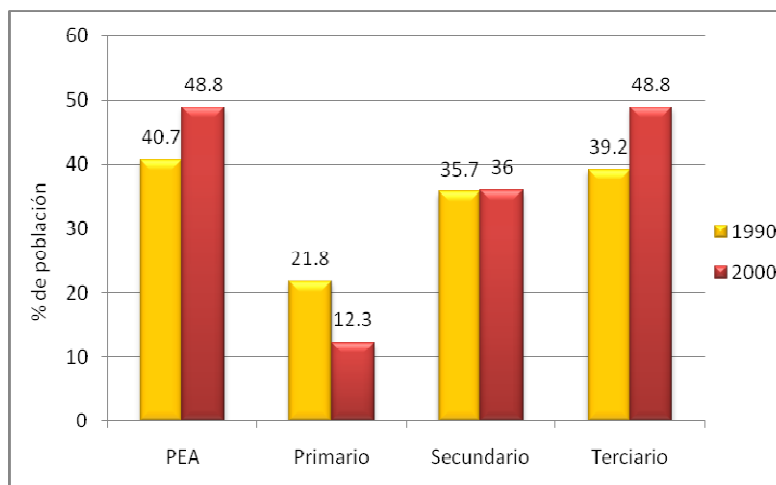


Fuente: INEGI, 2001

Figura 24. Densidad de población en los diferentes municipios

### 8.6.1 Población económicamente activa (PEA) por sector

En la figura 25 se observa que el sector terciario (servicios) es el que más población ocupa, en el año 2000 este sector generó casi el 50% de los empleos de la sub-cuenca, también es notorio que este sector tuvo un incremento de 9.6% en diez años. Por otra parte el sector secundario (Industria de la transformación y manufactura) ocupa el 36% de la PEA, siendo la industria maquiladora la que más presencia tiene. El sector primario es el que menos empleos genera, ya que en el año 2000 sólo ocupó el 12.3% de la PEA. Como se observa en la figura 25, en 10 años este sector presentó una caída fuerte del 9.5%, que muestra una clara tendencia negativa. Es pertinente hacer un análisis más profundo de la problemática de este sector para saber qué está ocurriendo y así poder reactivarlo, también es conveniente diversificar y hacer crecer más al sector secundario, ya que en diez años se ha mantenido igual. Al realizar una comparación entre la población económicamente activa (PEA) de los años 1990 y 2000 se observa un crecimiento de ésta en 8.1%.

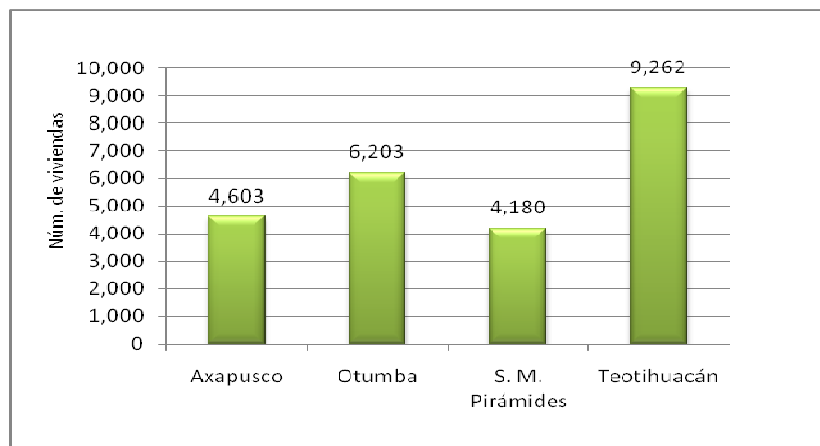


Fuente: INEGI, 2001

Figura 25. Gráfica donde se compara la población económicamente activa de 1990 y 2000 en toda la sub-cuenca

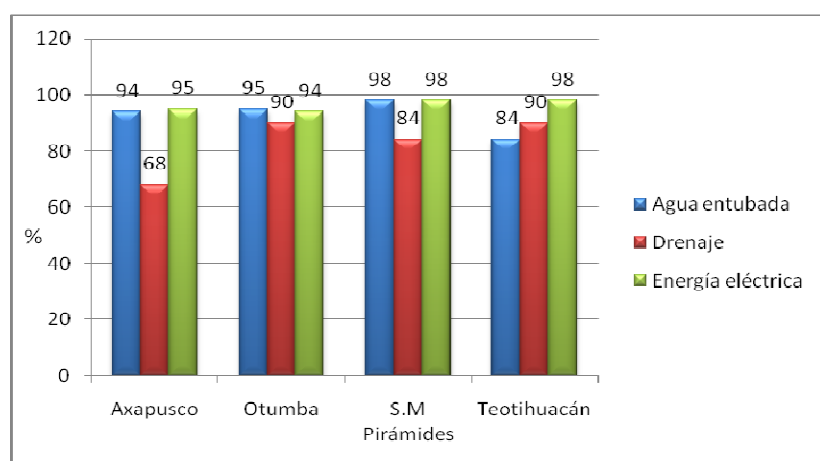
### 8.6.2 Vivienda e infraestructura

Como se observa en la figura 26, el municipio con mayor número de viviendas es Teotihuacán con el 38% del total que hay en la sub-cuenca, Otumba contribuye con el 26%, Axapusco con 19% y por último S.M. Pirámides con un 17%. Todas las viviendas consideradas en estos datos cuentan con piso de cemento y con la mayoría de los servicios básicos. La gráfica de la figura 27, muestra que en todos los poblados considerados, el 60% de las viviendas cuentan con los servicios de agua entubada, drenaje y energía eléctrica, también se ve que Otumba es el municipio con mayor cobertura de servicios. Por otra parte, Axapusco es el municipio con mayor rezago en agua potable.



Fuente: INEGI, 2001

Figura 26. Gráfica que muestra el número de viviendas por municipio



Fuente: INEGI, 2001

Figura 27. Gráfica donde se observa el cubrimiento de servicios básicos por municipio

### 8.6.3 Agua

La contaminación del agua se origina básicamente a partir de descargas domésticas por otro lado existe la sobreexplotación de los mantos acuíferos, así como la existencia de aguas residuales industriales que no son tratadas y que son vertidas en las cuencas cercanas a la mancha urbana y que representan un riesgo para la población. En este sentido, también existen depósitos naturales de agua; los llamados Jagüeyes, que se convierten en depósitos de agua estancada, propiciando fauna nociva (GEM, 2006).

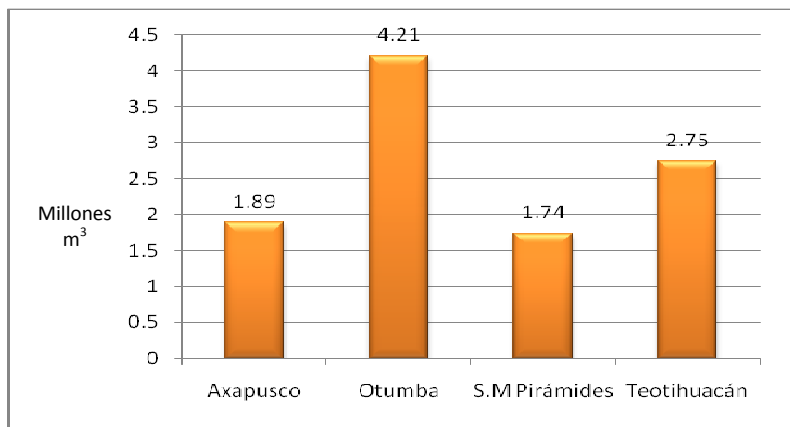
Al hacer una revisión sobre el manejo de aguas residuales y descargas domésticas en los municipios que conforman la sub-cuenca, generan alrededor de 8.68 millones de metros cúbicos de aguas residuales (ver fig. 28), las cuales son vertidas principalmente a los

siguientes cuerpos de agua: Rio Salado, Rio Grande, Arroyo Estete; pertenecientes a la cuenca del Rio Moctezuma de la Región Hidrológica del Pánuco (CAEM, 2002).

Cabe mencionar que ningún municipio cuenta con una planta de tratamiento de aguas negras, todo es vertido a los arroyos cercanos y a las barrancas, lo que genera un gran problema y por lo tanto consecuencias como la contaminación de los arroyos, en jagüeyes y mantos acuíferos. Esto propicia condiciones insalubres y de riesgo para la población además de la alteración del medio ambiente como son el cambio de uso de suelo, principalmente en áreas ejidales, con su consecuente carencia de infraestructura y servicios urbanos (GEM, 2006).

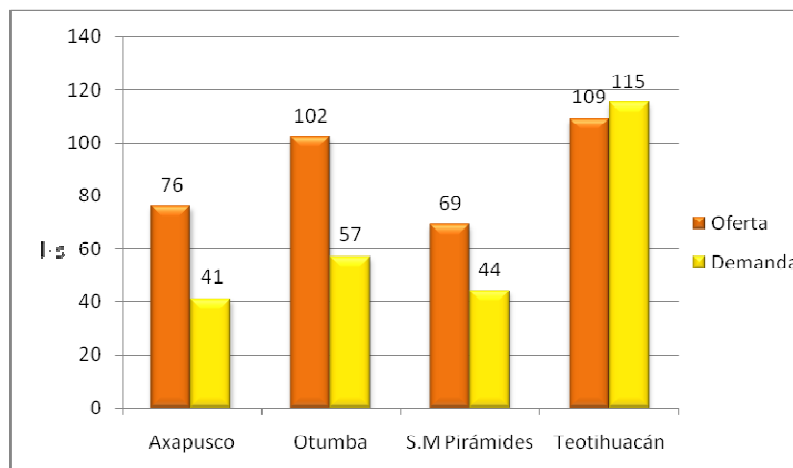
- Agua potable

La oferta de agua potable en la sub-cuenca es de 356 litros por segundo l/s; mientras que la demanda es de 257 l/s (CAEM, 2001). Siendo el municipio de Teotihuacán el de mayor demanda (ver fig. 29).



Fuente: Diagnóstico Ambiental de la Región III: Ecatepec

Figura 28. Volumen de aguas residuales vertidas a cuerpos receptores de agua (millones de metros cúbicos)



Fuente: Diagnóstico Ambiental de la Región III: Ecatepec

Figura 29. Oferta y demanda de agua potable en litros por segundo (l/s)



La falta de una planta de tratamiento de aguas residuales, genera descargas a las principales barrancas provocando fuentes de infección y malos olores, además de contaminar los mantos freáticos por la escasa recarga de estos y la deforestación.

Por lo anterior, es indispensable la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales ya que de no ser así se genera mayor contaminación de suelo y a su vez la deforestación, conformara una cadena de acciones sinérgicas en el sistema ambiental.

## ASPECTOS HISTÓRICO-CULTURALES

### 8.7 Áreas Naturales protegidas

El instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad son las Áreas Naturales Protegidas (ANP). Éstas son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente su reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 161 áreas naturales de carácter federal que representan más de 22,712,284 millones de hectáreas. Estas áreas se clasifican en las siguientes categorías como se muestra en el siguiente Cuadro 9:

Cuadro 9. Superficie que ocupan las diferentes Áreas Naturales Protegidas de México de carácter Federal

Número	Categoría	Superficie en Ha.
38	Reservas de la Biosfera	11,846,462
68	Parques Nacionales	1,505,643
4	Monumentos Naturales	14,093
7	Áreas de Protección de Recursos Naturales	3,467,386
31	Áreas de Protección de Flora y Fauna	6,128,425
17	Santuarios	689
1	Otras categorías	186,734
Total 161		23,148,432

Fuente: CONANP, 2008

Existen dos categorías de (ANP) y una zona arqueológica dentro de la sub-cuenca de Otumba (Cuadro 10).

Cuadro 10. Áreas Naturales Protegidas en la sub-cuenca de Otumba de carácter Estatal

Nombre y año de Decreto	Municipios de la Región	Superficie total del ANP (ha)	Tipo de Vegetación
Parque Estatal Cerro Gordo (1977)	Temascalapa, Axapusco y Sn. Martín de las Pirámides	2,915.03	Matorral xerófilo, bosque de encino, bosque cultivado, pastizal y chaparral.
Reserva Estatal La Cañada (2003)	Otumba	5.0	Matorral xerófilo y bosque inducido

Fuente: SEGEM, 2001 y CEPANAF, 2004

El Cerro Gordo, al que los antiguos llamaron en lengua náhuatl *Tenan*, que significa “Madre de Alguien” porque de él nacen otros muchos cerros pequeños, y así también *Tecmitepetl*, que viene de *Tecmi*, estar lleno, y de *Tepetl*, cerro significando: “Cerro lleno”.

Con una altura de 3,046 metros sobre el nivel del mar, en la cima se ubica un radar de navegación aérea y una estación retrasmisora de ondas radiofónicas. El Cerro Gordo forma parte de una cadena montañosa semi-continua que incluye a los cerros Citlaltépetl (Cerro de la estrella) y El trigo en el descenso oriental, La Soledad, el Texuca, Cerro de la autopista Tulancingo, hacia el sureste la sierra del Patlachique. En Santiago Tepetitlán se continúa con los Cerros; La Cruz, El Cuajió, El Bateas y El Chiconquiaco, se sigue con el cerro del Malinal, La Cueva Tezompan y El Tepetzáyotl, hasta llegar con las depresiones con la falda occidental del Cerro Gordo. El parque estatal Cerro Gordo presenta sobre su cima y ladera poniente, un Bosque de Encino muy perturbado que es utilizado por algunas familias para días de campo o inclusive hasta para acampar; sin embargo no hay ningún tipo de infraestructura recreativa, ni programas de conservación, mucho menos vigilancia o señalamientos; se observa basura dispersa en varias partes. En la ladera alta, se presenta un Matorral de Encino (chaparral), más o menos conservado, el cual está siendo remplazado por nopaleras cultivadas, de tal modo que dicho Matorral está muy fragmentado. En el piedemonte predominan parcelas con cultivo de nopal y algunos relictos de un Matorral Xerófilo de tipo espinoso (huizachal). Es en esta zona donde se presentan fuertes problemas de erosión. Es evidente que este parque se encuentra en completo abandono, además de que carece de un plan de manejo y que no hay interés por parte de algún sector de la población por conservar, restaurar y aprovechar el sitio, el cual todavía tiene un potencial ecoturístico importante<sup>2</sup>.

