



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

**Evaluación del Cambio de uso
del suelo en la región de
Tepoztlán, Estado de Morelos.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A

PABLO ROBERTO GARCÍA GÓMEZ SIVERTSON

DIRECTOR DE TESIS:
Dr. JOSÉ LÓPEZ GARCÍA



2005



M-347042



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
 NOMBRE: Pablo Roberto García Gómez Sivertson
 FECHA: 12 - Agosto - 2005
 FIRMA: [Signature]

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
 "Evaluación del cambio de uso del suelo en la región de Tepoztlán,
 Estado de Morelos"

realizado por Pablo Roberto García Gómez Sivertson

con número de cuenta 09653241-8 , quien cubrió los créditos de la carrera de:
 Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
 Propietario

Dr. José López García

[Signature]

Propietario

M. en C. Nelly Diego Pérez

N. Diego

Propietario

M. en C. Jaime Jiménez Ramírez

[Signature]

Suplente

M. en C. Rogelio Oliver Guadarrama

Rogelio

Suplente

M. en C. Lilia de Lourdes Manzo Delgado

Lilia de Lourdes Manzo

Consejo Departamental de Biología.

FACULTAD DE CIENCIAS

[Signature]
 M. EN C. JUAN MANUEL RODRIGUEZ CHAVEZ.



UNIDAD DE ENSEÑANZA
 DE BIOLOGÍA

La presente Tesis se llevó a cabo en el departamento de Geografía Física del Instituto de Geografía de la UNAM bajo la dirección del Dr. José López García. Forma parte del proyecto de Intercambio Académico “Plan de Manejo para el Corredor Biológico Chichinautzin”, a cargo del Dr. José López García por el Instituto de Geografía de la UNAM y el M. en C. Rogelio Oliver Guadarrama por parte del Centro de Investigaciones Biológicas de la UAEM. Así mismo se desarrolló como parte del proyecto “Geomorfología del Sistema Volcánico Transversal”, a cargo del Dr. José I. Lugo Hubp, dentro del programa universitario PROBETEL.

AGRADECIMIENTOS

Las siguientes líneas llevan por finalidad la de agradecer públicamente a las personas que contribuyeron directa e indirectamente en la realización de esta Tesis. Inicialmente me permito externar mi más profunda gratitud a José López por su apoyo incondicional, tanto en el ámbito de lo personal como en el académico. Así mismo, es menester agradecer a Rogelio Oliver, en particular, y al Laboratorio de Edafoclimatología del CIB – UAEM, en general, por todo el apoyo brindado durante el trabajo de campo; punto crucial del presente trabajo.

En toda empresa se cuenta con el apoyo de colegas y amigos, caso del que no queda exento el presente trabajo. Sin dejar de considerar a los tesistas, estudiantes de postgrado, investigadores y personal administrativo del Instituto de Geografía de la UNAM, que en un sin fin de ocasiones enriquecieron de una u otra forma mi intelecto, aprovecho la ocasión de reiterarles mi agradecimiento a Joel Carrillo, Lilia Manzo, "Mahen", Agustín Arellano, José Marcos, Álvaro Vega, Marcos Reyes y Leopoldo Benítez, por haberme asistido generosamente en los momentos requeridos.

Es conducente realizar una consideración especial hacia Rubén Rojas, Yusen Ley, Susana Peralta y Víctor Serrano, por haberme apoyado en la realización del presente trabajo durante mi permanencia en la Dirección General de Ecología y Desarrollo Sustentable de la Delegación Tlalpan; sin dejar de lado a los compañeros que enriquecieron éste con sus opiniones y comentarios, a ellos, ¡Gracias!

Finalmente quiero dejarles saber a mis profesores y compañeros de la carrera que durante la convivencia derivada de nuestros encuentros cotidianos, los cimientos cognitivos y más aun, mi formación profesional, tuvieron lugar. Por lo tanto, al recaer ésta primordialmente en ellos y sin las valiosas aportaciones que en el terreno de la Academia realizaron hacia mi persona, cedo el crédito, en la medida correspondiente, a los artífices de la Tesis en cuestión.

DEDICATORIA

Un tipo de agradecimientos que van más allá del plano de lo académico es el que se tiene para con las personas que marcan nuestras vidas, que se erigen como un apoyo perpetuo, desinteresado, y en no pocos casos modelo a seguir y guía de nuestros actos. Al respecto, me permito expresar la gran admiración y cariño del que son deudos mis padres y hermanos, quienes en todo momento han estado a mi lado, impulsando y motivándome; a ellos, Esteban, Debbie, Miguel, Pedro y Juan. Hago extensivo mi cariño hacia el resto de mis familiares, abuelos, tíos y primos.

A todos mis amigos que me han acompañado a lo largo de esta travesía por la vida y en especial a mi segunda familia, familia Arriola Meneses y parientes, sin pasar por alto la gracia de sus favores, les agradezco el haberme acogido en su seno y hacerme sentir "como en casa".

Una especial consideración merece mi esposa, a ti Gaby, quien soportó penurias y otras desazones a mi lado durante la gestación de este proyecto, ofrezco esta modesta publicación.

Finalmente, a quien fue el pilar central de mi formación humana, con quien en reiteradas ocasiones sostuve discusiones que desembocaron en el gusto por la vida académica, a la persona que más allá de ser padre fue un MAESTRO en el sentido íntegro de la expresión, a ti

ESTEBAN GARCÍA GÓMEZ y de los SANTOS

DEDICO especialmente este trabajo; a tu memoria.

CONTENIDO

RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	iii
OBJETIVOS	vi
Capítulo I MARCO TEÓRICO	1
I.1 Interacciones Ecológicas	2
I.1.1 Comunidades Biológicas	2
I.1.2 Interacciones Poblacionales	3
I.1.3 Sucesión Ecológica	5
I.2 Interacciones socioambientales	6
I.2.1 Recursos Naturales y Economía	7
I.2.2 Servicios Ambientales	9
I.3 Consideraciones Cartográficas	11
I.4 Consideraciones Teóricas Particulares	12
Capítulo II SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	14
II.1 Categorías de Uso del Suelo	14
II.1.1 Forestal	15
II.1.2 Pecuario	16
II.1.3 Agrícola	17
II.1.4 Urbano	17
II.1.5 Sin Manejo	18

II.2 Cubierta Vegetal	18
II.2.1 Bosque de Oyamel	20
II.2.2 Bosque de Oyamel-Pino	21
II.2.3 Bosque de Pino	21
II.2.4 Bosque de Pino-Encino	22
II.2.5 Bosque de Encino	22
II.2.6 Bosque de Encino-Cuajote	23
II.2.7 Bosque de Cuajote	24
II.2.8 Matorral de <i>Juniperus-Sedum</i>	24
II.2.9 Matorral Crasirrosulifolio	25
II.2.10 Matorral de Escarpes	26
II.2.11 Matorral de <i>Senecio-Sedum-Baccharis</i>	26
II.2.12 Matorral de <i>Dodonaea</i>	27
II.2.13 Pastizal	27
II.3 Densidad de Cobertura	28

Capítulo III DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO **30**

III.1 Localización	30
III.2 Medio Físico	32
III.2.1 Fisiografía y Relieve	32
III.2.2 Geología y Estratigrafía	35
III.2.3 Edafología	38
III.2.4 Hidrología	39
III.2.5 Clima	40
III.3 Medio Biótico	41
III.3.1 Vegetación	42
III.3.2 Flora	43
III.3.3 Fauna	44

III.4 Medio Social	46
III.4.1 Reseña Histórica	47
III.4.2 Actividad Económica	47
III.4.3 Perfil Sociocultural	48
III.4.4 Perfil Político-Administrativo	48
Capítulo IV MÉTODO	50
IV.1 Obtención de la cartografía	50
IV.2 Análisis cartográfico	54
Capítulo V RESULTADOS	57
V.1 Uso del Suelo	58
V.2 Recambio Vegetacional	61
V.3 Dinámica del Cambio	64
Capítulo VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
VI.1 Modelo de Evaluación del Cambio de uso del suelo	71
VI.2 Comunidades Arbóreas	78
VI.3 Procesos Antrópicos y Sucesión Ecológica	80
VI.4 Dinámica Temporal del Cambio en la cobertura del suelo	87
VI.5 Aportaciones derivadas de la aplicación del Modelo de Evaluación del Cambio de uso del suelo	89
Capítulo VII CONCLUSIONES	96

Referencias

I

Bibliografía

I

Cartografía

V

Apéndices

A-1

A: Definición de los Tipos y Subtipos de Vegetación

A-1

B: Base de Datos Anuales

B-1

C: Base de Datos de Procesos

C-1

D: Índice de Figuras y Cuadros

D-1

RESUMEN

Partiendo de la estructuración de un Marco Teórico en que son integrados conceptos ecológicos y económicos bajo un enfoque socioambiental, mediante el diseño de un sistema de clasificación de la cobertura del suelo que deriva del acoplamiento de las clasificaciones de Uso del Suelo empleada por el INEGI y de Tipos de Vegetación propuesta por Rzedowski (1983), y recurriendo a la caracterización a profundidad del área en estudio a fin de poner en claro los procesos de modelado que determinan la fisonomía ambiental; se diseñó un Modelo Analítico que permite evaluar simultáneamente el Cambio de Uso del Suelo y el Recambio Vegetacional en la porción central del Corredor Biológico Chichinautzin (a la cual se le denominó Región de Tepoztlán).