Por otra parte, la Reserva Estatal La Cañada, se encuentra en el municipio de Otumba en el pueblo de San Francisco Tlaltica, tiene una superficie de 5 ha, presentan un vegetación xerófila con distintos tipos de matorrales hasta bosque de eucaliptos. Fue declarada como reserva debido a que presenta vestigios de culturas prehispánicas. Es una reserva poco conocida por los habitantes de la localidad, también presenta señales de descuido y falta

interés e inversión. Tampoco cuenta con plan de manejo que incluya programas de restauración y de aprovechamiento que permitan un mayor atractivo para el esparcimiento y recreación de la población del municipio de Otumba y del turismo en general (GEM, 2003).

### 8.7.1 Zona Arqueológica de Teotihuacán

Esta área es considerada como el centro arqueológico prehispánico más importante del país, por lo que fue declarada Patrimonio Histórico de la Humanidad, otorgado por la UNESCO el 24 de agosto de 1988.

Originalmente, la zona arqueológica estaba dividida en tres grandes áreas:

- Área Central de Monumentos, que abarcaba una superficie de 263 hectáreas, en la cual no se permite ningún tipo de construcción.
- Área ampliada de monumentos arqueológicos, con una superficie de 1,730 hectáreas, establecida por la presión urbana y por la riqueza que se tiene en la zona. En ella no se permite la construcción de nuevas viviendas y la ampliación de éstas se encuentra sujeta a dictamen emitido por el INAH.
- Área de protección general, con una superficie de 1,378 hectáreas, definida como parte de la zona arqueológica por la existencia de vestigios descubiertos en ella. En esta zona se permite la construcción y ampliación de viviendas, siempre y cuando no atenten contra la integridad y preservación de monumentos.

La zona arqueológica está constituida por los siguientes elementos:



Figura 30. Pirámide de la Luna

- La Pirámide del Sol: Es la de mayor altitud y de mayor volumen de todas las del recinto de Teotihuacán presenta una altura de 63 mts. Es la segunda más grande en volumen de todo el país.
- Pirámide de la Luna: Tiene una base cuadrangular y una altura de 42 metros (Fig. 30). Frente a ésta hay una estructura cuadrangular en cuyo interior hay diez pequeños altares.

- La Ciudadela: Está constituida por una plataforma cuadrangular de 400 metros por lado, rodeado por basamentos piramidales con un adoratorio central.
- Templo de los Animales Mitológicos: Es una estructura baja de dos cuerpos escalonados. En él destacan las pinturas correspondientes a un pueblo más antiguo.

- Palacio de los Jaguares: Consta de un gran plato residencial y en la parte baja de los muros ostentan representaciones de los jaguares.
- Palacio de Quetzalcóatl: Tiene una escalinata ancha y decorada con una enorme cabeza de serpiente. También ostenta pinturas, murales y figuras decoradas, con una base y una cabeza de serpiente (GEM, 2003).

### 8.8 Uso del suelo

Debido que la mayoría de los Municipios que conforma la sub-cuenca son de origen rural, el uso de suelo que predomina es el agrícola. Como se observa en las figuras 31 y 32 la parte que comprende más superficie en la sub-cuenca es la agricultura de temporal con una superficie de 141,702.89 km<sup>2</sup>.

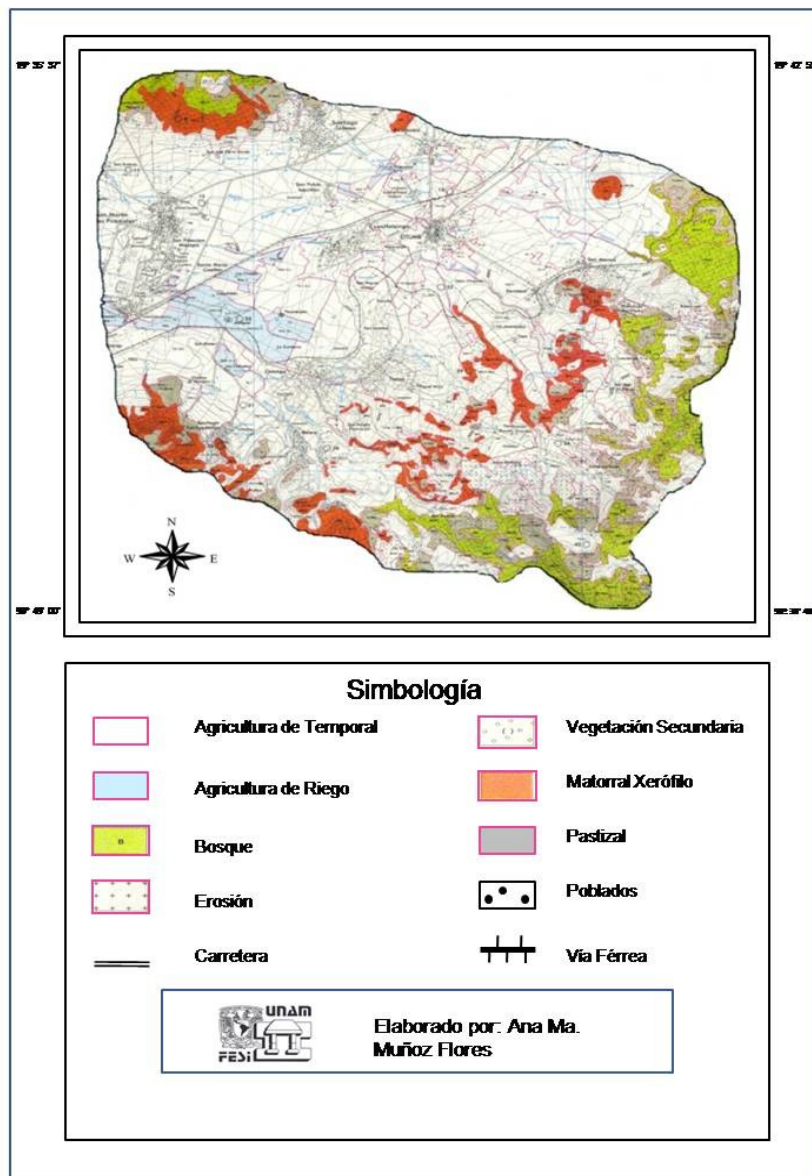


Figura 31. Uso de suelo y vegetación 1982

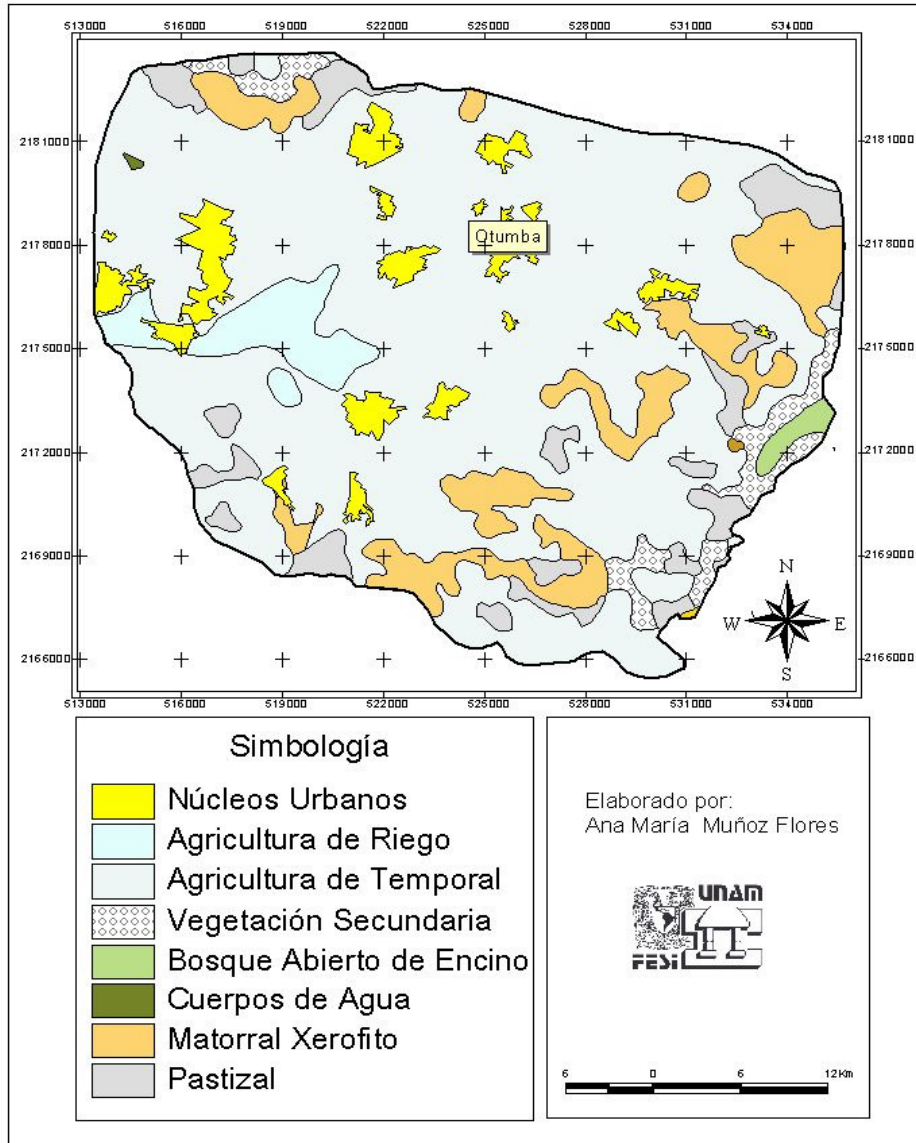


Figura 32. Mapa de uso actual del suelo de la sub-cuenca de Otumba

Al hacer una comparación en un periodo de 26 años de diferencia del uso de suelo actual y de 1982 (Fig. 33), el Bosque en general disminuyó un 3% posiblemente por la tala e incendios forestales, ya que en los recorridos de campo se notaron indicios de incendios (troncos quemados) principalmente en zona sur-este (Cerro Cuichi), el Matorral Xerófilo se redujo un 5%, por el contrario de la agricultura de temporal tuvo un aumento de 7%.

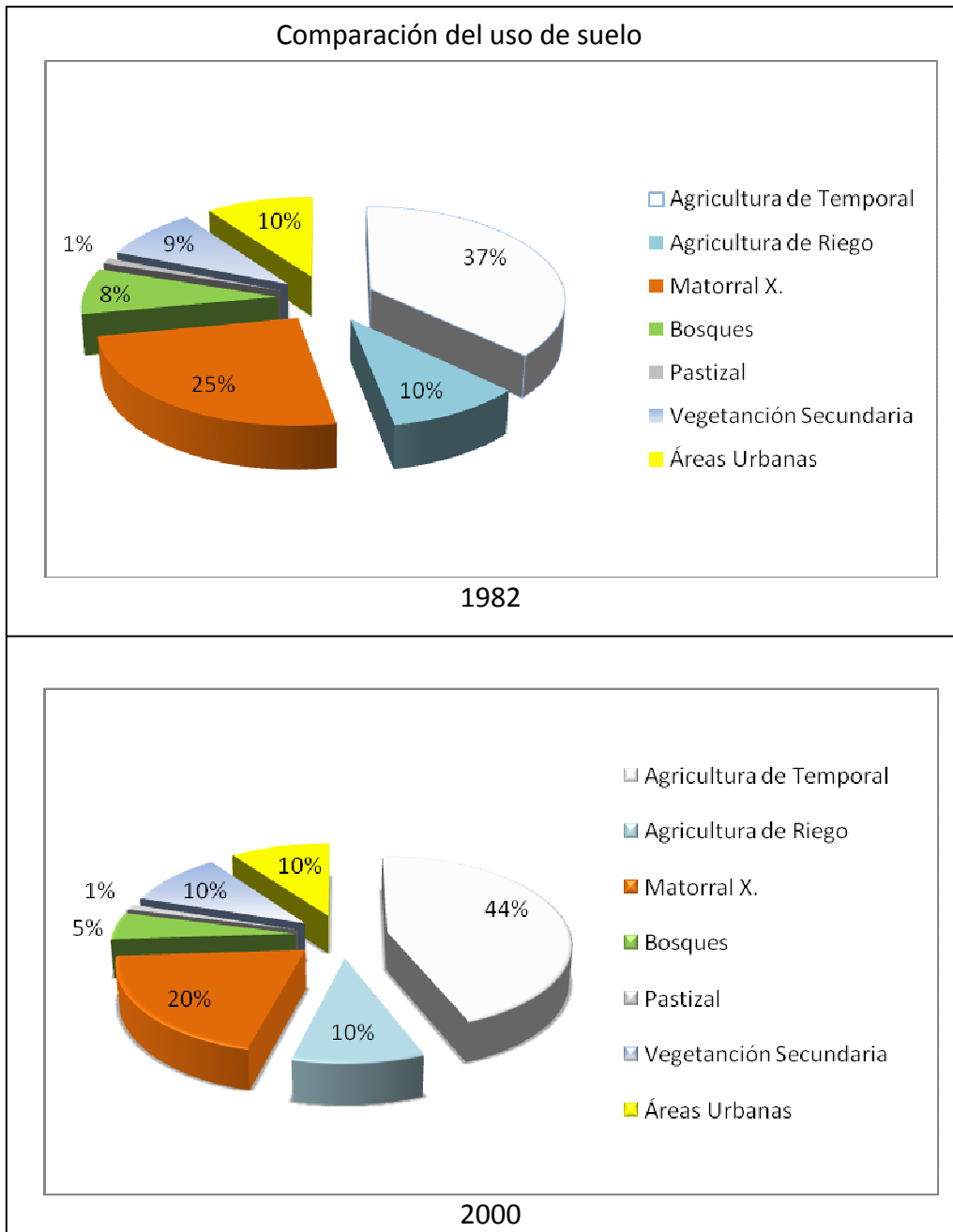


Figura 33. Comparación del uso de suelo en 1982 y estado actual representados en porcentaje

En un tiempo relativamente corto la vegetación de México ha sufrido extensas alteraciones antrópicas. Muy pocas áreas del territorio nacional contienen aún comunidades ecológicas inalteradas. La huella de la deforestación, las quemadas de monte, el sobrepastoreo y sus consecuencias sobre la vegetación y el suelo fértil están a la vista en casi cualquier paisaje del país (Yañes, 1999). Ante esta situación de tan graves

consecuencias sobre la productividad del campo y la conservación de la biodiversidad surge como una prioridad inaplazable el comenzar a desarrollar procedimientos para revertir este terrible deterioro de una manera inteligente. A pesar de que en la gran mayoría de las superficies muy alteradas no lograremos ya recuperar lo que antes existía, es aún posible inducir el desarrollo de una vegetación protectora que permita conservar e incrementar la fertilidad del suelo y parte de la diversidad de plantas y animales.

Como lo señala Yañes (1999), un recurso fundamental para lograr lo anterior lo constituyen las especies vegetales herbáceas y leñosas nativas que tengan la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y el restablecimiento de al menos parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios.

Una manera en que podemos utilizar a las plantas silvestres domesticadas de forma combinada con la producción agropecuaria es mediante los sistemas agrosilvopastoriles, que pueden tener una estructura espacial muy variable dependiendo del tipo de ecosistema del que se trate y del propósito perseguido en su diseño. Se trata de combinaciones de cultivos de árboles y arbustos con cultivos o pastizales, que varían en secuencia temporal, composición de especies, arreglo espacial y en las interacciones biológicas que se dan entre sus componentes. Si estos sistemas están bien diseñados, sus componentes leñosos pueden prestar servicios valiosos como: sombra, protección al cultivo contra el viento, control de erosión eólica, e hídrica, reducción de la evapotranspiración, acumulación de materia orgánica en el suelo, fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y por la vegetación, reciclaje eficiente de nutrientes minerales, retención e infiltración del agua en el suelo y un hábitat adecuado para algunas especies nativas, al mismo tiempo que se obtienen productos suplementarios a los que origina el cultivo o el ganado que se produce en el sitio.

Estos productos pueden ser: forrajes, leña y carbón, postes, abonos verdes, vainas comestibles, miel, árboles maderables y frutales, colorantes, fibras, entre otros productos. Las otras ventajas que nos proporcionan los sistemas agrosilvopastoriles son en esencia una mejor conservación del suelo y reducción en el uso de fertilizantes. Desafortunadamente, presiones de índole económica o estructuras sociales derivadas de las formas de tenencia de la tierra dificultan la implementación de estos sistemas (Yañes, 1999).

### 8.8.1 Principales cultivos

- La tuna blanca (*Opuntia megacantha*) se ha extendido en la localidad en poco tiempo y actualmente ocupa la mayor parte de la planicie, colinas y lomeríos de la sub-cuenca, desde San Juan Teotihuacán hasta Axapusco. Se cultiva en suelos tepetatosos (Durisoles) y aun en los que tiene un alto grado de pedregosidad, desplazando a la vegetación de pastizal y matorral xerófilo. La misma especie es utilizada como nopal de verdura, en los últimos años también se ha incrementado el cultivo del nopal como verdura especialmente en invernaderos bajo cubierta de plástico semiforzado.
- El maíz (*Zea mays*) es un cultivo anual tradicional que se siembra para el autoconsumo y también para su venta. Se siembra en hileras con espacios entre plantas de 30 a 50 cm lo que permite el crecimiento abundante de malezas como *Bidens odorata*, *Lopezia racemosa*, *Sicyos angulatus*, *Simsia amplexicaulis* así como *Anoda cristata*, *Bidens aurea*, *Cosmos bipinnatus*, *Cyperus esculentus*, *Eruca sativa*, *Euphorbia dentata*, *Ipomoea purpurea*, *Medicago polymorpha y sativa*, *Oxalis lunulata* y *Polygonum aviculare* (Castilla y Tejero 1987).
- La cebada (*Hordeum vulgare*) y la avena (*Avena fatua*) son cultivos anuales de invierno que se siembra en forma muy densa y su crecimiento alcanza alrededor de un metro de altura. Ocupa lugares llanos de origen aluvial. La cebada se cultiva principalmente en Axapusco.
- La alfalfa (*Medicago sativa*) es un cultivo subperenne (3 a 5 años) que se siembra en forma densa, con un crecimiento de 50 a 80 cm, ocupa terrenos de riego.
- El maguey (*Agave mapisaga* y *A. salmiana*, eran de los cultivos más comunes en la región; su cultivo sistemático se ha abandonado y ahora se usa predominantemente para delimitar las parcelas y en cercos vivos para controlar la erosión también tiene un mercado aceptable para el cocimiento de barbacoa y de los mixiotes. En el Cerro Gordo a 2850 msnm, existe un área de cultivo abandonado de *A. mapisaga* donde se pueden observar arbustos de *Senecio salignus*, *Baccharis conferta* y *Eupatorium petiolare* que han ocupado los espacios entre las hileras.

#### Otros productos vegetales de interés:

- La flor de *iczote* o yuca; la flor del maguey común y de monte llamado *gualungo*; se pueden encontrar en los mercados o plazas de la región durante los meses de febrero a abril asimismo el xoconoxtle (*Opuntia joconostle*) es muy apreciado en la región; aparentemente este se cultiva durante todo el año.



- En los recorridos en campo se observó que los habitantes de las localidades utilizan a los órganos (*Stenocereus* sp.) como barreras ya sea para la división de terrenos o bien como cercas vivas, costumbre que va perdiendo arraigo.

La vegetación natural incluyendo tanto a la primaria como la secundaria ocupa el 20% de la superficie de la sub-cuenca, presentándose esencialmente en los piedemontes y en elevaciones. El uso forestal que se hace de la vegetación es a baja escala de tipo doméstico, principalmente para la extracción de leña.

El uso pecuario ocupa un lugar secundario en la región, ya que alcanza tan sólo el 4.74% de la superficie de Otumba. El uso urbano representa el 4.86%, sin embargo, esta superficie aumenta considerablemente por el rápido crecimiento poblacional el cual se incrementó a partir de 1980, esto trajo como consecuencia la invasión de áreas ejidales, la subdivisión arbitraria de predios y un crecimiento no planificado.

Otros de los usos son: el industrial, la minería (de materiales para la construcción), áreas con erosión severa y terrenos sin uso específico. Los cuales representan el 5% de la superficie. Estos usos se encuentran dispersos por toda la sub-cuenca, concentrándose en barrancas, zonas de escurrimientos, lomeríos o en elevaciones aisladas. También es importante mencionar la presencia de una gran cantidad de granjas avícolas, que se encuentran principalmente hacia el sur poniente de la sub-cuenca a lo largo del camino que va al poblado de Belem (GEM. 2006).

A manera de síntesis se puede comentar que la práctica de la agricultura de temporal es la actividad productiva más extensiva, sin embargo tal y como ocurre en muchas otras partes del país, es poco diversa y dependiente de unos cuantos cultivos, esto genera una sobreoferta de productos, misma que se concentra sólo en ciertas épocas del año, provocando con esto precios de venta muy bajos y escasas ganancias para los productores. El monocultivo crea mucha dependencia e incertidumbre económica. Por eso es recomendable diversificar las actividades productivas, lo cual ayudará a disminuir la competencia, mejorar los precios y generar más empleos. Otro aspecto que se debe tomar en cuenta en las propuestas de alternativas productivas es la aptitud del suelo, como se señaló en los resultados relativos a los tipos de suelo, la mayor parte del territorio de la sub-cuenca presenta suelos poco aptos para el desarrollo de cultivos convencionales, además también hay que considerar las restricciones climáticas ya que la precipitación es escasa y errática.

Otro punto importante a discutir es el relativo al cambio de uso del suelo, el cual se ha hecho arbitrariamente, sin considerar las capacidades que ofrece el territorio, si bien se sabe que existe una regulación estatal y municipal en cuanto al uso del suelo se refiere, muchas veces ésta no contempla la aptitud del territorio ya que se le da mayor peso a los aspectos socio-económicos. Un ejemplo de esto son todas las áreas de matorrales y bosques que fueron eliminadas para introducir cultivos, sin considerar que muchos de

esos sitios no tienen vocación agrícola, esto ha generado fuertes problemas de erosión y pérdida de la biodiversidad (GEM, 2003).

### 8.8.2 Índice de antropización

Este índice propuesto en el manual de Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial (2004) refiere la relación entre cubiertas del terreno naturales con respecto de las coberturas que resultan de la actividad humana. El índice permite una primera aproximación al grado de impacto global expresado a través de la relación cobertura natural/no natural.

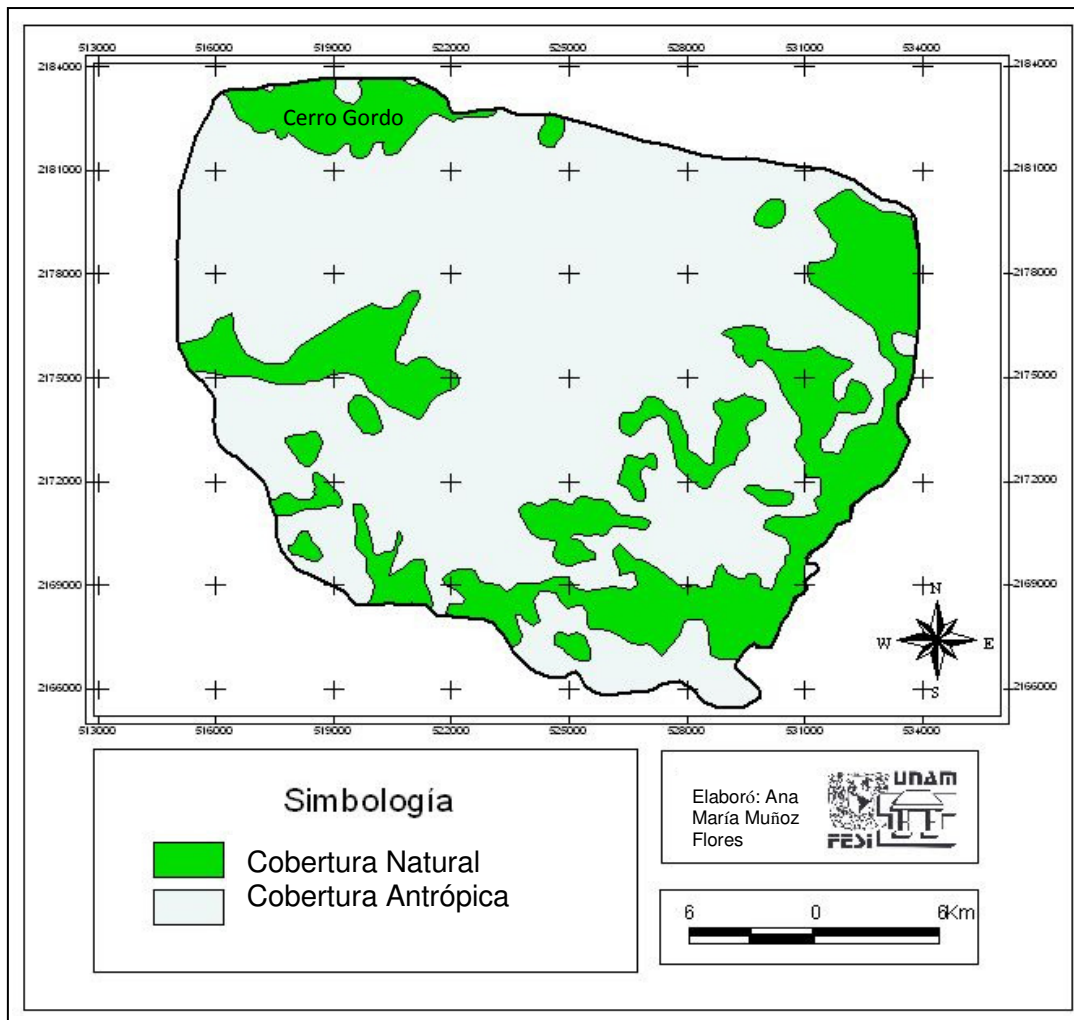


Figura 34. Mapa relación de la cobertura natural/antrópica

El índice de antropización evalúa y contrasta dos categorías de coberturas o superficies; natural y antrópica. La categoría natural incluye las formaciones vegetales como: bosques, matorrales, pastizales y otros tipos de vegetación. La categoría antrópica comprende cultivos, pastizales cultivados e inducidos, asentamientos humanos, etc., (Palacio *et al.*,

2000). La relación en superficie entre estas dos categorías representa el grado de antropización del territorio. Como se observa en la figura 34, la cobertura antrópica ocupa una superficie de 204 km<sup>2</sup> (73%) superior a la cobertura natural con 76 km<sup>2</sup> (27%). Este índice muestra que tres cuartas partes del territorio estudiado ha sido modificado e impactado por las actividades humanas y que sólo una cuarta parte presenta una cobertura natural, la cual se encuentra muy fragmentada y perturbada, lo que significa que si no se toman las medidas pertinentes pronto, los sistemas naturales desaparecerán por completo.