A partir de la cartografía de Uso del suelo, Vegetación y Densidad de cobertura arbórea de 1970 y 1993, generada por medio de la interpretación de fotografías aéreas de los años citados y verificación en campo, se obtuvieron dos bases de datos: "Base de Datos Anuales" y "Base de Datos de Procesos". La información contenida en éstas permitió realizar la descripción de los principales impactos que cada comunidad vegetal experimentó durante el periodo estudiado; tratándola por medio del Modelo Analítico y posteriormente aplicándole un conjunto de Indicadores relacionados al Modelo.

En consecuencia, el Modelo de Evaluación del Cambio de uso del suelo se erige como la herramienta que permite discernir entre el Recambio Vegetacional que es consecuencia de un cambio en el uso del suelo y cuando éste se asocia con procesos de sucesión ecológica, lo que a su vez deriva en la caracterización de los procesos de Modelado Ambiental locales. Sin embargo, la valoración del cambio experimentado por la cobertura del suelo entre 1970 y 1993 recayó en los Indicadores correlacionados.

Al abordar los cambios de la cobertura del suelo desde varios puntos de vista fue posible observar lo siguiente:

Entre otros resultados, para el área en estudio se detectó un recambio vegetal intenso, el cual está determinado en primera instancia por las actividades de aprovechamiento que operan de forma local. Aunado a los cambios en la cubierta vegetal que infringe el uso del suelo, se presentan los derivados del proceso de sucesión ecológica. Las comunidades arbóreas son las que presentan el mayor recambio, siendo el Bosque de Encino el más afectado. Entre 1970 y 1993, el Bosque de Oyamel-Pino redujo su superficie en 350.49 ha, principalmente por recambio hacia Bosque de Pino. Así mismo, el Bosque de Encino perdió 686.93 ha, convirtiéndose en su mayoría en Bosque de Encino-Cuajote y de Pino-Encino.

Adicionalmente, para el periodo de octubre de 1970-marzo de 1993, los usos del suelo agrícola y forestal experimentaron una disminución de 199.77 ha en el primer caso y 239.87 ha en el segundo, en contraste con el uso pecuario que incrementó su superficie en 393.64 ha. Las comunidades con modelado antrópico sufrieron un ligero incremento (211.49 ha), a costa de las comunidades naturales, y pese a la reducción que experimentaron las zonas agrícolas (199.77 ha). El matorral secundario de *Senecio-Sedum-Baccharis*, junto con el Pastizal, fueron las comunidades con mayor incremento en superficie: 226.84 y 189.73 ha respectivamente. Lo anterior deja en claro un ligero proceso de ganaderización para dicho periodo.

Se puede concluir que durante octubre de 1970 y marzo de 1993 la "Región de Tepoztlán" presentó un Recambio Vegetacional intenso debido principalmente al manejo al que se encuentra sujeta la zona; no obstante, el impacto que ésta ha sufrido es relativamente bajo. Cabe mencionar que el cambio Neto en el uso del suelo es de una magnitud muy corta.

INTRODUCCIÓN

México ostenta una situación muy delicada en materia de conservación de sus recursos naturales. A pesar de contar con una gran riqueza en recursos naturales (ocupa el tercer lugar mundial en biodiversidad) éstos se encuentran altamente amenazados por la aplicación de políticas inadecuadas y la falta de planeación en todos los sentidos: desde la carencia de un plan nacional de gobierno a largo plazo, hasta la desvinculación regional (UAM / UAEM, 1990).

El corredor Biológico Chichinautzin es un Área Natural Protegida única en el país. Al situarse en el Sistema Volcánico Transversal alberga gran cantidad de especies biológicas: cuenta con representantes de las regiones biogeográficas Neártica y Neotropical, además de un considerable número de endemismos. A nivel de comunidades vegetales la gama es igualmente amplia, va desde la vegetación alpina hasta la tropical (UAM / UAEM, 1990).

Por otro lado, a pesar de contar, en general, con un buen grado de conservación en su porción central, es una de las áreas de vida silvestre más amenazada del país debido a su proximidad con las Ciudades de México y Cuernavaca. Adicionalmente, con el afán de explotar sus recursos y de disponer de su superficie, los poblados circundantes y circunscritos al Corredor incrementan las presiones a la que se encuentra sujeto. A raíz de ésta problemática se considera prioritario establecer un plan de manejo capaz de garantizar el aprovechamiento óptimo de los recursos con que cuenta sin ponerlos en riesgo y que a su vez permita conciliar el desarrollo de las áreas urbanas que ejercen influencia sobre el corredor con los procesos naturales de la zona (Halffter, 1994).

Lo anterior, nos coloca en una posición de desventaja; puesto que la inercia social obliga a la implementación en lo inmediato de medidas tendientes a frenar la explotación irracional a la que tradicionalmente sometemos las áreas naturales que quedan en el planeta, las cuales requieren a su vez de estudios especializados que permitan realizar un reordenamiento de las actividades productivas y una transformación de los procesos de producción. En este punto es donde el presente trabajo pretende incidir, aportando elementos diagnósticos sobre la situación del cambio de uso del suelo en una zona considerada prioritaria para su conservación: La Sierra del Chichinautzin.

Si bien es cierto que no fue abordada la Sierra en su totalidad, también lo es que la porción que se tomó como Área en estudio es la que posee las comunidades biológicas menos perturbadas por la acción humana. Así mismo, el Modelo Analítico ensayado puede ser fácilmente aplicado al resto del Corredor Biológico o incluso a la Sierra en su Totalidad.

Antes de entrar en materia, es conveniente informar al lector de algunas particularidades en la estructuración del trabajo que en líneas sucesivas será desarrollado. Éste se compone de dos secciones: la primera, de carácter informativo, consta del Marco Teórico, Sistema de Clasificación, Descripción del Área en Estudio y Método; la segunda, de carácter analítico, consta de los Resultados, el análisis y discusión de Resultados y las Conclusiones.

En el Marco Teórico se presentan las consideraciones conceptuales que sustentan al Modelo Analítico de Evaluación del Cambio de Uso del Suelo y Recambio Vegetacional. Paralelamente, vinculado al Modelo Analítico, el Sistema de Clasificación describe las categorías empleadas en la generación de la cartografía. Ambos capítulos, de manera conjunta, constituyen la integración de concepto Ecológicos y Económicos bajo el esquema SocioAmbiental.

En el capítulo destinado a la Descripción del Área en estudio son presentadas, detalladamente, sus características. Dicho capítulo pretende dotar al lector con el máximo nivel de referencia posible, permitiendo con ello la visualización de los procesos de Modelado Ambiental que se presentan en la zona; especialmente los que operan de forma natural. La primera sección culmina con el Método seguido, tanto en la obtención de la cartografía que permitió obtener las Bases de datos que alimentaron al Modelo de Evaluación, cuanto del Modelo Analítico en sí.

La segunda sección es la que contiene las aportaciones que el presente trabajo brinda. El capítulo de Resultados aborda el Cambio de Uso del Suelo y el Recambio Vegetacional por separado, integrarlos posteriormente en la descripción de la dinámica de cambio. Es en el capítulo de Análisis y Discusión de Resultados donde se presenta el Modelo Analítico de Evaluación y que a partir de éste, retomando la información presentada en el capítulo anterior, se llega a la Regionalización de los procesos de Aprovechamiento; la cual es la base de la Regionalización de los Procesos de Modelado Ambiental y de la valoración de los impactos asociados con cada comunidad vegetal. Por lo que al capítulo de conclusiones cabe, en éste se presentan de forma puntual y concisa los resultados que el presente estudio aportó.

OBJETIVOS

General:

- Evaluar el impacto del cambio de uso del suelo en la porción central de la Sierra del Chichinautzin.

Particulares:

- a) Evaluar los cambios de uso del suelo ocurridos entre octubre de 1970 y marzo de 1993.
- b) Generar un modelo analítico que permita discriminar los cambios en la cubierta del suelo derivados de la acción antrópica de los debidos al recambio vegetacional propio de la sucesión ecológica.

Capítulo I MARCO TEÓRICO

Las especies biológicas se distribuyen de forma irregular a lo largo del globo terráqueo, presentándose una mayor concentración en las regiones tropicales y decreciendo hacia los polos. Debido a este patrón de distribución, seis países, denominados Megadiversos, concentran más del 50% de la biodiversidad mundial; México es uno de éstos (Velázquez y Romero, 1999).

La posición privilegiada de México al respecto deriva por un lado de la confluencia de dos regiones biogeográficas: La neártica y la neotropical, y por el otro al mosaico de condiciones climáticas, geológicas, orográficas y edáficas presentes en el territorio nacional (Miranda y Hernández-Xolocotzin, 1963). De la interacción de ambos aspectos, surge una gran variedad de asociaciones vegetales con características particulares tanto en su fisonomía como en su composición florística. La gran diversidad de comunidades vegetales que se presenta en nuestro país conlleva a dificultades en su descripción, delimitación y por consiguiente en su clasificación (Rzedowski, 1983).

Si deseamos garantizar el aprovechamiento racional de dicho patrimonio universal, es crucial implementar un modelo de desarrollo que asegure la continuidad de sus procesos ecológicos y evolutivos (un Desarrollo Sustentable real), para lo cual es indispensable contar con un inventario que nos reporte su estado de alteración y vulnerabilidad (Toledo et al, 1985). A partir de dicha información es posible diseñar las estrategias de conservación pertinentes para cada caso particular.

I.1. Interacciones Ecológicas

I.1.1 Comunidades Biológicas

Los seres vivos se caracterizan por presentar relaciones entre sí y con su medio, es decir no son entidades aisladas. A nivel intraespecífico forman poblaciones, las cuales interactúan con otras poblaciones biológicas estableciendo relaciones complejas entre los organismos que las integran y el medio en que se desarrollan. Tales interacciones, a través de las cuales logran mantener un frágil equilibrio poblacional, son la base de los procesos ecológicos y evolutivos.

Las poblaciones, al estar conformadas por organismos que comparten una serie de requerimientos específicos, se encuentran restringidas a una determinada distribución, la cual está en función de los satisfactores de dichos requerimientos. De lo anterior se desprende que las poblaciones de especies cuyos requerimientos sean similares se presentarán de forma asociada compartiendo, al menos parcialmente, una misma distribución (Wittaker, 1980).

Cuando se hace referencia a la asociación de poblaciones vegetales circunscritas a una determinada área, en términos de comunidades vegetales, es bajo la base de que el conjunto resultante de dicha asociación posee la capacidad de satisfacer sus requerimientos fisiológicos en dicha zona. Si bien las plantas son la columna medular de los sistemas ecológicos, es importante mencionar que su establecimiento está determinado, en última instancia, por el resto de las poblaciones biológicas que integran el sistema ambiental. A su vez, la vegetación es un elemento importante de los nichos de las especies de fauna, fúngicas y otros organismos unicelulares con los que se relacionan, de tal suerte que cada comunidad vegetal es en sí una comunidad biológica.

I.1.2 Interacciones Poblacionales

Al interior de las asociaciones poblacionales, se presentan una serie de correlaciones entre las poblaciones que la integran. La presencia de una población específica determina la de otras, las cuales permiten a su vez el establecimiento de un tercer grupo de poblaciones. Esta cadena de determinismos y de transformaciones del medio físico, de la cual depende el equilibrio ecológico, constituye la base de la continuidad de los recursos bióticos en el planeta.

Cualquier alteración de la dinámica de determinada población, indirectamente modifica la de las poblaciones que se encuentran asociadas a ésta; inclusive el impacto se presenta en otros sistemas con los cuales se encuentran relacionados a través de los desplazamientos migratorios de especies animales (inclusive a través de otras formas de intercambios de energía y materia que se presentan entre los sistemas ecológicos).

Una aproximación a las interacciones que se establecen entre las poblaciones biológicas pone en manifiesto los intercambios de materia y energía que se dan entre los organismos de las poblaciones integrantes de una comunidad biológica y el medio físico. A mayor profundidad, en virtud de que los sistemas ecológicos son sistemas abiertos, los flujos de materia y energía se proyectan hacia otras comunidades, permitiendo un flujo global con características peculiares en cada biocenosis.

Los ciclos Geobioquímicos, esquematización del flujo global al que se alude previamente, son el resultado ulterior del acoplamiento de procesos abióticos y las interacciones ecológicas de la biota terráquea. Si bien es cierto que los sistemas biológicos poseen la capacidad de autorregularse, y con esto de minimizar los impactos negativos que sufren, afectar sistemáticamente y de forma simultánea varias comunidades biológicas las modifica severamente; basta considerar la serie de afectaciones directas e indirectas que implica la explotación de recursos para mantener una población humana actual. (Fig. I.1).

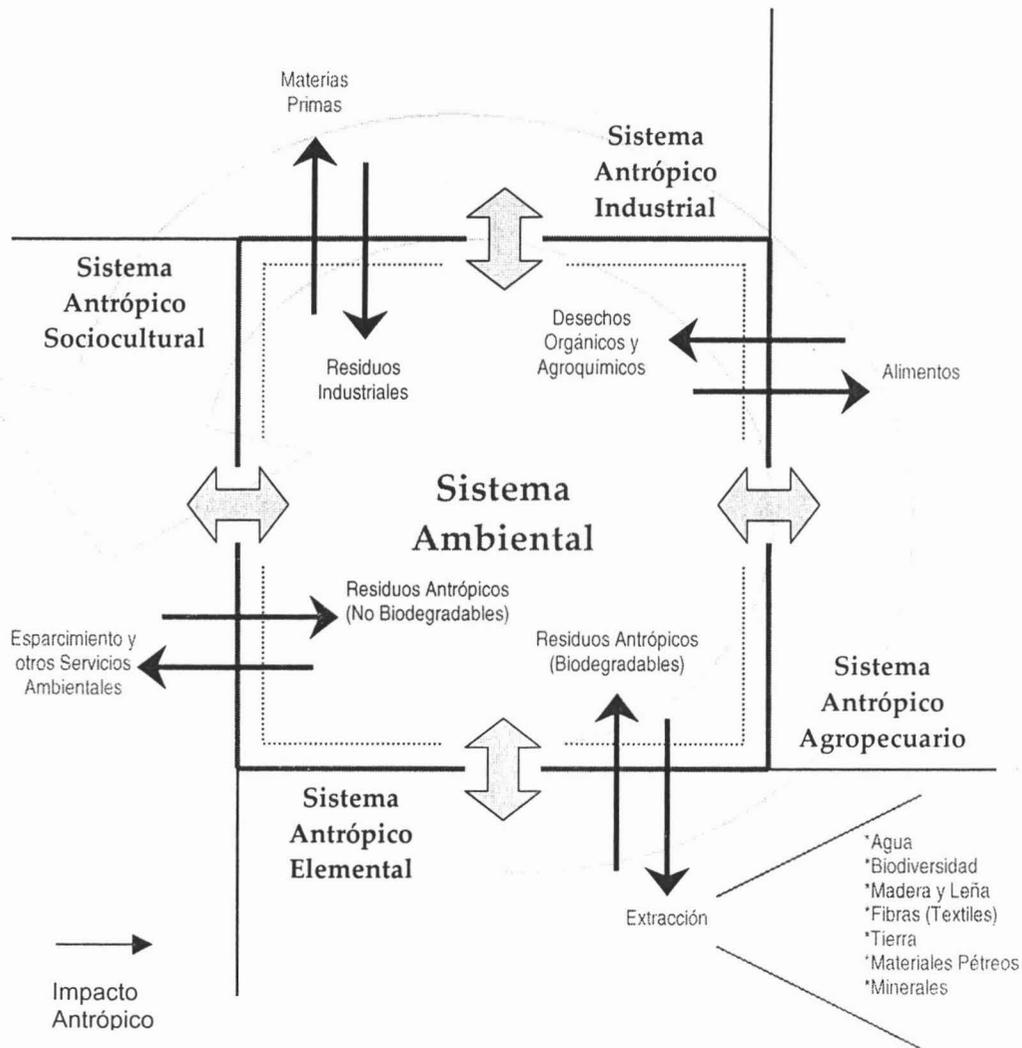


Fig. I.1 Impactos Antrópicos sobre un Sistema Ambiental. Se presenta, de forma esquemática, la relación que se establece entre la complejidad social y la magnitud de los impactos ejercidos sobre un Sistema Ambiental. Los niveles de complejidad han sido representados a través de Sistemas Antrópicos Acoplados, donde cada avance del desarrollo socioeconómico representaría la integración de un nuevo sistema.

Las comunidades biológicas adquieren una estructura particular mediante las interacciones poblacionales; la cual se manifiesta a través de una "fisonomía" propia, derivada principalmente de la cubierta vegetal (Miranda y Hernández-Xolocotzin, 1963). Consecuentemente, la asociación vegetal estará modelada por el resto de las especies biológicas con que se relacione. Por lo tanto, al describir la cubierta vegetal de determinada región se describe indirectamente al sistema ecológico (Boyas, 1992).

Por lo anterior, resulta evidente que la continuidad espacio-temporal de los sistemas ecológicos está determinada por la magnitud del impacto al que son sometidas las comunidades biológicas, y por ende la disponibilidad de los recursos naturales a largo plazo (Toledo et al, 1985; Bassols, 1991).

I.1.3 Sucesión Ecológica

Como ya se mencionó anteriormente, las poblaciones que forman una comunidad biológica presentan interacciones con su entorno. Inicialmente, el establecimiento de una comunidad se da por la colonización de poblaciones capaces de establecerse en determinada región, las cuales transforman gradual y paulatinamente el medio físico (Wittaker, 1980). Tales transformaciones permiten la colonización de nuevas poblaciones, que a su vez agregan modificaciones al medio en que se desarrollan. Después de determinado tiempo algunas poblaciones ya no pueden desarrollarse más en las nuevas condiciones ambientales, lo cual se refleja en una fisonomía distinta a la de la comunidad original.

Esta serie de transformaciones del entorno se presenta de forma reiterada, por lo que al acotar la descripción de los cambios de la cubierta vegetal a un lapso determinado, se le refiere como recambio vegetacional. Este proceso, en el cual las especies vegetales pioneras son reemplazadas por otras especies vegetales, dando origen a una nueva comunidad vegetal, es al que se denomina Sucesión Primaria (Rzedowski, 1983). Es importante considerar que la biota asociada también presenta recambios.

Después de un disturbio, el proceso de reestablecimiento de la comunidad implica el desarrollo de las plántulas y la redistribución espacial de los elementos presentes. Dependiendo de la magnitud del disturbio, inclusive puede darse la colonización por parte de elementos ajenos a la comunidad precedente, derivando en una nueva comunidad. La nueva comunidad puede ser un estado transicional de recuperación de la comunidad anterior o una comunidad madura. A este proceso se le conoce como Sucesión Secundaria.

I.2. Interacciones Socioambientales

Las poblaciones humanas son ante todo poblaciones biológicas heterótrofas, por lo tanto requieren alimentarse de otras poblaciones biológicas. Aunado a las necesidades alimenticias, presentan necesidades de tipo social y cultural las cuales varían en relación con el desarrollo de cada población. No obstante todas las necesidades son cubiertas a partir de la explotación de poblaciones biológicas y elementos del medio físico (Toledo et al, 1985).