### 8.8.3 Distribución espacial de los asentamientos

Por lo que respecta al crecimiento urbano, si se observa el mapa de uso del suelo actual (Fig. 32), es muy notoria la presencia de una gran cantidad de asentamientos humanos dispersos por toda la sub-cuenca. Para evaluar y analizar el impacto de este fenómeno se estimó el nivel de urbanización y dispersión de los poblados por medio del Índice de Clark-Evans o Índice  $R_n$  (Cuadro, 11), propuesto en el manual de Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial 2004. Este índice explica que tan concentrado se encuentra el sistema urbano regional y cuál es su tendencia (Fig. 35), también informa sobre la relación que existe entre el número de ciudades (sin importar su tamaño) y la distancia que hay entre ellas es decir, es una medida de la distribución espacial de los asentamientos (Racionero, 1981).

Fórmula para obtener el índice de Clark-Evans ( $R_n$ ):

$$R_n = 2d \sqrt{\frac{N}{S}}$$

En donde:

$d$  = distancia promedio de cada asentamiento con respecto al más próximo

$S$  = superficie del municipio

$N$  = número de localidades

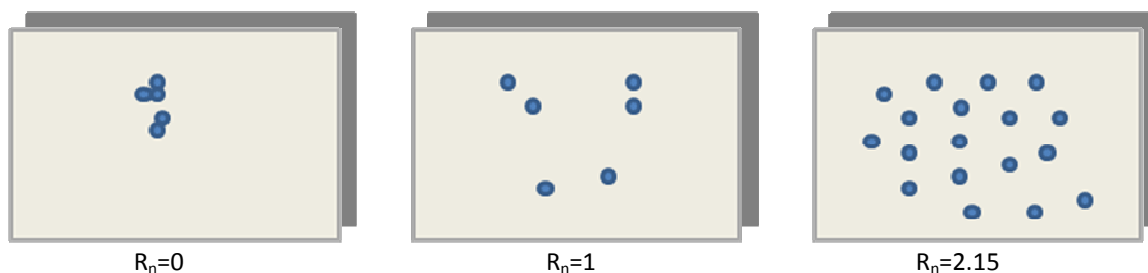


Figura 35. Asociación entre el valor  $R_n$  y el tipo de patrón de arreglo que presentan las poblaciones

Cuadro 11. Valor del Índice de Clark-Evans por municipio

Poblado	Distancia del poblado más cercano km	Superficie del Municipio km <sup>2</sup>	Municipio	No. Habitantes	Índice R <sub>n</sub>
Tecauitlán Atla	5.33	269.01 km <sup>2</sup>	Axapusco	556	0.62
Axapusco (Cabecera Municipal)	1.93	269.01 km <sup>2</sup>	Axapusco	3,004	
Cuautlacingo	1.83	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	2,941	1.65
Xamimilolpan (Xolpa)	1.31	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	295	
Otumba (Municipio)	1.31	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	29,097	
Tlalmimilolpa	2.28	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	363	
San Marcos Tlaxuchilco	1.74	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	1,918	
San Martín Ahuatepec	1.74	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	1,372	
Ejido Buenavista (La Mocha)	2.98	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	218	
Oxtotipac	2.03	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	2,723	
San Francisco Tlaltica	2.03	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	1,505	
Santiago Tolman	2.11	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	4,853	
Belem	2.20	143.42 km <sup>2</sup>	Otumba	1,986	
Santiago Tepetitlan	2.20	70.00 km <sup>2</sup>	S.M de las Pirámides	1,405	0.90
San Pablo Ixquistlan	1.89	70.00 km <sup>2</sup>	S.M de las Pirámides	1,616	
San Martín	2.45	70.00 km <sup>2</sup>	S.M de las Pirámides	11,695	
Sebastián Solapa	2.19	82.66 km <sup>2</sup>	Teotihuacán	4,918	0.75
Teotihuacán de Arista	2.19	82.66 km <sup>2</sup>	Teotihuacán	20,252	
San Francisco Mazapa	1.59	82.66 km <sup>2</sup>	Teotihuacán	3,176	

Los resultados obtenidos al aplicar este índice muestran que los municipios de Axapusco, Sn Martín de las Pirámides y Teotihuacán presentan una distribución de tipo aleatorio y disperso. El municipio de Otumba presenta una distribución homogénea. Ninguno de los municipios tiene una distribución concentrada. La interpretación del índice señala que los sistemas urbanos más adecuados para el desarrollo económico son aquellos que tienden a adoptar una distribución uniforme u homogénea en el territorio. De acuerdo a lo anterior se tiene que el municipio de Otumba es el que presenta mejores condiciones para el desarrollo económico y mayor facilidad para la urbanización. Por otro lado en los patrones dispersos y con distribución aleatorio, el desarrollo es desigual y la urbanización más difícil y costosa (Fig. 35).

### **8.9 Matriz de Leopold**

La Matriz de Leopold publicada en 1971, permite conocer y evaluar los impactos ambientales a través de las interacciones que se dan entre las actividades humanas (columnas) y los elementos del medio natural (renglones). Para llenarla se requiere identificar todos los componentes ambientales susceptibles de ser impactados por las actividades humanas. Los elementos de una actividad que interactúan con el ambiente pueden denominarse factores ambientales. Cuando estos factores se tornan significativos para el hombre y su ambiente adquieren la connotación de impacto ambiental. A cada interrelación se le asignan valores, que se califican de acuerdo a una escala de evaluación de impacto, que expresa la situación ambiental de los componentes. Los valores asignados están en función del deterioro ambiental que se cause (Canter, 1999).

Un impacto puede ser positivo o negativo y se consideran significativos cuando superan los estándares de calidad ambiental, criterios técnicos, hipótesis científicas, juicio personal, valoración económica o social, entre otros criterios. Los impactos pueden caracterizarse básicamente en:

- Impacto positivo

Aquel admitido como tal, tanto por la comunidad técnica y científica como por la población en general, en el contexto de un análisis completo de los costos y beneficios genéricos y de los aspectos externos de la actuación completa.

- Impacto negativo

Aquel cuyo efecto se traduce en pérdidas de valor natural, estético-cultural, paisajístico, de productividad ecológica o en aumento de los prejuicios derivados de la contaminación, de la erosión y de más restos ambientales en discordancia con la estructura ecológica-geográfica.

### 8.9.1 Impactos ambientales identificados en la sub-cuenca de Otumba

Para la caracterización de la matriz se consideraron 5 grupos de actividades generadoras de impacto conformadas de la siguiente manera:

- Agricultura
- Actividades pecuarias
- Minería
- Industria
- Actividades urbanas

De acuerdo con los recorridos en campo y la revisión bibliográfica se identificaron 4 categorías de elementos impactables estos son:

- Medio físico
- Medio biótico
- Medio socio-económico
- Paisaje

En la matriz de Leopold modificada (ver cuadro 12), se asignaron valores al interaccionar cada acción generadora de impacto con los elementos impactables; los aspectos a cubrir son dos por cada uno, la parte superior corresponde a la magnitud del impacto en una escala de -10 a +10 y en la parte inferior esta la importancia del impacto en una escala de 0 a 10 incluyendo los impactos positivos y negativos.

Acorde a lo anterior la Matriz de Leopold se integró de la siguiente manera:

Cuadro 12. Matriz de Leopold modificada

Magnitud del Impacto 1 A 10 (- o +)		Actividades Generadoras de Impactos													Total		
		Agricultura			Actividades pecuarias			Minería	Industria		Actividades Urbanas						
		Perenne	Temporal	Riego	Bovinos	Caprinos	Aves	Material de Construcción	Residuos sólidos	Emisiones a la atmósfera	Manejo y distribución de residuos	Deforestación	Vías de Comunicación	Urbanización		Extracción agua sub.	Vertimiento de desecho/agua
Elementos Ambientales Impactables	AGUA	Corrientes superficiales						-4		-5		-5	-7		-10	-31	
		Corrientes subterráneas		-4				-4		-2		-7	-3	-6	-5	-29	
		Recarga			-4							-6	-3	-4	-8	-27	
		Calidad							-6	-4			-10	-5	-8	-28	
	SUELO	Erosión	-3	-8	-3		-8	-10			-6	-4				-42	
		Fertilidad	4	4	1		2	2			3	3				19	
		Degradación	-5	-7					-3		-5			-4	-5	-29	
			4	4					2		2			3	3	18	
	RELEVANTE	Erosión				-4	-8	-10			-6	-4				-32	
		Modificaciones				1	2	2			2	3				10	
		Movimiento de masas						-9			-5	-4				-23	
		Calidad						2			2	-5	3			9	
	MEDIO BIÓTICO	Flora	-9	-7	-6	-1	-6	-10	-2	-3	-4	-9	-3	-8	-4	-2	-74
		Fauna	3	4	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	5	2	33
		Ingresos	+5	-3	-6	-1	-1		-9	-2	-4	-10	-10	-10		-4	-55
		Empleos	3	2	1	1	2		2	2	2	2	2	3		5	27
	MEDIO SOCIO-ECONÓMICO	Comercio	+4		+2	+1	+2	+2	+4				+4	+7			26
		Empleos	4		1	1	2	2	2				3	6			21
		Comercio	+3		+2	+1	+2	+3	+3				+4	+7			21
	PAISAJE	Modificación	4		1	1	3	2	2			+8	+10	6			36
Calidad		5		1	1	3	2	2			10	6				31	
Modificación		-3	+5	-3			-1	-10	-2	-5	-5	-7	-10		-7	-48	
Calidad		2	4	2			1	2	1	1	2	5	3		6	29	
PAISAJE	Ruido y vibraciones						-4					-10	-6			-20	
							2					5	3			10	
Total		-5	-20	3	-4	-22	3	-69	-32	-13	-33	-65	-47	-62	-22	-63	
		29	18	16	7	18	9	26	22	9	14	22	49	57	17	45	

Se obtuvo un total de 135 interacciones; 26 positivas y 109 negativas representadas porcentualmente con 20% y 80% respectivamente; en donde se observa que los elementos ambientales (filas) con mayor número de impactos negativos fueron la flora con 14; la fauna con 12, la modificación y calidad del paisaje con 10 interacciones negativas; degradación y erosión del suelo 9 y 7 respectivamente; por otro lado los de mayor impacto positivo es el rubro socio-económico (ingresos, empleos y comercio) con 8 impactos positivos cada uno de ellos.

Como se observa en cuadro 12, el grupo de actividades que generan mayores impactos a los componentes ambientales; en orden de importancia las actividades urbanas, destacando la urbanización, deforestación, vías de comunicación, manejo y distribución

de residuos sólidos como los principales; sigue la agricultura en donde el cultivo de riego representa la de mayor número de impactos; las actividades pecuarias en el cual los caprinos son los que tienen más impactos, el siguiente grupo es la minería con la categoría de material de construcción y el grupo final es la industria siendo la cifra mayor de impactos de este grupo: los residuos sólidos y las emisiones a la atmósfera.

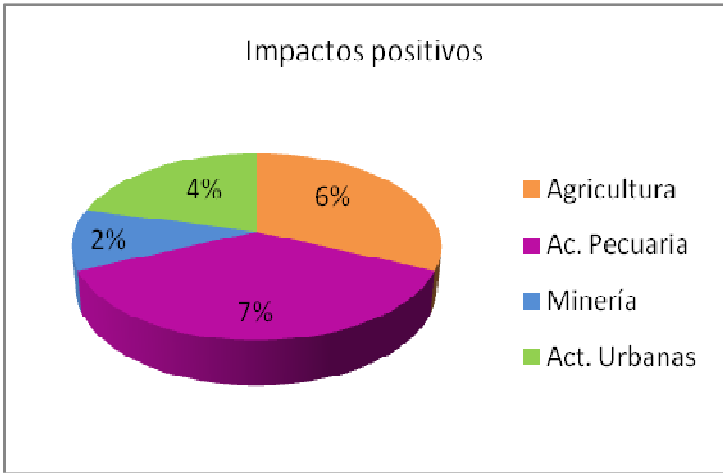


Figura 36. Acciones responsables de los impactos positivos en la zona

En la figura 36, se observan los impactos positivos por grupos en donde las actividades pecuarias tienen el 7%, continuando con la agricultura 6%, las actividades urbanas tiene 4% y la minería con 2%; cabe mencionar que el grupo de industria no presenta ningún impacto positivo.

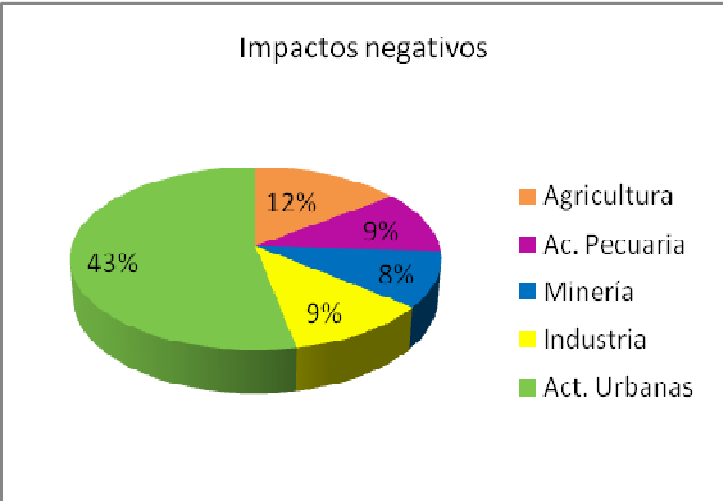


Figura 37. Acciones responsables de los principales impactos ambientales negativos en la zona de estudio



Se observa en la figura 37, que el grupo con mayor número de impactos negativos fueron las actividades urbanas con el 43%, el siguiente grupo es la agricultura con 12%, con el mismo número de impactos las actividades pecuarias y la industria con 9% y el 8% pertenece a la minería.