La sola explotación del ambiente con fines de subsistencia causa un impacto sobre el medio biótico y abiótico. A éste, se suma el impacto que genera la satisfacción de las necesidades secundarias y el que se genera como resultado de los procesos de transformación a que son sometidos los recursos naturales.

El aprovechamiento de los recursos naturales altera las poblaciones de las especies que habitan dicha zona, ya sea a través de la modificación de sus hábitats o por el retiro de individuos. Este punto es de suma importancia, puesto que las poblaciones humanas durante el proceso de explotación de recursos inciden directamente sobre la dinámica poblacional del resto de las especies biológicas, atentando contra los tiempos de regeneración de los “recursos renovables”, los cuales lo son en la medida en que cuentan con las condiciones mínimas para desarrollarse. En el caso de las especies biológicas, su desarrollo sólo es posible si cuentan con un número de individuos superior al “mínimo poblacional”, el cual a su vez demanda un espacio físico que debe poseer la capacidad de permitirles satisfacer sus requerimientos fisiológicos, que están en función de las características propias de cada especie.

Con lo anterior, queda de manifiesto lo estrecho que son las relaciones entre las poblaciones humanas y el resto de las poblaciones biológicas del planeta, así como el grado de impacto que sus actividades les infringen (Fig. I.1).

I.2.1 Recursos Naturales y Economía

El desarrollo de las sociedades humanas se ha dado a través de la simplificación en la obtención de los satisfactores básico, dando paso a la ocupación en actividades de esparcimiento, desarrollo intelectual y artístico (Hughes, 1975). El resultado es que la alimentación se satisface a través de los sistemas de producción a gran escala y sus canales de distribución. Tal modelo social conlleva al establecimiento de los sistemas económicos, que a su vez son regulados por los rasgos culturales (Weber, 1984).

La disponibilidad de recursos en el planeta es finita, por lo que representan la principal limitante para el Desarrollo Económico Sostenido. Aunado a lo anterior, en su mayoría requieren de un periodo de tiempo considerable para formarse, sin mencionar que es prácticamente imposible reproducir los procesos mediante los cuales algunos de estos se generan de forma natural.

Por un lado tenemos la pérdida acelerada de recursos naturales, por el otro, la creciente demanda de éstos a causa del incremento poblacional y la amplia aceptación del estilo de vida tecnificado (Weber, 1984). Tal situación genera un Conflicto de espacio que difícilmente puede ser resuelto bajo el esquema social actual (Toledo, 1985). Las necesidades sociales demandan recursos, los cuales a su vez requieren un espacio físico para ser generados o poder desarrollarse en forma natural. Los centros urbanos también requieren de espacio físico; aunado al que se requiere para la vivienda está el demandado por las obras civiles que permiten las actividades humanas: las redes de comunicación, centros de transformación, recintos culturales, educativos, de esparcimiento y las cedes del gobierno en sus diferentes niveles. Todas estas obras civiles están en función del desarrollo social, económico y cultural de cada centro urbano, de forma tal que a mayor complejidad social mayor será la densidad poblacional y la demanda de espacio físico crecerá de forma potencial.

En la actualidad el rector del desarrollo socioeconómico de prácticamente todas las poblaciones humanas del planeta es el Sistema Económico Global, el cual postula la división del trabajo llevada a escala mundial: cada país se especializa en la generación de determinados bienes y servicios, el abasto de éstos se regula a través de los canales de comercio internacionales preexistentes y se conserva el modelo mono-específico-tecnificado como paradigma de los procesos productivos (Sánchez, 1980).

Los modelos de producción extensiva, de tipo monoespecífico, son esencialmente poco productivos. Requieren de grandes superficies para generar una gama muy reducida de especies biológicas y relativamente pequeños volúmenes de biomasa; a largo plazo deterioran los recursos bióticos y abióticos, como resultado de la alteración de los ciclos naturales de los ecosistemas y la reducción de las poblaciones nativas. En el caso de los sistemas agrícolas, los cultivos de temporal presentan una productividad nula durante parte del año, y los cultivos de riego, al emplear fertilizantes químicos, deterioran el suelo y el agua; la ganadería presenta bajos rendimientos al requerir grandes extensiones, ya sea para pastar libremente al ganado, o para producir el forraje del que se alimenta al ganado estabulado; en la industria de la transformación, parte considerable de los insumos son desechados, no ingresando nuevamente al sistema productivo. Los efectos negativos que dicho modelo económico tiene sobre el ambiente se presentan en diversos niveles que van desde el empobrecimiento local hasta el cambio global en los patrones de los flujos de energía (Sachs, 1982).

Una vez esbozado el conflicto entre la demanda de espacio físico y de recursos naturales es posible mencionar lo prioritario de la planeación de las actividades humanas. Resulta imperante contar con planes de desarrollo urbano y social en concordancia con un ordenamiento territorial que garantice el desarrollo de las actividades humanas sin poner en riesgo las áreas de vida silvestre y de producción de recursos.

1.2.2 Servicios Ambientales

Tomando en cuenta que las áreas de vida silvestre se encuentran estrechamente vinculadas a los flujos de materia y energía del planeta, podemos decir que son indispensables para el desarrollo de las poblaciones humanas, especialmente de los centros urbanos (Contreras y Urbina, 1995).

Lo anterior se traduce en que las zonas de protección de la vida silvestre deben ser consideradas dentro de las áreas destinadas a la generación de recursos; puesto que las especies silvestres además de ser recursos *per se*, determinan la viabilidad de gran número de procesos productivos a través de sus interacciones.

Considerando que el equilibrio ecológico se basa en la autorregulación de las poblaciones a partir de la disponibilidad limitada de los recursos que satisfacen los requerimientos fisiológicos de sus integrantes, al extraer determinado recurso natural se modifica su disponibilidad para el resto de las poblaciones biológicas y con ello se pone en riesgo el equilibrio ecológico de las poblaciones humanas. La transformación de ecosistemas naturales, en comunidades antrópicas, reduce los nichos ecológicos para la vida silvestre local y favorece la presencia de las especies acopladas a los sistemas antrópicos, generalmente consideradas plaga o nocivas.

Adicionalmente, las comunidades naturales participan en la regulación de los ciclos atmosféricos (Bryson y Murria, 1985). Fungen como amortiguadoras de la variación térmica local, favorecen la precipitación pluvial y la recarga de los mantos freáticos, reducen la acumulación excesiva de dióxido de carbono intercambiando éste por oxígeno durante la fotosíntesis vegetal, son formadoras y retenedoras de suelo; además de ser centros potenciales de esparcimiento para el ser humano y reservorios de vida silvestre.

Todos estos procesos, actualmente denominados servicios ambientales, se ven amenazados por el recambio inducido de la biota, poniendo en riesgo la sustentabilidad de las poblaciones humanas.

I.3. Consideraciones Cartográficas

El formato cartográfico constituye un tipo de representación pictográfica que se caracteriza por presentar una descripción sintética y georreferenciada de determinados aspectos de la corteza terrestre. Por tal motivo, el empleo de las cartas geográficas posibilita el análisis multivariable de determinada porción del globo terráqueo (Robinson, 1987).

En virtud de que las representaciones cartográficas presentan información tridimensional dentro de un plano, requieren un modelo de proyección que permita transferir, con la mayor fidelidad posible, los rasgos de la corteza a un formato planimétrico. El sistema de proyección, el datum y la elipsoide son parámetros que derivan de dicho sistema, mediante los cuales es posible establecer equivalencias entre la cartografía elaborada en base a distintos sistemas de proyección. Así mismo, el nivel de detalle en la descripción del área cartografiada está en función de la escala a la que se representa.

La proyección **Universal Transversa de Mercator** (UTM), es uno de los sistemas de proyección más empleado en la elaboración de la cartografía del territorio nacional. Se caracteriza por proporcionar unidades de georreferencia, acotadas en metros, dentro de una retícula cartesiana. Además de posibilitar mediciones precisas dentro del espacio geográfico en cuestión permite ubicar, de forma simple, un punto dado; a través de coordenadas longitudinales (X), latitudinales (Y) y altitudinales (Z).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG's) permiten relacionar las descripciones de distintas cartas de una misma zona, con lo cual es posible analizar la distribución de los elementos del medio natural e inferir correlaciones poco evidentes entre éstos. Así mismo, nos permite establecer las interacciones entre la dinámica social y el medio natural.

Al trabajar con poblaciones biológicas es sumamente deseable contar con la ubicación en tiempo y espacio de éstas. Al delimitar claramente una población biológica y su área de influencia es posible establecer, de manera precisa, las interacciones que ésta tiene con su **ambiente**. Así mismo, al ubicar geográficamente determinado conjunto de poblaciones humanas es posible conocer el impacto que ejercen en la dinámica de las poblaciones biológicas que se encuentran dentro de su **área de influencia**; con esto es posible realizar una adecuada planeación de la explotación de los recursos con que dispone dicha zona, evitando su degradación (Bassols, 1991).

Este último aspecto es de suma relevancia dentro del ámbito de la generación de cartografía de la cubierta vegetal, puesto que es a través de la delimitación de unidades fisonómicas que se obtienen las unidades cartográficas particulares.

I.4. Consideraciones Teóricas Particulares

A partir del surgimiento de las disciplinas científicas en el siglo XVI de la era Cristiana, el desarrollo social de la denominada Cultura Occidental ha favorecido, por un lado una esperanza de vida mayor, lo que a su vez ha permitido un incremento drástico de la población mundial; por el otro, ha desencadenado la aparición de necesidades netamente culturales. Aunado a la Revolución Industrial, la cual permitió la reducción de los costos de producción y por consiguiente la aparición de una serie de bienes y servicios que retroalimentan el crecimiento de las necesidades sociales, el modelo económico colonial crece en complejidad y se transforma para dar paso a nuevos paradigmas (Debus, 1985).

Durante la época de la Colonia los Estados europeos se enfrentaron a una desaceleración económica resultado del agotamiento de sus recursos, la cual pudieron salvar al aprovechar las materias primas de otros territorios (Huberman, 1990). El agotamiento sistemático de los recursos naturales en los últimos 500 años conllevan a que actualmente no sea viable dicha opción.

Considerando que las poblaciones humanas, por más que añoren su emancipación de la Naturaleza, se encuentran conformadas por una especie biológica ligada al resto por una intrincada serie de procesos ecológicos, resulta evidente que la vida silvestre ocupa un papel preponderante en la toma de decisiones respecto al desarrollo económico y social de toda nación.

A partir de las limitaciones que comienza a experimentar el Sistema Económico Global, surge el modelo económico de Desarrollo Sustentable, que pretende conciliar la alta demanda de materias primas, la reducción del espacio y la calidad de vida. Prospectando el crecimiento económico posible en base a los recursos naturales disponibles y las demandas sociales que van en aumento acelerado, se concluye que la sostenibilidad del desarrollo económico será imposible en unas décadas, por tal motivo es prioritario replantear nuestro esquema de Desarrollo socioeconómico (Sachs, 1982).

Capítulo II SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

El sistema de clasificación es un punto de suma importancia en la elaboración de materiales cartográficos puesto que es a partir de éste que se realiza la descripción, de determinado aspecto, de una porción particular de la corteza terrestre: En el presente caso, la descripción del uso del suelo y vegetación.

Las categorías establecidas en la clasificación son las que permiten delimitar las unidades cartográficas, por lo que si éstas no son claras o no presentan un nivel descriptivo homogéneo la caracterización presentará sesgos que pudiesen incluso invalidar el trabajo (Veruette, 1994).

Finalmente, cabe mencionar que el nivel descriptivo está directamente en función de la escala de trabajo, por lo tanto una descripción a menor escala demanda un nivel descriptivo mayor (González-Medrano, 1996).

Junto con la clasificación empleada por el INEGI, la de Miranda y Hernández-Xolocotzin (1963) y la de Rzedowski (1983) son las de mayor empleo en la actualidad. Cabe mencionar que para el caso del uso del suelo, éste se delimitó a partir de la simplificación de la clasificación empleada por el INEGI para las cartas de "Uso del Suelo y Vegetación". Por lo que a la descripción de la cubierta vegetal respecta, se empleó una clasificación basada en la propuesta por Rzedowski.

II.1. Categorías de Uso del Suelo

Desde la aparición de los primeros asentamientos humanos, la superficie terrestre ha sido modificada a fin de adecuarla a las necesidades de las poblaciones humanas. Inicialmente se establecieron viviendas y zonas agropecuarias, las cuales fueron creciendo en extensión a la par del crecimiento poblacional.

Actualmente, los usos que se le dan a la corteza terrestre han adquirido mayor complejidad, debido al desarrollo socioeconómico de las poblaciones humanas. No obstante, prevalece el esquema básico para su delimitación: Áreas de vida silvestre, conservadas o perturbadas; superficies destinadas a la generación de alimentos y otros satisfactores; y zonas destinadas a la interacción social.

Si bien las condiciones particulares del medio físico y biótico son las que inicialmente determinan la vocación para el uso del suelo, en última instancia son las variables socioeconómicas las que determinan la forma en que son empleados.

La caracterización del uso del suelo constituye una forma simplificada de describir los procesos de aprovechamiento que operan en determinada región. A la par, todo uso del suelo implica un manejo de las comunidades biológicas, el cual está en función de los procesos productivos mediante los cuales se lleva a cabo.

Los criterios que definen cada una de las cinco categorías que permiten la clasificación de las coberturas de uso del suelo presentes en el área en estudio se describen a continuación:

II.1.1 Forestal

Dentro de este tipo de uso del suelo se incluyen a todas aquellas actividades de extracción tendientes al aprovechamiento de los recursos naturales que brindan las comunidades biológicas cuyos elementos vegetales presentan desarrollo leñoso. Cabe mencionar que estas superficies albergan la mayor parte de la biodiversidad nacional, por lo tanto son las más abundantes en recursos naturales y las que experimentan el mayor detrimento.

De manera tradicional se consideran dos formas básicas de aprovechamiento forestal:

- a) **Maderable** (Cuando se realiza el retiro de elementos vegetales arbóreos con el fin de utilizar o comercializar su madera)
- b) **No Maderable** (A todas las actividades de extracción de elementos pétreos y suelo, así como de organismos silvestres, ya sea completos, de partes de éstos o de sus derivados).

II.1.2 Pecuario

Dentro de este tipo de uso del suelo se agrupan todas las actividades relacionadas con la reproducción y crianza de especies animales destinadas a la alimentación humana. El aprovechamiento pecuario más común es la **ganadería extensiva**, representada por las actividades de pastoreo y ramoneo, la cuales se practica principalmente en pastizales y comunidades arbustivo-herbáceas secundarias sobre las que el ganado se alimenta libremente; es importante señalar que en no pocos casos se presentan delimitaciones que restringen la movilidad del ganado (ganadería semiestabulada).

En mayor o en menor grado, las comunidades vegetales en que se presenta esta forma de uso del suelo presentan disturbio Antrópico; a través del uso del fuego, el sobre pastoreo e incluso la remoción selectiva de algunos elementos vegetales.

Otra forma de producción pecuaria es la **ganadería intensiva**, también denominada estabulada. Se caracteriza por el confinamiento en que se tiene al ganado, lo que le impide a los animales desplazarse en busca de su alimento; razón por la cual ésta depende por completo de la persona a su cargo.

II.1.3 Agrícola

Todos los casos en que se realizan actividades tendientes a la producción de especies vegetales destinadas a la alimentación humana, directa o indirectamente, son incluidas en este tipo de uso del suelo.

Asociado a ésta forma de aprovechamiento, se presenta la remoción total (o prácticamente total) de la cubierta vegetal original, la cual es reemplazada por una nueva comunidad compuesta por especies de utilidad antrópica, además de que los suelos en que se practica ésta poseen determinada manipulación.

En esta categoría, además de los cultivos (sean anuales o semipermanentes), se incluye a las plantaciones (agricultura permanente). Cabe mencionar que dependiendo del tipo de sistema agrícola del que se trate, las especies que la componen pueden variar a lo largo del año o incluso en periodos mayores.

II.1.4 Urbano

Dentro de esta categoría son incluidas las superficies sobre las cuales tiene lugar algún procesos constructivo. Sin embargo, en la práctica, éste tipo de uso del suelo se emplea para designar a las zonas en que se establecen núcleos de interacción social.

Por su carácter netamente antrópico, las superficies en que tiene lugar este uso del suelo se encuentran drásticamente modificadas; no solo en términos de sus poblaciones biológicas, sino también el medio físico. De manera simplificada, es posible mencionar dos formas principales de uso urbano del suelo:

- a) **Asentamientos Humanos** (Independientemente de su grado de urbanización, son incluidos todos los núcleos de población; tanto poblados rurales como ciudades. Además de los espacios utilizados para la vivienda se consideran los destinados al desarrollo de las actividades sociales; centros laborales, de esparcimiento, administrativos, etc.)

- b) **Centros de Transformación y Distribución** (Están representados por las zonas en que se establecen centros industriales o de intercambio comercial masivo, es decir destinadas a la generación de bienes y servicios; en sentido laxo se diría que constituyen la infraestructura regional).

II.1.5 Sin Manejo

Se aplica a las superficies en que no se presenta alguna forma de aprovechamiento o éste ocurre de forma esporádica, por lo que esta categoría designa a las comunidades biológicas más conservadas.

II.2. Cubierta Vegetal

La necesidad de contar con una clasificación que permita delimitar en forma adecuada la cubierta vegetal en una zona donde los procesos de sucesión ecológica poseen gran importancia, tanto por lo diverso de los procesos de aprovechamiento locales como por las condiciones del medio físico, demanda una clasificación con categorías de mayor nivel descriptivo que el que poseen los tipos de vegetación (Wittaker, 1980).

Tomando como punto de partida la clasificación propuesta por Rzedowski (1983), principalmente por ser una clasificación pragmática, jerárquica y compatible con otras, se realizó una modificación de ésta. Partiendo del agrupamiento que el autor realiza de asociaciones vegetales en tipos de vegetación, éstos son desglosados en subtipos y posteriormente en comunidades vegetales (Fig. II.1).

CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LA CUBIERTA VEGETAL		
ZONA NORTE DEL MUNICIPIO DE TEPOZTLÁN, ESTADO DE MORELOS		
TIPO de Vegetación	SUBTIPO de Vegetación	COMUNIDAD VEGETAL
Bosque de Coníferas y/o Latifoliadas	Bosque de Coníferas	Bosque de Oyamel
		Bosque de Oyamel-Pino
		Bosque de Pino
	Bosque Mixto (Coníferas-Latifoliadas)	Bosque de Pino-Encino
	Bosque de Latifoliadas	Bosque de Encino
Bosque de Encino-Cuajote		
Bosque Tropical Caducifolio		Bosque de Cuajote
Matorral Xerófilo	Matorral Sucesional	Matorral de <i>Juniperus-Sedum</i>
		Matorral Crasirrosulifolio
		Matorral de Escarpes
Pastizal		Pastizal
Vegetación Secundaria	Matorral Inerme	Matorral de <i>Senecio-Sedum-Baccharis</i>
		Matorral de <i>Dodonaea</i>

Fig. II-1. Sistema de clasificación de la cubierta vegetal de la zona norte del municipio de Tepoztlán, Estado de Morelos. (El arreglo jerárquico que se logró al correlacionar las comunidades vegetales y los tipos de vegetación, a través de las categorías de subtipo de vegetación, permite no solo un manejo escalar de la información generada cartográficamente sino la delimitación de los recambios vegetacionales propios de la sucesión ecológica y los debidos a la acción antrópica; más aun, permite discernir entre dos formas de Modelado Ambiental Antrópico: recambio vegetacional derivado de actividades antrópicas y modelado de comunidades vegetales.