En el cuadro 13, se presenta una síntesis de la matriz de Leopod, en el que se maneja la frecuencia y el porcentaje para la magnitud e importancia de cada valor de impacto ( $\pm 1$  y  $\pm 10$ ). Para la magnitud el valor de -4 es el de mayor frecuencia con 21% y el de menor frecuencia es -9 con el 4%; los de menor repetición son los valores -7, -8 y -10 representados con el 1%. Para la importancia el valor 2 tiene una frecuencia del 37%; siendo este valor más alto, el 7, 8, 9, y 10 son los de menor frecuencia representados con el 0.7%

Cuadro 13. Frecuencia de impactos ambientales

Magnitud						Importancia		
V.I	F	%	V.I	F	%	V.I	F	%
-1	5	4.6	1	3	2	1	26	19.25
-2	9	8.25	2	5	4	2	51	37.8
-3	11	10.09	3	6	4.3	3	30	22.22
-4	23	21.10	4	6	4.3	4	14	10.4
-5	18	16.51	5	2	1.5	5	7	5.2
-6	12	11	6	-	-	6	4	3
-7	8	7.33	7	2	1.5	7	1	0.7
-8	7	6.42	8	1	0.7	8	1	0.7
-9	4	3.7	9	-	-	9	-	-
-10	12	11	10	1	0.7	10	1	0.7

V.I = Valor del impacto

F = Frecuencia del valor

% = Porcentaje de frecuencia

De acuerdo a la información derivada de la matriz, se tiene que los elementos ambientales que de una mayor atención desde un punto de vista preventivo y correctivo son la calidad del suelo, agua, flora y paisaje en su conjunto. Por otra parte se puede observar que las actividades más impactantes son: las que tienen que ver con los asentamientos humanos (urbanos y rurales), vías de comunicación, la contaminación por desechos sólidos municipales, la agricultura, pecuarias y minería. En cuanto a los elementos ambientales se requiere proteger las corrientes superficiales como subterráneas así como su calidad ya que son afectadas por la basura como consecuencia de la urbanización. También requieren de atención la erosión del suelo y la pérdida de la fertilidad que es provocada por la práctica de una agricultura de temporal que casi no utiliza medidas de conservación y mejoramiento de suelos. En las zonas con erosión severa se requiere de realizar programas de reforestación con plantas autóctonas.

## 8.10 Presión-Estado-Respuesta

El Modelo de Presión-Estado-Respuesta (PER) fue desarrollado por la OCDE para estructurar su trabajo sobre políticas ambientales, considera que las actividades humanas ejercen Presión sobre el ambiente y los recursos naturales, afectando su calidad y cantidad respectivamente (Estado); la sociedad responde a éstos cambios a través de políticas ambientales sectoriales y económicas generales y a través cambios en su comportamiento y conciencia hacia el medio ambiente (Respuesta de la sociedad) (OCDE, 1993).

El modelo PER resalta las relaciones de causa – efecto por medio de indicadores mostrando cómo están interrelacionados el ambiente, la economía y la sociedad. Tiene la ventaja de ser uno de los marcos de referencia de más fácil uso y entendimiento por lo que ha sido base del desarrollo de modelos más complejos (ver Cuadro, 14).

Los indicadores de presión describen la presión ejercida por las actividades humanas sobre el medio ambiente y los recursos naturales; están relacionados a los patrones de producción y consumo, reflejando intensidades de uso de los recursos naturales y emisiones al ambiente que cuando son medidos sobre un periodo de tiempo muestran el comportamiento de actividades económicas (OCDE, 1993).

Se identificaron 15 indicadores de presión los cuales son señalados en el cuadro 14. De la misma manera se refieren las columnas de estado y de respuesta.

Cuadro 14. Modelo P-E-R

<b>Presión</b>	<b>Estado</b>	<b>Respuesta</b>
Actividad agrícola	- Problemas de erosión y degradación del suelo por el mal uso de plaguicidas y fertilizantes, así como por la contaminación con residuos sólidos	- Ley de conservación de Agua y Suelo - LEGEPA Art 98, 117, 134 - Ordenamientos municipales - Implementar programas de manejo, conservación y restauración de suelos
Expansión agrícola	- Ha ocasionado severos trastornos a los ecosistemas por eliminación y/o reducción de áreas naturales por el cambio de uso de suelo	- LEGEPA Art. 139, 158 - Establecer programas de manejo de las áreas protegidas
Erosión	- Pérdida de la vegetación - Reducción de la fertilidad de los suelos	- Establecer programas de manejo de suelos, reforestación y restauración

Contaminación del Aire en Teotihuacán	- A pesar de no contar con una zona industrial consolidada en el municipio, la contaminación por el desarrollo de este tipo de actividades se genera por 24 fábricas o industrias dispersas por el municipio. Además de la contaminación provocada por la afluencia frecuente de transporte para el turismo	- LEGEEPA Art. 110, 114, 155
Tiraderos clandestinos de residuos sólidos	- Dispersión de la basura - Contaminación de agua, suelo y aire - Arribo de fauna nociva (ratas, moscas, perros) y patógenos (bacterias, hongos y virus)	- LEGEEPA Art 98, 140, 150, 156 - NOM-083-S1993, NOM-098-S-2002, NOM-083-SEMARNAT-2003 - NTEA-006-SMA-RS-2006 que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos - Establecimiento de rellenos sanitarios - Separación residuos sólidos - Educación ambiental a la población en general
Existe un déficit en los sistemas de manejo y recolección de residuos sólidos	- Baja eficiencia en la recolección de desechos sólidos por déficit de unidades recolectoras y de personal, tiraderos clandestinos de basura lo que provoca: malos olores, contaminación, pérdida de la calidad del paisaje, proliferación de fauna nociva	- LEGEEPA Art.150 - Adquisición de más camiones recolectores de basura o efficientizar su trabajo - Plan de Desarrollo Urbano Municipal - Establecer programas de educación ambiental que permitan capacitar a la población para separar residuos, hacer composta, reciclaje de botellas, latas, cartón, papel
Deforestación	- Afectación de la recarga de acuíferos - Erosión - Pérdida de la calidad del paisaje	- Programa de reforestación - Control de incendios - Sistema de vigilancia
Construcción de vías de comunicación	- Modificación del paisaje - Fragmentación del hábitat	- Plan de desarrollo Urbano - Ordenamiento Ecológico estatal

Conflicto vial en la zona centro de Otumba y San Martín de las Pirámides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a los paraderos de los taxis y colectivos por falta de estacionamientos y señalamiento vial</li> <li>- Ruidos, contaminación aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ley de Asentamientos Urbanos</li> <li>- Señalizaciones</li> </ul>
Urbanización	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificulta la dotación de servicios</li> <li>- Fomenta la apertura anárquica de caminos</li> <li>- Disminuye el suelo agrícola</li> <li>- Incrementa la contaminación de suelo, agua y aire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ley de Asentamientos Urbanos.</li> <li>- LEGEEPA Art. 27, 111, 114, 155</li> <li>- Plan de desarrollo Urbano Municipal</li> <li>-Planeación de zonas urbanas</li> </ul>
Expansión urbana sobre el suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perdida del paisaje</li> <li>- Cambio de uso de suelo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ley de Asentamientos Urbanos</li> <li>- Planeación de zonas urbanas</li> </ul>
Riesgo de contingencia ambiental por la presencia de una fábrica de pinturas en la localidad de Santa María Palapa en S.M. de las Pirámides	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No cuenta con una zona de amortiguamiento por estar dentro de la zona urbana, además de no contar con línea de drenaje, lo cual hace suponer que descargan sus desechos a cielo abierto o en alguna gruta o caverna en la zona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LEGEEPA Art. 78, 111, 114, 121, 127, 151</li> <li>- Sancionar con multas de acuerdo al daño ambiental causado</li> <li>- Inspección y vigilancia</li> </ul>
Descarga de aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se vierten directamente sobre el río Estete y arroyo el Soldado sin tratamiento alguno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidades de plantas tratadoras de aguas residuales</li> <li>- LEGEEPA Art. 88, 90, 117</li> <li>Ley de Aguas Nacionales</li> </ul>
Impacto de la actividad turística	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación</li> <li>- Erosión del suelo</li> <li>- Daño a la flora y fauna</li> <li>- Incendios forestales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LEGEEPA Art 45, 47</li> <li>- Incrementar la vigilancia</li> <li>- Establecer planes de manejo en áreas turísticas</li> <li>- Establecer programas de recuperación de flora y fauna</li> </ul>
Falta de orientación y de educación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escaso compromiso de la población con acciones para la conservación y mejoramiento de su entorno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fomentar la educación ambiental, con talleres, pláticas a nivel primaria y secundaria</li> </ul>

### 8.11 Medidas de Mitigación

Se entienden como medida de mitigación la implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra y/o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos.

El último objetivo de este trabajo fue proponer algunas medidas de mitigación acordes a la problemática existente en la sub-cuenca; como se muestra a continuación en el cuadro 15, donde se presentan los 10 problemas identificados, así como las 38 propuestas para disminuir los efectos adversos causados por dichos impactos.

Cuadro 15. Medidas de mitigación

<b>Problemática</b>	<b>Medidas de Mitigación</b>
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"><li>- Incrementar la fertilidad de los suelos agrícolas</li><li>- Evitar el monocultivo diversificando la agricultura</li><li>- Introducir cultivos más rentables y adaptados a las condiciones de la zona</li><li>- Fomentar la fruticultura en la región</li><li>- Formar y fortalecer asociaciones de productores</li></ul>
Contaminación del agua	<ul style="list-style-type: none"><li>- Realizar campañas de educación ambiental, en escuelas, centros de salud, casas de la cultura, etc., para concientizar a la población y no tire la basura en los barrancos y cauces</li><li>- Extender y mejorar el sistema de alcantarillado para evitar la contaminación de los mantos freáticos</li><li>- Realizar auditorías ambientales a las empresas contaminantes de la región y sancionar a las empresas que no cumplan con la normatividad ambiental</li><li>- De acuerdo con la NOM-001-SEMARNAT-1996, el ayuntamiento a través de la dirección de Obras Publicas deberá elaborar su programa de acciones y obras que deberán ejecutar para cumplir con el tratamiento de aguas residuales y poder adherirse al Programa de Saneamiento Integral del Valle de México a cargo de la Comisión Nacional del Agua y Comisión del agua del estado de México para que las aguas residuales de la sub-cuenca puedan ser tratadas en la planta de tratamiento proyectada dentro de su territorio municipal</li></ul>

<p>Erosión del Suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer prácticas de conservación de suelos, lo que implica: promover el uso de barreras biológicas con plantas de la localidad para disminuir la erosión por viento</li> <li>- A través de las organizaciones y asociaciones de productores crear programas agrícolas, la construcción de bordos y terrazas, para disminuir la erosión hídrica</li> <li>- Introducir medidas de restauración en sitios con erosión severa, con el objeto de que se siga extendiendo</li> </ul>
<p>Disminución de la fertilidad del suelo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar estudios de fertilidad de suelos y hacer un mapa de niveles o clases de la misma, para detectar los sitios con niveles bajos e impulsar localmente prácticas de producción</li> <li>- Fomentar los programas de fertilización orgánica e inorgánica de los suelos</li> <li>- Divulgar campañas de elaboración de compostas con los desechos orgánicos, para que se utilicen como mejoradores de suelo</li> <li>- Promover la rotación de cultivos y los sistemas de policultivos</li> <li>- Biofertilización</li> </ul>
<p>Contaminación del aire</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorear e inspeccionar a las empresas contaminantes de la región, para que cumplan con la normatividad vigente relacionada con las emisiones a la atmosfera</li> <li>- Que las autoridades de ecología supervisen y obliguen a las empresas mineras para que controlen las emisiones de partículas a la atmósfera</li> <li>- Que se exija a las empresas mineras la restauración de los sitios, una vez que el beneficio termine</li> <li>- Restauración de sitios abandonados</li> </ul>
<p>Residuos sólidos Municipales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir dos o tres rellenos sanitarios, para depositar la basura que se genera en la sub-cuenca</li> <li>- La NTEA-006-SEGEM-RS-2006 establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos sólidos municipales orgánicos</li> <li>- Que los responsables del área de ecología de cada municipio elaboren y divulgen procedimientos donde se establezca el manejo de los residuos sólidos, que implique programas de separación y reutilización de residuos, incineración y elaboración de composta</li> <li>- Reutilización de residuos</li> </ul>

Recolección de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar la eficiencia del sistema de recolección de basura, contratando y capacitando al personal</li> <li>- Aumentar el parque vehicular encargado de la recolección de la basura</li> </ul>
Vías de comunicación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dar mantenimiento frecuente a carreteras y brechas</li> <li>- Realizar prácticas de reforestación en áreas afectadas por la construcción de caminos</li> <li>- Evitar construcciones, que contaminen visualmente el paisaje, cerca de las autopistas o vías principales</li> <li>- Impedir la apertura de nuevas vías sin contar con estudios de impacto ambiental</li> </ul>
Crecimiento urbano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Que las autoridades estatales obliguen a los municipios, para que los planes de desarrollo urbano y ordenamientos, sean revisados por grupos interdisciplinarios de expertos donde participen urbanistas, arquitectos del paisaje, biólogos, planificadores, representantes de la sociedad civil etc., para que se garantice su aplicabilidad</li> <li>- Prohibir el crecimiento anárquico de los asentamientos humanos</li> <li>- Establecer el crecimiento urbano dentro de un marco de identidad fisonómica, histórica y cultural</li> </ul>
Servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incrementar la red de alumbrado público</li> <li>- Mejorar la eficiencia de los sistemas de vigilancia a la ciudadanía, comercio y transporte</li> <li>- Mejorar las instalaciones e infraestructura de los centros de atención a la salud</li> <li>- Construir un mercado público en el municipio de Axapusco. Restaurar y ampliar el mercado de Otumba</li> <li>- Reubicar los paraderos de transporte colectivo que estén entorpeciendo el flujo vehicular</li> <li>- Mejorar el sistema de transporte colectivo, renovando las unidades y eliminando de la circulación las unidades inseguras o viejas</li> <li>- Promover el desarrollo de actividades culturales y deportivas a todos los sectores de la población, construyendo más infraestructura y organizando eventos y competencias</li> </ul>

## 8.12 Líneas de seguimiento y vigilancia

Estas líneas de seguimiento detallan las acciones de vigilancia y prevé la elaboración de informes técnicos periódicos sobre el grado de cumplimiento del Diagnóstico ambiental, los cuales están definidos en tipo, frecuencia y periodo de emisión.

Para que se puedan cumplir en tiempo y forma las propuestas elaboradas en este trabajo es importante evaluar las medidas de mitigación después de aplicarlas. Es por ello que a continuación se detallan las líneas de seguimiento y vigilancia propuesto por Gómez (1999).

### 1.- PROBLEMÁTICA AGRÍCOLA

**Objetivo:** Incremento de la fertilidad de los suelos agrícolas

**Indicador de realización:** Aumento de la erosión, pérdida de la fertilidad del suelo

**Calendario de comprobación:** Anual

**Umbral de alerta:** Monocultivos, abandono de zonas agrícolas

**Umbral inadmisibile:** Baja producción agrícola

**Puntos de comprobación:** En toda la región

**Requerimientos del personal encargado:** Agrónomos, biólogos

**Medidas de urgencia:** Evitar el monocultivo diversificando la agricultura, introducir cultivos más rentables y adaptados a las condiciones de la zona, formar y fortalecer asociaciones de productores

### 2.- CONTAMINACIÓN DEL AGUA

**Objetivo:** Evitar vertidos procedentes de uso doméstico a los arroyos y jagüeyes, así como los industriales

**Indicador de realización:** Ningún municipio cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales; contaminación de los arroyos, en jagüeyes y mantos acuíferos. La fábrica de pinturas en S.M. Pirámides no cuenta con sistema de alcantarillado

**Calendario de comprobación:** Semanal o acorde con la normatividad (industrial)

**Umbral de alerta:** Mantos freáticos y arroyos contaminados, lugares propicios para los focos de infección

**Umbral inadmisibile:** Contaminación de mantos acuíferos y arroyos, parámetros fuera de normatividad

**Puntos de comprobación:** Barrancas y escurrimientos, en su caso manto acuífero

**Requerimientos del personal encargado:** Químicos, biólogos

**Medidas de urgencia:** Proveer con sitios apropiados para el depósito de residuos sólidos, mejorar la red de drenaje realizar auditorías ambientales a las empresas contaminantes de la región, extender y mejorar el sistema de alcantarillado



### 3.- EROSIÓN DEL SUELO

**Objetivo:** Control y conservación del suelo

**Indicador de realización:** Agricultura de temporal en toda la región, erosión en cuenca alta

**Calendario de comprobación:** Anual

**Umbral de alerta:** Índice de antropización elevado, aumento de erosión

**Umbral inadmisibile:** Deforestación, pérdida del paisaje

**Puntos de comprobación:** Toda la sub-cuenca

**Requerimientos del personal encargado:** Edafólogos, agrónomos

### 4.- DISMINUCIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

**Objetivo:** Conservación de la cubierta vegetal natural, mayor productividad agrícola, divulgación de campañas para la elaboración de composta, manejo de enmiendas edáficas

**Indicador de realización:** Perdida de especies vegetales en la región, parámetros edáficos

**Calendario de comprobación:** Anual

**Umbral de alerta:** Extensión de las zonas agrícolas, abandono de terreno de uso agrícola

**Umbral inadmisibile:** Erosión severa en algunas zonas, niveles bajos de NPK, materia orgánica

**Puntos de comprobación:** En toda la región

**Requerimientos del personal encargado:** Agrónomos, biólogos, químicos

**Medidas de urgencia:** Realizar estudios de fertilidad de suelos

### 5.- CONTAMINACIÓN DEL AIRE

**Objetivo:** Reducción de las emisiones a la atmosfera

**Indicador de realización:** Minas e Industria

**Calendario de comprobación:** Conforme a la normatividad existente

**Umbral de alerta:** Población cerca de las minas, la fábrica de pinturas arroja sus desechos a cielo abierto

**Umbral inadmisibile:** Emisiones a la atmósfera fuera de normatividad aplicable, periodos de sequia prolongada

**Puntos de comprobación:** Índices atmosféricos

**Requerimientos del personal encargado:** Químicos, biólogos, abogados

**Medidas de urgencia:** Monitoreo e inspección a las empresas contaminantes de la región

## 6.- RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

**Objetivo:** Construcción de rellenos sanitarios

**Indicador de realización:** los municipios no cuentan con sitios apropiados para el depósito de estos (rellenos sanitarios)

**Calendario de comprobación:** Trimestral

**Umbral de alerta:** Tiraderos a cielo abierto y clandestinos

**Umbral inadmisibles:** Contaminación de arroyos y jagüeyes, malos olores, fauna nociva

**Puntos de comprobación:** Barrancas y arroyos

**Requerimientos del personal encargado:** Técnicos en educación ambiental, arquitectos, biólogos

**Medidas de urgencia:** Elaboración de procedimientos municipales para el manejo de los residuos sólidos, programas de separación, incineración y elaboración de composta

## 7.- RECOLECCIÓN Y SEPARACIÓN RESIDUOS SÓLIDOS

**Objetivo:** Hacer más eficiente su recolección, evitar depósitos en barrancas y arroyos, reciclaje

**Indicador de realización:** Arroyos y barrancas contaminadas, tiraderos clandestinos

**Calendario de comprobación:** Por lo menos 3 veces a la semana

**Umbral de alerta:** Contaminación del agua y sitios naturales

**Umbral inadmisibles:** Fauna nociva, contaminación de mantos acuíferos

**Puntos de comprobación:** Barrancas, escurrimientos y tiraderos cotidianos

**Requerimientos del personal encargado:** Trabajadores de limpia

**Medidas de urgencia:** Contar con más parque vehicular recolectores de basura y colocar contenedores

## 8.- PROBLEMÁTICA DE LAS VÍAS DE LA COMUNICACIÓN

**Objetivo:** Planificación y mantenimiento de vías de comunicación

**Indicador de realización:** Carreteras en mal estado, mala planificación

**Calendario de comprobación:** Anual

**Umbral de alerta:** Tráfico ineficiente, exceso de baches

**Umbral inadmisibles:** baches, falta de personal encargado del tránsito, colocar más semáforos y señalización

**Puntos de comprobación:** En toda la región principalmente en las cabeceras municipales

**Requerimientos del personal encargado:** Arquitectos, urbanistas, biólogos, paisajistas

**Medidas de urgencia:** Reubicar los paraderos de transporte colectivo, mantenimiento frecuente a carreteras y brechas

## 9.- CRECIMIENTO URBANO

**Objetivo:** Control de la urbanización

**Indicador de realización:** Expansión de los asentamientos urbanos, falta de infraestructura para servicios

**Calendario de comprobación:** Semestral

**Umbral de alerta:** Falta de servicios, contaminación ambiental, reducción de la calidad paisajística

**Umbral inadmisibile:** Crecimiento anárquico de los asentamientos humanos

**Puntos de comprobación:** Informes de gobierno, verificación de campo

**Requerimientos del personal encargado:** Urbanistas, arquitectos del paisaje, biólogos, planificadores, representantes de la sociedad civil

**Medidas de urgencia:** Revisión de los planes de desarrollo urbano y ordenamientos ecológicos locales o regionales por grupos interdisciplinarios de expertos

## 10.- SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA

**Objetivo:** Controlar su expansión, dotar a la región con todos los servicios

**Indicador de realización:** Falta drenaje, agua, luz, salud, contaminación

**Calendario de comprobación:** Semestral

**Umbral de alerta:** Falta de infraestructura, servicios médicos y contaminación ambiental

**Umbral inadmisibile:** Enfermedades crónicas infecciosas en la población (gastrointestinales, dérmicas etc.)

**Puntos de comprobación:** Registros en cabeceras municipales, y poblados grandes

**Requerimientos del personal encargado:** Urbanistas, arquitectos del paisaje, biólogos, planificadores, representantes de la sociedad civil, entrenadores deportivos

**Medidas de urgencia:** Mejorar la eficiencia de los sistemas de vigilancia a la ciudadanía, comercio y transporte, mejorar las instalaciones e infraestructura de los centros de atención a la salud, restaurar, promover el desarrollo de actividades culturales y deportivas

## 11.- PROTECCIÓN Y RESTAURACIÓN DE LA VEGETACIÓN

**Objetivo:** Detener erosión y proteger a la vegetación natural

**Indicador de realización:** Pérdida de vegetación natural

**Calendario de comprobación:** Anual

**Umbral de alerta:** Crecimiento de la cobertura antrópica

**Umbral inadmisibile:** Pérdida excesiva de vegetación

**Puntos de comprobación:** áreas boscosas

**Requerimientos del personal encargado:** biólogos, paisajistas

**Medidas de urgencia:** reforestación y creación de áreas de conservación

## IX CONCLUSIONES

La sub-cuenca de Otumba, incluye los municipios de Axapusco, Otumba, San Martín de las Pirámides, San Juan Teotihuacán y Tepetlaoxtoc.

Debido a que zona de estudio se encuentra inmersa en el sistema orográfico del Eje Neovolcánico, a la Provincia Volcánica Transversal y de la Subprovincia de Lagos y Volcanes del Anáhuac, existen riesgos sísmicos latentes.

Se identificó un tipo de suelo aún no reconocido en las cartas del INEGI de 1982.

Se presentan 4 unidades de suelo siendo los de mayor extensión el Feozem, Cambisol y Litosol y en menor cobertura el Vertisol.

Los problemas más fuertes de erosión hídrica se presentan en las zonas montañosas, en la llanura y colinas; el problema no es tan severo, ya que se presentan valores bajos de erosión hídrica.

La vegetación actual ocupa una superficie reducida de apenas (74km<sup>2</sup> = 26%) encontrándose de manera dispersa y fragmentada en su estructura original como producto de las actividades antropogénicas. No obstante del fuerte impacto que ha recibido la vegetación en la sub-cuenca, la diversidad vegetal es todavía considerable.

Se identificaron un total de 145 especies vegetales, las cuales se agrupan en 42 familias y 107 géneros, siendo la familia Asteraceae la de mayor presencia con 28 especies, continuando con las Poaceae (con un total de 18 especies) y finalmente las Fabaceae (con 16 especies).

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres, se registró que la especie *Gentiana spathacea* en la categoría de "protección especial".

La cobertura vegetal ha disminuido debido a la acelerada deforestación, ya que ha sido desplazada por las actividades agropecuarias, todo debido a una mala planeación sin no considerar la vocación natural del suelo.

Se registraron un total de 75 de especies de vertebrados terrestres, las aves con 44 especies, mamíferos con 21 especies, con 9 especies los reptiles y un anfibio.

Se identificaron 10 problemáticas, y 38 propuestas para disminuir los efectos adversos causados por dichos impactos.

Se sugiere dar gestión a las ANP ya que están siendo invadidas por pobladores como es el caso del Cerro Gordo, establecer multas y crear un grupo de vigilancia para el cuidado del mismo.

En la zona del Cerro Cuichi al Nor-este de la sub-cuenca; por sus características que presenta y de acuerdo con los recorridos a campo se propone como ANP ya que aun conserva parte de la vegetación natural.

En la matriz de Leopold modificada se obtuvo un total de 135 interacciones con 109 impactos negativos y 26 positivos.

Se identificaron 15 indicadores de presión dentro del modelo P-E-R.

Se plantearon 38 medidas de mitigación para la problemática identificada.

La sub-cuenca de Otumba, es un espacio geográfico ocupado y modificado por el hombre desde épocas prehispánicas, a lo largo del tiempo ha sufrido grandes transformaciones, sin embargo todavía es un territorio rico en recursos naturales y con una calidad ambiental y bienestar social aceptable. No obstante todas las generaciones de seres humanos que han pasado por el territorio de la sub-cuenca de Otumba, aun mantiene una capacidad para la producción de bienes y servicios para la población ahí asentada. Como se demostró en el presente trabajo todavía existe una gran riqueza de flora y fauna, por otra parte son pocas las áreas con problemas severos de erosión del suelo. Sin embargo las presiones sobre los recursos naturales se han incrementado y de no tomarse medidas adecuadas para controlar y mitigar los problemas ambientales, en un futuro próximo se deteriorará aun más la calidad del ambiente, afectando al bienestar de la población.

## X BIBLIOGRAFÍA

- Almazán J. A., Valentino S.D., Carreto P. B. y Almazán N. R. 2007. *Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial en la Zona de Influencia del P.H. La Parota en el Estado de Guerrero: Subsistema del Medio Físico de la cuenca baja del Río Papagayo*. Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrograficas.UAQ, México.
- American Ornithologist's Unión. 1983. *Check list of North American birds*. 6a. ed. AllenPrees Inc. Kansas, E.U.A.
- Aranda M. 1980. *Los mamíferos de la Sierra del Ajusco*. Comisión Coordinadora para el desarrollo agropecuario del D.F. Ed. Macció. 147 pp.
- Arellano P. A y Romero de A., C.D, 2005. *Diagnóstico ambiental de la subcuenca Perote-Libres, en los estados de Puebla y Veracruz, México*. Tesis de licenciatura. Iztacala.
- Behler J.L. y F.W. King. 1995. *National Audubon Society field guide to North American reptiles y amphibians*. Alfred A.Knopf, New York.
- Bravo-Hollis H. 1978. *Las Cactáceas de México*. Vol. 1. UNAM. México D.F. 743 pp.
- Bravo-Hollis, H y H. Sánchez Mejorada. 1991. *Las Cactáceas de México*. Vol. III. UNAM. México D.F. 643 pp.
- Canter L. W. 1999. *Manual de Evaluación de Impacto Ambiental*. 2da ed. Mc Gran-Hill. Madrid.
- Casas G. y McCoy, C. 1979. *Anfibios y Reptiles de México*. Limusa. México.
- Castilla H y Tejero D. 1987. *Flora y Vegetación del Cerro Gordo (San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas, Valle de México*. *Biótica*. Vol. 12. Núm. 4. México.
- Castro B. 2006. *Alternativa Urbano Cultural Arquitectónica para el desarrollo de la Comunidad de Otumba de Gómez Farías Estado de México*. Tesis Profesional. Fac. de Arquitectura. UNAM.26-50 pp.
- Ceballos G. C. y Galindo O. 1984. *Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México*. Ed. Limusa México 33 pp.
- Ceballos G. C. y Galindo O. 2005. *Mamíferos Silvestres de México*. CONABIO. México.
- CEPANAF. 2004. *Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, Carpeta Técnica*.