Con lo anterior se logró una clasificación jerárquica, con categorías de mayor nivel descriptivo y en consecuencia el manejo escalar de la información cartográfica presentada en este trabajo (González-Medrano, 2003). Además de describir la cubierta vegetal y sus transformaciones derivadas de las actividades antrópicas, nos permite deslindar las modificaciones que esta cubierta presenta como resultado de la sucesión ecológica primaria.

En virtud de que el presente estudio parte de la representación cartográfica de las comunidades vegetales, la clasificación de la cubierta vegetal aporta los elementos de interpretación del material aerofotográfico a partir del cual se elaboró la cartografía de uso del suelo y vegetación, tanto de 1970 como de 1993.

Los parámetros que definen cada una de las comunidades vegetales se enuncian a continuación, estando disponible una breve descripción de los tipos y subtipos de vegetación en el Apéndice A.

II.2.1 Bosque de Oyamel

Son comunidades vegetales en las cuales las especies del género *Abies* son dominantes. Su distribución se restringe a las porciones más húmedas del área en estudio, estando confinada a las laderas de los volcanes Chichinautzin, Suchiol y Tlaloc. Por consiguiente, el substrato geológico en que se desarrollan es de origen volcánico; principalmente basaltos. En general, los suelos en que prospera son pobres, llegando incluso a establecerse sobre malpaíses.

Se localiza por encima de los 3100 m.s.n.m., presentando una precipitación media anual mayor a 1000 mm y temperaturas medias anuales de entre 7 y 12 °C, siendo comunes las heladas en la época fría del año.

La altura de la comunidad oscila entre 20 y 40 m, suele presentarse como un bosque denso formado generalmente por un solo estrato arbóreo. Es una comunidad siempre verde.

II.2.2 Bosque de Oyamel-Pino

Se trata de una comunidad en la cual las especies de los géneros *Pinus* y *Abies* establecen una codominancia. A lo largo de una franja de amplitud variable se establece una transición gradual que se observa como la disminución proporcional de los elementos de uno de los géneros, de forma simultánea al incremento de los del otro género.

Se ubica altitudinalmente entre los 3000 y 3200 m.s.n.m., justo por debajo del bosque de oyamel y por encima del pinar. La temperatura promedio anual oscila alrededor de los 10 a 15 °C, presentándose heladas en los meses más fríos. La precipitación promedio anual es ligeramente menor a los 1000 mm.

Se establece sobre substratos de origen ígneo, en suelos pobre o moderadamente desarrollados y de buen drenaje. Típicamente presenta dos estratos arbóreos: el superior constituido por oyameles, y el inferior formado por pinos. Es una comunidad siempre verde cuya altura fluctúa alrededor de los 30 m. Debido a su elevada humedad, la presencia de hongos, líquenes y musgos es común.

II.2.3 Bosque de Pino

En esta comunidad vegetal la dominancia puede estar dada por una sola especie de *Pinus* o repartirse entre dos o más especies del mismo género. Su altura va de 8 a 25 m, presentan uno o dos estratos arbóreos bien definidos. En general no presenta estrato arbustivo.

Prospera típicamente entre los 2900 y 3100 m.s.n.m., en zonas con temperatura media anual que oscila entre 10 y 20 °C, con precipitación pluvial de entre 600 y 1000 mm. Preferentemente se establecen en áreas cubiertas por rocas ígneas, sobre suelos someros, rocosos, de pH ácido y con deficiencia de nutrientes minerales; no obstante, de buen drenaje.

II.2.4 Bosque de Pino-Encino

Son bosques en donde una o varias especies del género *Pinus* y una o más de *Quercus* son codominantes. Su estructura generalmente presenta un estrato superior, dominado por los pinos, y uno más bajo, en que prosperan los encinos.

Es una comunidad cerrada, cuya altura varía de 10 a 30 m. Debido al amplio rango ecológico que poseen las especies de *Quercus* y la intensa acción antrópica a la que se encuentra expuesta, ostentan una gran variedad fisonómica.

Se distribuye entre los 2500 y 2900 m.s.n.m.. La temperatura media anual se ubica entre 10 y 20 °C y la precipitación pluvial oscila entre 600 y 1200 mm al año. Comúnmente se establece sobre suelos con buen drenaje, tanto rocosos como bien desarrollados, derivados de substratos geológicos ígneos.

En virtud de que las exigencias ecológicas de las especies de *Pinus* y de *Quercus* son similares, frecuentemente se les encuentra asociadas: ya sea como una franja transicional entre un encinar y un pinar, debido a las condiciones del medio abiótico, o como resultado de la perturbación antrópica.

II.2.5 Bosque de Encino

A pesar de presentarse especies de encinos en otras comunidades vegetales, ésta se caracteriza por una relativa monotonía florística en su estrato arbóreo: la dominancia recae en especies del género *Quercus*, ya sea en una sola o varias.

Se distribuye entre los 2100 y 2700 m.s.n.m.. En general, la precipitación promedio anual va de 600 a 1200mm y la temperatura media anual de 12 a 20 °C. Se desarrolla sobre suelos de origen volcánico, con pH entre 5 y 6.5, desde profundos y bien desarrollados hasta rocosos, la abundancia de humus sobre su superficie es una particularidad de esta comunidad.

Típicamente es una comunidad cerrada, más o menos perenifolia, con árboles relativamente bajos y de troncos más bien delgados. Dependiendo de su altura, la cual va de 8 a 30 m, se pueden distinguir desde uno hasta tres estratos arbóreos.

Una constante de esta comunidad es la preponderancia que muestra la diversidad de especies herbáceas sobre la de los elementos leñosos. Las epífitas y trepadoras leñosas son abundantes: desde líquenes y musgos hasta fanerógamas de gran tamaño.

II.2.6 Bosque de Encino-Cuajote

Debido al carácter termófilo de los encinares y la relativa facilidad con que establecen relaciones simbióticas con otras plantas, se asocian con los elementos del cuajotal, dando origen a esta comunidad. Se presenta como la mezcla de los elementos florísticos de ambas comunidades; la codominancia de las especies de *Quercus* y elementos tropicales le brindan una fisonomía particular.

Prospera en altitudes de entre 1900 y 2000 m., formando una franja transicional entre las comunidades templadas y las tropicales. Es un bosque de entre 15 y 20 m de altura, constituido estructuralmente por un estrato arbóreo superior de encinos y un estrato inferior de árboles propios del cuajotal.

Es importante mencionar que en el área en estudio se presenta como una comunidad siempre verde, en virtud de que se desarrolla en una zona de relativamente alta humedad atmosférica.

II.2.7 Bosque de Cuajote

Corresponde a una forma particular del bosque tropical caducifolio; si bien es cierto que en este tipo de vegetación, de forma típica no se presenta una dominancia clara de algún elemento florístico, en la cuenca del río Balsas se distingue una dominancia relativa de los elementos del género *Bursera*.

Se desarrolla, comúnmente, por debajo de los 2000 m.s.n.m., en regiones de clima cálido subhúmedo donde el régimen de lluvias presenta una marcada estacionalidad. La temperatura media anual es del orden de 20 a 29 °C y la precipitación promedio anual varía entre los 600 y 1200 mm. Su presencia sobre laderas es frecuente puesto que muestra preferencia por los suelos someros y pedregosos, de buen drenaje.

Estructuralmente se presentan uno o dos estratos arbóreos, de forma independiente a las eminencias. Es una comunidad densa, caducifolia y cuya altura va de 8 a 12 m.. La presencia de cactáceas columnares y candelabriformes es común, siendo escasas las trepadoras y epífitas.

II.2.8 Matorral de *Juniperus* - *Sedum*

La distribución de esta comunidad se encuentra restringida al Volcán Chichinautzin, dentro de su cráter y sobre sus laderas, por encima de los 3100 m.s.n.m.. Es una comunidad sucesional que prospera colonizando los malpaíses basálticos en donde el medio físico presenta limitantes para el desarrollo de los bosques de coníferas.

La temperatura media anual varía entre 7 y 10 °C, mientras que la precipitación media anual es mayor a 1000 mm.. Cabe mencionar que en la época fría del año las heladas son comunes.

Es una comunidad perennifolia, de cobertura abierta, con una altura que fluctúa entre los 2 y 4 m. y que posee una fisonomía muy particular: a lo largo de esta comunidad se presentan elementos de *Sedum sp.* en forma continua, mientras que los de *Juniperus sp.* se congregan en pequeños grupos dispersos.

II.2.9 Matorral Crasirosulifolio

Caracterizada por plantas suculentas cuyas hojas se agrupan en forma de roseta, es un matorral denso con una altura que generalmente no pasa de un metro. Los elementos florísticos más relevantes son especies de los géneros *Agave*, *Hechtia* y *Dasyllirion*, que forman un estrato subarborescente espinoso. A menudo se presentan uno o dos estratos arbustivos más altos.