Comisión de Ecología y Medio Ambiente. 1996. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al ambiente. México D.F.

Concepción A. C. y Corbello G. S. 2002. *Diagnóstico ambiental de la Laguna de Alvarado, Veracruz*. Tesis Profesional. FES-Iztacala. UNAM. Mex. 4-5 pp.

Comisión de Agua del Estado de México. (CAEM). 2001. *Tabulado Oferta-Demanda-Déficit de agua potable*.

Delgado M y Rodríguez M. 1996. *La gestión ambiental en municipios metropolitanos: Los retos frente al siglo XXI*. Gaceta del Instituto Nacional de Ecología. México. 120 pp.

Díaz P. M. de la L. y Plascencia M. del C. H. 1997. *Caracterización fisonómica ecológica de la vegetación de la subcuenca de Oriental Puebla-Tlaxcala-Veracruz*. Tesis Profesional. UNAM. FES-Iztacala. 116 pp.

Emlen J. A. 1971. *Population densities of birds derived from transect counts*. The Auk, 88(2): 323-341.

Esqueda G. J. C. 2005 *Diagnóstico ambiental de las inmediaciones del exmonasterio de los Carmelitas Descalzos, en el Parque Nacional Desierto de los Leones*. Tesis profesional. Iztacala. 18 y 42 pp.

ESRI. 2002. *ArcView* programa, desarrollado por el Environmental Systems Research Institute California, USA.

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

FAO-ISRIC-SICS. 1998. *World reference base for soil. Resources*. World Soil Resources Reports 84. FAO Rome.

Flores V. O. 1993. *Herpetofauna Mexicana. Lista anotada de las especies de anfibios y reptiles de México, cambios taxonómicos recientes nuevas especies*. Museo de Zoología. Facultad de Ciencias UNAM. Special Publication No. 17 Carnegie Museum of Natural History, Pittsburg. N° 17 pp. I-IV. 1-73.

Gaceta Ecológica No. 62. *Legislación ambiental de enero-marzo 2002*. SEMARNAT.

García E. 1968. *Clima de Teotihuacán*. IN: Lorenzo, J.L. (ed) *Materiales para la arqueología de Teotihuacán* Investigaciones No. 17 INAH. México, D.F.

García E. y Lugo H. J. 2004. *El relieve de México*. Serie Varia Instituto de Geografía, UNAM. Méx.

García A. y Ceballos. G. 1992. *Guía de campo de los reptiles y anfibios de la costa de Jalisco, México*. Fundación Ecológica de Cuixmala, A.C. e Inst. de Biol. UNAM. México 184 pp.

García E. 1981. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. UNAM. México. D.F.

García J. S. M. 2001. *Diagnóstico ambiental de la comunidad de San José Deguedo, Estado de México*. Tesis Profesional. FES-Iztacala. UNAM. Mex. 3-30 pp.

Garrido A., Sotelo E., Cotler H., Cuevas L., Flores F., Enríquez C., Ruíz K., Luna N. 2007. *Hacia el diagnóstico socio ambiental de las cuencas de México: una propuesta conceptual y metodológica*. INE. SEMARNAT. Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. UAQ. México.

Gaviño de la Torre y Juárez F. 1974. *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. LIMUSA, México. 251 pp.

Gobierno el Estado de México, Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México. 1999. Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México.

Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología. (GEM). 2005. *Diagnóstico Ambiental De La Región III Ecatepec*. Dirección de Diagnóstico Ambiental.

Gobierno del Estado de México, Secretaría de Agua. 2002. *Obra Pública e Infraestructura*. Comisión de Agua del Estado de México.

Gobierno del Estado de México 2003. *Plan Estatal de Desarrollo Urbano*. Gaceta del Gobierno, Tomo CLXXVI, Núm. 86, 29 de Octubre del 2003.

Gobierno del Estado de México 2003. *Plan de Desarrollo Urbano de Axapusco*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México.

Gobierno del Estado de México. 2003. *Plan de Desarrollo Urbano de Otumba*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México.

Gobierno del Estado de México. 2006. *Plan de Desarrollo Urbano de Otumba*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México.

Gobierno del Estado de México. 2003. *Plan de Desarrollo Urbano de San Martín de las Pirámides*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México.



Gobierno del Estado de México. 2003. *Plan de Desarrollo Urbano de San Juan Teotihuacán*. Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. México.

Gobierno del Estado de México, Secretaría de Ecología 2001. *Programa De Conservación Ecológica De La Zona Metropolitana del Valle de México: Cinco Parques Estatales del Estado De México*. México, DF. 239 pp.

Gómez-Tagle. R. y Chávez H. Y. 2002. *Cuencas Hidrológicas, XX Curso Diplomado Internacional de Edafología "Nicolás Aguilera"* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, INIFAP.

Gómez O.D. 1999. *Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Agrícola Española. España. 433 pp.

Gutiérrez P. J. y Gould, M. 1994. *SIG: Sistemas de Información Geográfica*. Síntesis. Madrid.

Guzmán U. Arias y Dávila S. P. 2003. *Catálogo de Cactáceas mexicanas*. UNAM-CONABIO. 315 pp.

Hall E. R. 1981. *The mammals of north America*. 2da ed. Ed. Willey New York. Vol.10

INE-UNAM-SEMARNAT-SEDESOL. *Indicadores para la Caracterización y el Ordenamiento Territorial*. 2004. Instituto de Geografía. UNAM. México.

INE. 1993. *Indicadores Ambientales*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

INE. 1997. Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural. SEMARNAP.

INE. 1999. *Indicadores Ambientales*. Presión-Estado-Respuesta.

INE-SEMARNAT. 2000. *El ordenamiento ecológico del territorio. Logros y retos para el desarrollo sustentable 1995-2000*, México.

Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral. *Atlas general del Estado de México*. Secretaría de Finanzas y Planeación, Gobierno del Estado de México, Toluca, 1993

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática) 2001. *Carta Geológica*. Texcoco. E14b21, Escala 1:50,000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática) 2001. *Carta de Hidrología superficial* 1:1000,000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática) 1982. *Carta Edafológica*. Texcoco. E14b21, Escala 1:50 000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática) 1998. *Carta Topográfica*. Texcoco. E14b21, Escala 1:50 000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática) 1982. *Carta de Uso de suelo y Vegetación*. Texcoco. E14b21, Escala 1:50 000.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 2000 *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. México. 18-20 pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 1997. *Anuario Estadístico del Estado de México*. INEGI-SSP, México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 1998. *Anuario Estadístico del Estado de México*. INEGI-SSP, México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 2003. *Anuario Estadístico del Estado de México*. INEGI-SSP, México.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 1990. *Censo General de Población y Vivienda*.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 1995. *Estado de México. Resultados definitivos, tabulados básicos. Tomos I y II. Censo de Población y Vivienda 1995*. INEGI-SSP, México. 1003 pp.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 2000. *Censo General de Población y Vivienda*.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 2005. *Censo General de Población y Vivienda*.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática). 2001. *Síntesis de Información Geográfica del Estado de México*. México. VII pp.

Instituto Nacional de Ecología/SEMARNAP. 1997. *Avances en el Desarrollo de Indicadores para la Evaluación del Desempeño Ambiental en México*.

Jiménez S. W. 2006. *Diagnóstico ambiental de la zona costera del puerto de Veracruz y áreas adyacentes*. S y G editores.

Johnson L. B. 1990. *Analyzing spatial and temporal phenomena using geographic information systems*. *Landscape Ecology*. 4:31-43.

Kearney T. H. y Peebles R. H. 1960. *Arizona Flora*. University of California Press, Berkeley. 1085 pp.

Landa R y Neri C. 2002. *El diagnóstico socioambiental como herramienta para orientar política pública en la gestión de riesgos hidrometeorológicos en la región semiárida del Alto Mezquital en Hidalgo y el Centro-Oeste de Querétaro*. Proyecto 2002-C01-0009. SEMARNAT, UNAM. México. 1 pp.

Leopold L. B. Clarke, F.E., Hanshaw, B. B y J. R Balsley. 1971. *A procedure for Evaluating Environmental Impact*. Geological Survey Circular 645. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.

Lot A. y Chiang C. (Comp). 1986. *Manual de herbario*. Consejo Nal. de la Flora de México. A.C. México D.F. 142 pp.

Llorente, B. J. 1990. *Manual de recolección y preparación de animales*. Fac. de Ciencias, UNAM. 270 pp.

Lugo H. J. 1986. *Los métodos geomorfológicos*. Rev. Geografía. Inst. Geografía UNAM, vol:1, No 1. México. 13-26 pp.

Manual Introducción a la Gestión Ambiental Municipal. (MIGAM, 2004). Ed. Maya. 2 pp.

Murie J. O. 1974. *Animal Traks*. Peterson Field Guides. 375 pp.

Nalda E. 2007. *Caída de Teotihuacán y nuevas formas de organización*. *Arqueología Mexicana* Vol. VX No. 86, 50-53 pp.

National Geographic Society. 1987. *Birds of North America*. 2da. Ed. 464 pp.

Navarro O. J. 2004. *Diagnóstico ambiental del Municipio de Coyotepec*. Tesis de licenciatura. FES-Iztacala. UNAM. Mex.

Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2001. *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos

Norma Oficial Mexicana. NOM-086-SEMARNAT-2003. Contaminación atmosférica-especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir gaseoso que se usan en fuentes fijas móviles.

Norma Oficial Mexicana. NOM-083-ECOL-1993. Establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales.

Norma Oficial Mexicana. NOM-001-ECOL-1996. Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Norma Oficial Mexicana. NOM-098-SEMARTAN-2002. Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

Norma Técnica Ambiental. NTEA-006-SMA-RS-2006. Establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). 1994. *Core Set of Environmental Indicators*. Paris.

ONU, 1988. *Nuestro futuro Común*. Alianza Editorial. Madrid.

Ortíz, S. C. A y Cuanalo de la Cerda, E. 1981. *Introducción a los levantamientos de Suelos*. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 81 pp.

Palacio J. L. Bocco G. Velásquez A. Mas J. F. Takaki, F. Victoria, A. Luna, L. Gómez, G. López, J. Palma, M. Trejo, I. Peralta, A. Prado, J. Rodríguez, A. Moyorga, R. y González, F. 2000. *La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del inventario forestal nacional 2000*. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. Núm. 43:183-203.

Peterson R. y Chalif E. 1989. *Aves de México*. Guía de campo. Ed. Diana. 473 pp.

Quiroz. A. M. 2002 *Diagnóstico ambiental del municipio de Tultitlán, Estado de México*. Tesis profesional. FES-Iztacala. 9, 11 pp.

Racionero, L. 1981. *Sistemas de ciudades y ordenación del territorio*. Alianza, Universidad de Madrid.

Ramos-Elorduy J. 2000. *La etnoentomología actual en México en la alimentación humana, en la medicina tradicional y en el reciclaje y alimentación animal*. Memorias XXXV Congreso Nacional de Entomología, Acapulco, Gro, Méx.

Rodríguez G. M. de L. 2001. *Diagnóstico ambiental de la Zona Lacustre de Tlahuac*. Facultad de Ciencias. Tesis Maestría en Ciencias. UNAM. Mex.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. LIMUSA. México. D.F.

Rzedowski, J. Y Rzedowski, C. G. 1979. *Flora fanerogámica del Estado de México*. CECSA. México. D.F. 403 pp.

Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de México. 2000

Secretaria de Ecología del Estado de México. 2000. *Gestión de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de México*. Gobierno del Estado de México. Secretaria de Ecología - Centro Geomático Ambiental. México.

Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. 1986. *Manual del Ordenamiento Ecológico del territorio*. México. 33-39, 67 pp.

Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología. 1988 *Manual del Ordenamiento Ecológico del territorio*. Subsecretaria de Ecología. México.

Secretaria de Ecología del Estado de México. 2001. Proyecto de Conservación Ecológica de la ZMVM.

Secretaria de Programación y Presupuesto. 1981. *Carta fisiográfica*. Esc. 1:1000,000. Dirección general de Geografía del Territorio Nacional, México.

SEDESOL-SEMARNAT-INE. 2005. *Términos de referencia para la elaboración del Programa Municipal de Ordenamiento Ecológico Y Territorial (PMOET)*. México. 5-11 pp.

SEMARNAT (2000<sup>a</sup>) Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000. *Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos*. Diario Oficial de la Federación, Tomo DLXV No. 12.

SEMARNAT. 2000. *Inventario Nacional Forestal*. México.

SERCITEC y Geoingeniería. 2002. *Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Ubicación del Parque Minero Industrial en la Provincia de Pedernales*. Unidad Corporativa Minera. Santo Domingo. República Dominicana.

The A.O.U. 2003. *Check-list of North American Birds*. Seventh Edition.

Vidal S. E., Franco. L. J., Espadas R., M., Tejero D., D. y Chávez L., R. 1997. *Impacto Ambiental*. Diplomado. ENEP-Iztacala. UNAM. 136-142 pp.

Walker J., Dowling T., and Veitch S. 2006. *An assessment of catchment condition in Australia*. Ecological Indicators, Vol. 6 205-214 pp.

Wingrad M., Fernandez, N. y Messias, R. 1995. *Marco conceptual para el Desarrollo y Uso de los Indicadores Ambientales y de Sustentabilidad para la toma de Decisiones en Latinoamérica el Caribe*. PUNMA-CIAT. México. D.F.

WRB-FAO. 1988. *Soil Map of the world*. Revised Legend Reprinted with corrections. World Soil Resources Report 60. FAO Rome.

Yañes V. C., Batis M, A., Alcocer S. M., Gual D. M., Sánchez D. C. 1999. *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. INE, UNAM. México. 1-5 pp.

#### **Páginas de Internet Consultadas.**

<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15065a.htm>

<http://www.conabio.gob.mx/biodiversidad>

<http://www.conanp.gob.mx/anp/anp.php>

<http://www.elocal.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15075a.htm>

<http://www.ine.gob.mx/>

<http://www.semarnat.gob.mx>

<http://www.edomex.gob.mx>

<http://www.edomex.gob.mx/caem>

XII  
A N E X O

Anexo. Lista florística de los taxa presentes en el área de estudio

Ordenados por familias botánicas en orden alfabético, sus nombres comunes cuando se tienen, usos (c=comestible, f=forraje, m=medicinal, p=pesticida, o=ornamental, cv=cerca viva) y E=estrato (A=arbóreo, ar=arbusivo, H=herbáceo). E=epífita. NOM-059-SEMARNAT-2001.

<b>FAMILIA</b> <u>Género/Especie</u>	N. Común	Usos	Estrato	Maleza *	NOM - 059
<b>CUPRESSACEAE</b>					
<i>Juniperus flaccida</i> Schlecht.			A		
<b>PINACEAS</b>					
<i>Pinus halepensis</i> Mill.			A		
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.			A		
<i>Pinus leiophylla</i> Schl. et Cham.			A		
<i>Pinus montezumae</i> Lamb.			A		
<i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.			A		
<b>AMARANTHACEAE</b>					
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Quintonil	c	H	*	
<b>ANACARDIACEAE</b>					
<i>Schinus molle</i> L.	Pirúl		A		
<b>ASTERACEAE</b>					
<i>Aphanostephus ramosissimus</i> var. <i>ramosus</i> DC.			H	*	
<i>Baccharis conferta</i> H.B.K			ar		
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pavón) Pers.	Jara		H		
<i>Bidens aurea</i> (Ait.)	Té de milpa	f	H	*	
<i>Bidens odorata</i> Cav.	Aceitilla	c/f/m	H	*	
<i>Brickellia veronicifolia</i> (H.B.K)			ar		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> Sch. B.P.			H		
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Girasol morado	m/o	H	*	
<i>Dhalia merckii</i> Lehm.			H		
<i>Dyssodia papposa</i> (Vent.) Hitch.	Flor de muerto	m	H	*	
<i>Dyssodia tenuifolia</i> (Cass.) Loes.			H		
<i>Eupatorium espinosarum</i> A. Gray.			ar		
<i>Eupatorium petiolare</i> Moc.			ar		
<i>Florestina pedata</i> Cav.	Hierba de Santa Lucía		H		
<i>Gnaphalium</i> sp.	Gordolobo		H		
<i>Florestina pedata</i> Cav.	Hierba de Santa Lucía		H		
<i>Gnaphalium</i> sp.	Gordolobo		H		
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	Tatalencho	m	H		
<i>Parthenium bipinnatifidum</i> (Ort.)	Confortillo		H		
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Hierba de Sn Nicolás	m	H		



<b>FAMILIA</b> Género/Especie	N. Común	Usos	Estra to	Maleza *	NOM - 059
<i>Piqueria trinervia</i> Cav.	Hierba de Sn Nicolás	m	H		
<i>Pittocaulon praecox</i> (Cav.) DC.			ar		
<i>Porophyllum tagetoides</i> (H.B.K) DC.	Pápalo		H		
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	Ojo de gallo	m	H	*	
<i>Senecio salignus</i> DC.	Jarilla		ar		
<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav.)	Acahualillo	f/m	H	*	
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Lechuguilla		H		
<i>Stevia purpusii</i> Rob.			H		
<i>Stevia serrata</i> Cav.		m	H		
<i>Tagetes lunulata</i> Ort.	Flor de muerto	m/o	H		
<i>Zaluzania augusta</i> (Lag.) Sch. Bip	Cenicilla		ar		
<b>BUDDLEIACEAE</b>					
<i>Buddleia cordata</i> H.B.K	Tepozán		A		
<b>CACTACEAE</b>					
<i>Ferocactus latispinus</i> (Haw.) Br et Rose Ch.	Biznaga	c			
<i>Opuntia joconostle</i> F. A. Weber ex Diguét	Xoconoxlte				
<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dick	Tuna blanca	f/c			
<i>Opuntia robusta</i> var. <i>guerrana</i> Sánchez-Mejorada ex Bravo.	Nopal	f/c			
<i>Opuntia tomentosa</i> Salm-Dyck.	Tunera de terciopelo	f/c			
<i>Opuntia tunicata</i> (Lehm.) Link et Otto.	Cardon				
<i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire.	Nopal	f/c			
<i>Stenocereus</i> sp.	Organo	cv			
<b>CAMPANULACEAE</b>					
<i>Lobelia gruina</i> Cav.	Flor de María		H		
<b>CHENOPODIACEAE</b>					
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Epazote	c			
<i>Chenopodium macrospermum</i> Hook F.			H	*	
<b>CONVOLVULACEAE</b>					
<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.			H	*	
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.)		o	H	*	
<b>BRASSICACEAE</b>					
<i>Brassica campestris</i> L.			H	*	
<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L). Medic.	Bolsa de pastor	c	H		
<i>Eruca sativa</i> Mill.	Rucola silvestre	c	H	*	
<i>Lepidium virginicum</i> L.	Lentejilla de campo	f	H		
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	Rabanillo	f	H	*	

<b>FAMILIA</b> Género/Especie	N. Común	Usos	Estra to	Maleza	NOM - 059
<b>ERICACEAE</b>					
<i>Arbutus xalapensis</i> H.B.K	Madroño		A		
<b>EUPHORBIACEAE</b>					
<i>Euphorbia mendezii</i> (Engl.) Trid.			H		
<i>Euphorbia próstata</i> Ait.			A		
<b>GENTIANIACEAE</b>					
<i>Gentiana spathacea</i> H.B.K.	Flor de hielo	m	H		Pr
<b>GERANIACEAE</b>					
<i>Erodium cicutarium</i> (L.) L'Her.	Alfilerillo		H		
<i>Geranium cruceroense</i> Knuth.			H	*	
<b>LAMIACEAE</b>					
<i>Hyptis mociniana</i> Benth.		m	ar		
<i>Marrubium vulgare</i> Linn.	Marrubio	c/m	H		
<i>Salvia lavanduloides</i> Kunth	Cantahueso		H		
<b>FABACEAE</b>					
<i>Astragalus micranthus</i> Desv.			H		
<i>Brogniartia intermedia</i> Moric.			ar		
<i>Dalea aenigma</i> Barneby.			ar		
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		f/o	ar		
<i>Dalea lutea</i> (Cav) Willd.		o	ar		
<i>Dalea prostrata</i> Ort.			H		
<i>Desmodium distortum</i> (Aubl.) J. F. Macbr.		f			
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Saig.			ar		
<i>Lupinus bilineatus</i> Benth.					
<i>Lupinus campestris</i> Cham. & Schltldl.		f	H		
<i>Marina</i> sp.			H		
<i>Medicago polymorpha</i> L.		c/f/m	H	*	
<i>Melilotus indicus</i> L.		c/f	H		
<i>Melilotus officinalis</i> L.			H		
<b>MIMOSACEAE</b>					
<i>Acacia angustissima</i> (Miller) Kze.			ar		
<i>Acacia schaffneri</i> (S.Wats) Herman.			A		
<i>Macroptilium gibbosifolium</i> A. Ort.			H		
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.			A		
<i>Mimosa lacerata</i> Rose.	Hierba del negro		A		
<b>NYCTAGINACEAE</b>					
<i>Mirabilis jalapa</i> L.		m/o	H		
<b>FAGACEAE</b>					
<i>Quercus crassipes</i> Humb et Bonpl.	Encino		A		

<b>FAMILIA</b> Género/Especie	N. Común	Usos	Estra to	Maleza	NOM - 059
<i>Quercus crassipes</i> Humb et Bonpl.	Encino		A		
<i>Quercus frutex</i> Trel.	Encino		A		
<i>Quercus microphylla</i> Neé.	Encino chaparro		A		
<i>Quercus obtusata</i> Humb.	Encino		A		
<b>HYDROPHYLLACEAE</b>					
<i>Nama undulatum</i> H.B.K.	Mata gusano		H		
<b>ONAGRACEAE</b>					
<i>Fuchsia thymifolia</i> H.B.K			H		
<i>Lopezia racemosa</i> Cav.	Perilla	f	H	*	
<i>Oenothera rosea</i> Ait.	Agua de azahar		H	*	
<b>OXALIDACEAE</b>					
<i>Oxalis corniculata</i> Rose.		c	H	*	
<b>PAPAVERÁCEAE</b>					
<i>Argemone ochroleuca</i> Sweet.	Amapola amarilla	m	H	*	
<i>Argemone platyceras</i> Link et Otto.		m	H	*	
<b>PHYTOLACCACEAE</b>					
<i>Phytolacca icosandra</i> L.		m	H		
<b>LOASACEAE</b>					
<i>Loeselia mexicana</i> Brand.	Espinosilla	m	H		
<b>MALVACEAE</b>					
<i>Anoda cristata</i> (L). Schlecht.		f/m/o	H	*	
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G.Bon.		f/m/p	ar	*	
<b>POLEMONIACEAE</b>					
<i>Loeselia coerulea</i> (Cav.)		m	H		
<b>FAMILIA</b> Género/Especie					
<i>Loeselia mexicana</i> Brand.		m	ar		
<b>POLIGONÁCEAE</b>					
<i>Polygonum aviculare</i> L.			H	*	
<i>Polygonum mexicanum</i> Small.	Chilillo		H		
<b>ROSACEAE</b>					
<i>Crataegus pubescens</i> (Kunth) Steud.	Tejocote	f/c	A		
<i>Prunus</i> sp.	Capulín	f/c	A		
<b>RESEDACEAE</b>					
<i>Reseda luteola</i> L.	Gualda		H		

<b>FAMILIA</b> Género/Especie	N. Común	Usos	Estra to	Maleza	NO M- 059
<b>RHAMNACEAE</b>					
<i>Adolphia infesta</i> (H.B.K) Meins.			H		
<b>RUBIACEAE</b>					
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schldl.	Trompetilla	m	ar	*	
<b>SAXIFRAGACEAE</b>					
<i>Ribes affine</i> H.B.K.	Capulincillo		H		
<b>SCROPHULARIACEAE</b>					
<i>Castilleja arvensis</i> Benth.	Cola de borrego		H		
<i>Lamourouxia dasyantha</i> (Cham. Schldl.) Ernst			H		
<b>SOLANACEAE</b>					
<i>Datura inoxia</i> P. Mill.	Toloache chino	m	H		
<i>Physalis chenopodiifolia</i> Lam.		c	H		
<i>Physalis philadelphica</i> Lam.	Tomatillo	c/f	H		
<i>Solanum cervantesii</i> Lag.			H		
<i>Solanum nigrescens</i> Mart .		f/m	H		
<b>VERBENACEAE</b>					
<i>Verbena bipinnatifida</i> Nutt.	Alfombrilla	o	H		
<i>Verbena ciliata</i> Benth.			H		
<i>Verbena elegans</i> Kunth.		o	H		
<i>Verbena menthaefolia</i> Benth.	Bercul	m	H		
<b>AGAVACEAE</b>					
<i>Agave mapisaga</i> Trel.	Maguey	f/c	ar		
<i>Agave salmiana</i> Otto ex salm-Dick.		f/c	ar		
<i>Yucca</i> sp.					
<b>BROMELIACEAE</b>					
<i>Tillandsia</i> sp.			E		
<b>COMMELINACEAE</b>					
<i>Commelina coelestis</i> Willd.	Hierba de pollo	m	H		
<b>CYPERACEAE</b>					
<i>Cyperus esculentus</i> L.	Coquillo amarillo	c	H	*	
<i>Cyperus spectabilis</i> Link.	Tulillo		H		
<b>POACEA</b>					
<i>Aristida adscensionis</i> L.			H		
<i>Avena fatua</i> L.	Avena	c/f	H		
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx) Torr.			H		

<b>FAMILIA</b> Género/Especie	N. Común	Usos	Estrat o	Malez a	NOM- 059
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx) Torr.			H		
<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.			H		
<i>Brachiaria meziana</i> Hitchc.			H		
<i>Brachypodium mexicanum</i> (Roem & Schult)			H		
<i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.			H		
<i>Cynodon dactylon</i> (L) Pers.		f	H		
<i>Echinochloa crusgalli</i> (L). Beauv.		f	H		
<i>Enneapogon desvauxii</i> Beauv. P.	Zacate ladera		H		
<i>Eleusine multiflora</i> Hochst ex A. Rich.	Zacate pata de ganso		H		
<i>Erioneuron avenaceum</i> (H.B.K).			H		
<i>Hilaria cenchroides</i> H.B.K.			H		
<i>Hordeum vulgare</i> L. H.			H		
<i>Leptochloa dubia</i> H.B.K. Ness			H		
<i>Lycurus phleoides</i> H.B.K. H.			H		
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H.B.K) Hitch.	Zacatón		H		
<i>Zea mays</i> L.	Maíz		H		