Es una comunidad típica del Sistema Volcánico Transversal, cuya distribución en el área en estudio se encuentra restringida al derrame meridional más reciente del volcán Chichinautzin (en las inmediaciones de la curva conocida como "La Pera", de la autopista México - Cuernavaca), entre los 2000 y 2500 m.s.n.m..

Se desarrolla sobre rocas ígneas derivadas de vulcanismo reciente donde la humedad atmosférica, relativamente alta, permite que prospere sobre laderas carentes de suelo. El clima que se presenta en la zona es de tipo transicional: subcálido subhúmedo.

II.2.10 Matorral de Escarpes

Se trata de asociaciones vegetales en las cuales la dominancia está a cargo de plantas subarborescentes y herbáceas; generalmente xerófilas en el primer caso y gramíneas para el segundo.

Por lo común se distingue un estrato subarborescente y otro herbáceo, este último con desarrollo notable en la época de lluvias y conspicuo en la seca. Con algunas reservas, se puede considerar como equivalente de la categoría "Sin vegetación aparente" empleada por el INEGI.

Esta comunidad, de cobertura abierta y con una altura que oscila entre los 30 y 80 cm, prospera en terrenos carentes de suelo. Su distribución se restringe a las laderas más abruptas de la Formación Tepoztlán (con pendientes mayores a 60 °, llegando incluso a los 90 °), entre los 1800 y 2100 m. de altitud. El clima predominante es el subcálido subhúmedo y el sustrato geológico es el lahar.

II.2.11 Matorral de *Senecio* - *Sedum* - *Baccharis*

Dentro de esta categoría son incluidas todas aquellas asociaciones vegetales en que por lo menos alguno de los tres géneros presenta una dominancia clara (*Senecio*, *Sedum* o *Baccharis*); no obstante, en todos los casos *Senecio salignus*, *Sedum oxypetalum* y *Baccharis conferta* forman parte de la asociación.

Constituye una comunidad vegetal secundaria asociada al desmonte de los bosques de pino, la cual debe su establecimiento a la sucesión ecológica secundaria. Principalmente se establece sobre terrenos con pastizales "en descanso" o en que las prácticas agrícolas han sido suspendidas.

Es una comunidad densa, con follaje persistente y de uno a cuatro metros de altura. En cuanto a su estructura, se observan uno o dos estratos arbustivos y un estrato herbáceo muy desarrollado; principalmente representado por gramíneas.

II.2.12 Matorral de *Dodonaea*

Al igual que la categoría anterior, debe su establecimiento a la sucesión ecológica secundaria, estableciéndose a expensas de terrenos en que la actividad agropecuaria se encuentra en receso. Sin embargo, en contraste con los matorrales anteriores, ésta se asocia con el desmonte de los bosques de encino.

Se trata de una comunidad de dos a tres metros de altura, densa y perennifolia. Un aspecto peculiar en su fisonomía es la monotonía florística, derivada del hecho de que el estrato arbustivo está constituido casi de manera exclusiva por *Dodonaea viscosa*. En lo que al estrato herbáceo respecta, éste posee grados de desarrollo variable: desde moderado hasta pobremente desarrollado.

II.2.13 Pastizal

En esta categoría se incluyen a todas las asociaciones vegetales que únicamente poseen estrato herbáceo, en el cual la dominancia recae en una o más especies de gramíneas.

Tomando en cuenta que prácticamente la totalidad de los pastizales nacionales poseen alguna forma de manejo antrópico, en especial los de la porción central de la república, es posible considerarlos una comunidad vegetal secundaria; toda vez que en mayor o menor grado su estructura ecológica se encuentra determinada por la acción humana.

Esta comunidad presenta exigencias ecológicas muy amplias, se distribuye desde las laderas de los volcanes Chichinautzin y Tlaloc hasta las de la Sierra de Tepoztlán, de 3200 a 1900 m.s.n.m.; desde el clima templado hasta el subcálido.

Su fisonomía es variada; en cuanto a su altura, ésta va de pocos centímetros hasta cerca del metro. Por otro lado, lo mismo se presentan pastizales con monotonía florística que otros con una diversidad significativa.

II.3. Densidad de Cobertura

Cada comunidad posee una densidad de cobertura típica, la cual es reflejo directo de su estructura ecológica. No obstante, debido a las correlaciones que se establecen entre la flora y su medio físico, el desarrollo de los elementos florísticos que la constituyen depende del medio abiótico en que se desarrollan. Por lo tanto, resulta evidente que la densidad de cobertura es un indicador de la dinámica ecológica local.

Así mismo, una asociación vegetal puede presentar de forma natural una densidad de cobertura atípica. Esto sucede cuando el medio físico en que se desarrolla presenta limitantes para el desarrollo óptimo de la comunidad, ya sea la altitud, las propiedades del suelo, la pendiente, la distribución de la precipitación a lo largo del año o la variación de la temperatura: sea la diurna o la anual. Estas limitantes las podemos conocer a partir de la comparación entre la densidad de cobertura típica y la que nuestra asociación vegetal muestra.

Adicionalmente, el impacto que las actividades humanas tienen sobre una determinada asociación vegetal modifica su densidad de cobertura; a partir de lo cual es posible conocer el grado de perturbación al que se encuentra sometida. De lo anterior se infiere que el cambio en la densidad de cobertura aporta información sobre el tipo y la intensidad de disturbio al que se enfrenta la comunidad, así como los niveles de explotación a los que está sujeta.

La evaluación de la densidad de cobertura, en ambas direcciones, nos permite conocer la vulnerabilidad de la comunidad vegetal, con lo cual podemos extrapolar la capacidad de aprovechamiento a la que puede someterse ésta. Dentro del marco del Desarrollo Sustentable lo anterior es crucial, puesto que a partir del diagnóstico de la dinámica ecológica de determinada asociación vegetal y de su grado de Vulnerabilidad es posible calcular las tasas de explotación: tanto la ideal y máxima, como la que caracteriza a un determinado periodo.

A partir de lo anterior se establecen tres categorías de densidad de cobertura vegetal, la cual será definida como “el porcentaje de cubrimiento que presenta el dosel respecto a la superficie sobre la que se distribuye la asociación vegetal”:

- **Cerrada;** Se presenta cuando la comunidad arbórea cuentan con un dosel que cubre más del 75% de la superficie sobre la que se distribuye.
- **Semicerrada;** Caracteriza a las comunidades arbóreas cuyo dosel cubre entre el 40 y 75% de la superficie en que se desarrollan.
- **Abierta;** Es aplicada a las comunidades arbóreas que su dosel cubre menos del 40% de la superficie en que prosperan.

Capítulo III DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

III.1. Localización

El área en estudio se encuentra enclavada en la zona norte del Estado de Morelos y sur del Distrito Federal, comprendida entre los paralelos 18° 59' 39.30" y 19° 06' 10.00" de latitud norte, y los meridianos 99° 11' 25.16" y 99° 01' 43.78" de longitud oeste. Al norte limita con los volcanes Caldera del Guarda, Chichinautzin y Tlaloc, extendiéndose hacia el sur hasta las inmediaciones del poblado de Tepoztlán. Al este el límite alcanza al volcán Oololica, mientras que al oeste colinda con el volcán Guespalapa.

Su definición se realizó a partir de dos criterios: la cobertura aerofotográfica disponible para las décadas de 1970 y 1990, cuya escala promedio fuera mayor a 1 : 50 000; y que, en la medida de lo posible, quedara incluida la superficie con las comunidades vegetales más conservada del Corredor Biológico Chichinautzin. Dichos criterios condujeron al establecimiento de un polígono rectangular, con una superficie de 20 400 ha, delimitado por las siguientes coordenadas extremas UTM zona 14: (480 000 , 2 100 000) y (497 000 , 2 112 000).

Administrativamente, se distribuye en dos entidades federativas: el Estado de Morelos y el Distrito Federal. Más de la mitad de su superficie pertenece al municipio de Tepoztlán, quedando una pequeña porción dentro de los municipios de Huitzilac y Tlalnepantla, en el Estado de Morelos, y de las Delegación Milpa Alta y Tlalpan, correspondientes al Distrito Federal (Fig. III.1). Su designación como Región de Tepoztlán deriva del hecho de que en su mayoría pertenece al municipio del mismo nombre.

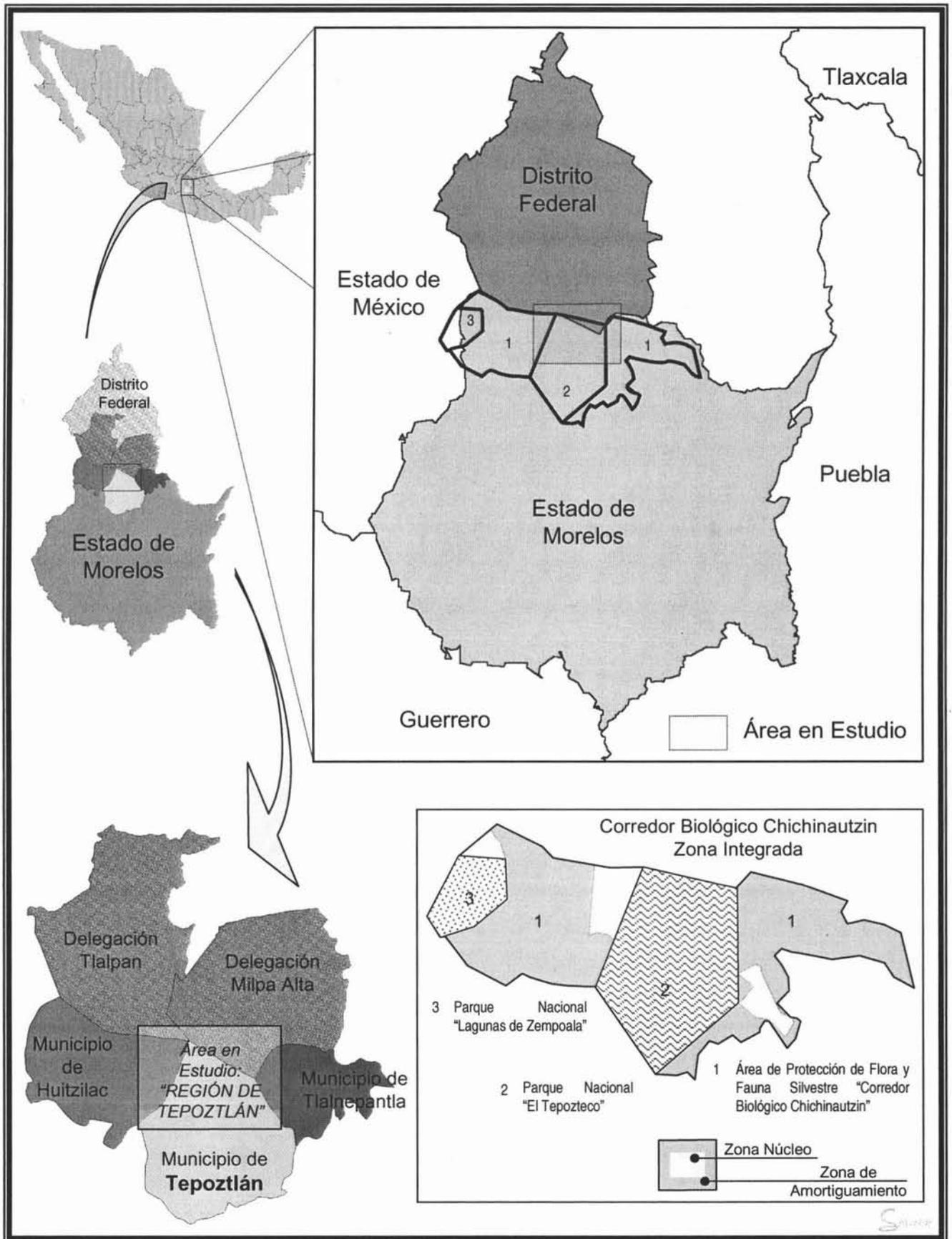


Fig. III.1 Localización del Área en Estudio. Se muestra la ubicación del área en estudio con respecto a los límites municipales, en el caso del Estado de Morelos, y delegacionales, para el Distrito Federal. Adicionalmente se muestran los límites del Corredor Biológico Chichinautzin.

III.2. Medio Físico

La Sierra del Chichinautzin es uno de los relieves más jóvenes del territorio nacional, con una edad menor a 50 000 años (Martin del Pozzo, 1982 y 1990). Es considerado como un conjunto montañoso en proceso de formación, que concentra un gran número de volcanes jóvenes, promediando hasta 120 unidades por cada 1 000 Km² (Lugo, 1984; Hernández-Lozano y Lugo en Vega, 2004).

Presenta vestigios de una gran actividad volcánica, la cual se desarrolló principalmente en el cuaternario (Mooser, 1975). De ésta derivan un gran número de volcanes: entre otros, el Chichinautzin, Suchiol, Ololica, Tlaloc, Yecahuazac y Caldera del guarda.

El volcanismo del Pleistoceno aun continua y prueba de ello son las últimas erupciones registradas en dicha Sierra: la del Volcán Xitle, hace unos 2 400 años (Fries, 1956; Mooser, 1963); el Derrame Meridional del Chichinautzin, considerado posterior a la del Pedregal de San Ángel (Espinosa, 1961); y las citadas por Libby y por Córdova et al. en Ávila (1998), donde se hace referencia de que en ambos casos los autores asignan una antigüedad menor a 2 400 años.

III.2.1 Fisiografía y Relieve

El área en estudio pertenece a la región fisiográfica del Sistema Volcánico Transversal. Sin embargo, debido a lo reciente de su formación, la Sierra del Chichinautzin presenta una topografía muy característica, la cual se distingue por una erosión muy baja en sus zonas de afloramiento.

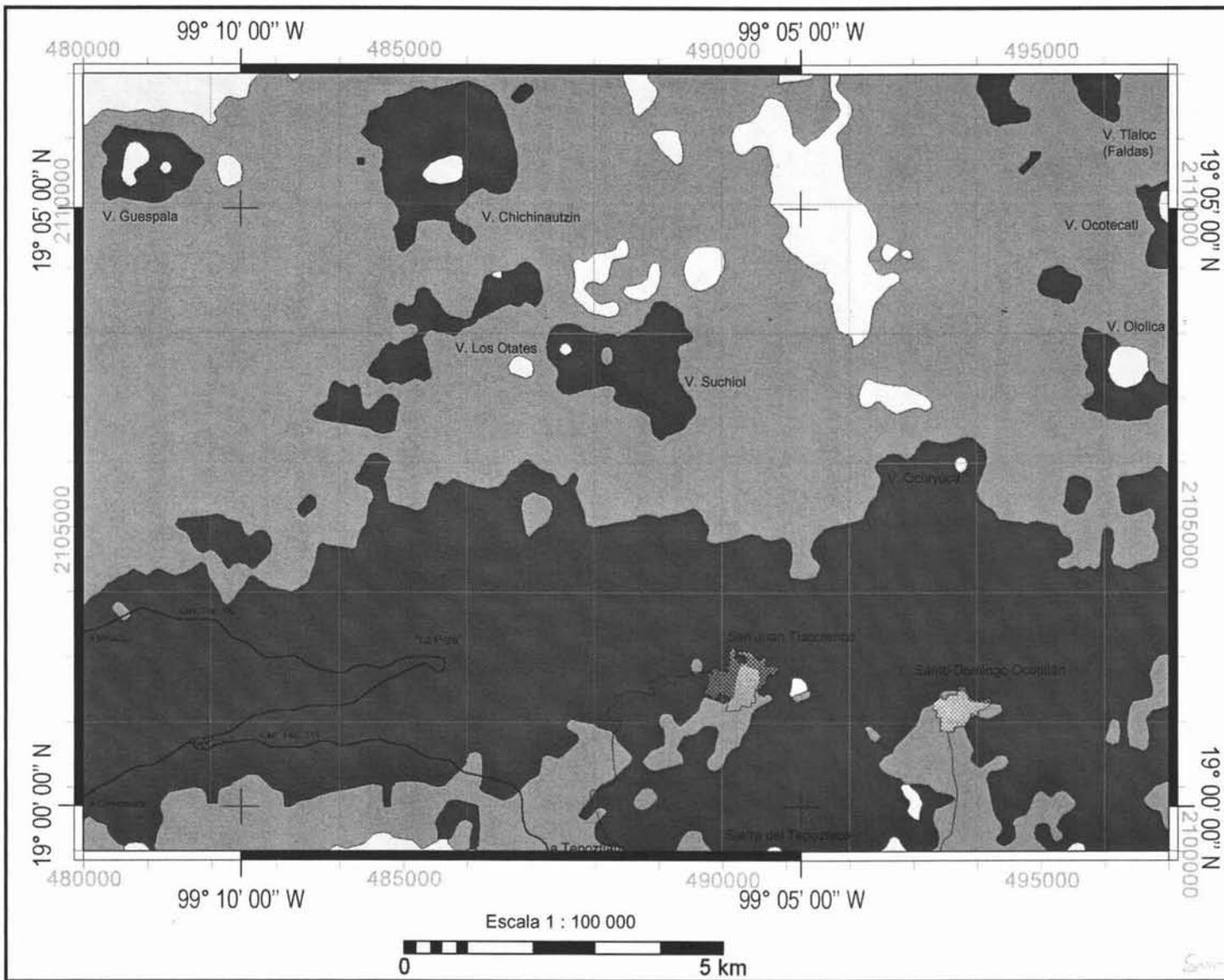
A pesar de que el límite con la Provincia de la Sierra Madre del Sur prácticamente coincide con el de la zona en estudio, la transición en términos del paisaje se presenta más bien abrupta, debido principalmente a la acumulación de conos cineríticos y escoriáceos (Fries en Hiroishi, 1974).

El rango altitudinal para el área en estudio es relativamente amplio; desde la porción suroeste en que la altitud es de alrededor de 1 800 m., hasta la porción norte y nororiental en que se supera los 3 400 m.s.n.m. (INEGI, 1976 y 1982). Las mayores elevaciones se encuentran representadas por el volcán Chichinautzin, cuya altura es de 3 476 m.s.n.m., y las faldas del volcán Tlaloc, parcialmente incluido.

La actividad endógena volcánica ha dado lugar a un relieve de tipo acumulativo a través de conos cineríticos, coladas de lava, domos y laderas lávicas. Debido a que los volcanes más antiguos poseen del orden de 40 000 años, el relieve endógeno modelado, que se expresa en las laderas volcánicas erosionadas, posee una expresión casi imperceptible.

Por otra parte, las zonas de acumulación como el piedemonte y los aluviones, derivadas de la actividad exógena, cuentan con un desarrollo incipiente o han quedado sepultadas por efusiones lávicas posteriores; principalmente del holoceno, con antigüedad de 10 000 años o menor. En cuanto a las montañas de plegamiento, éstas no se presentan en la zona.

Con base en las formas de relieve que Martin del Pozzo (1980) reconoce para la Sierra del Chichinautzin y las que Cedillo (1990) menciona para el municipio de Tepoztlán, es posible describir tres unidades de relieve para el área en estudio (Fig. III.2):



Simbología General

Poblado

Vías de Comunicación

Carretera Federal

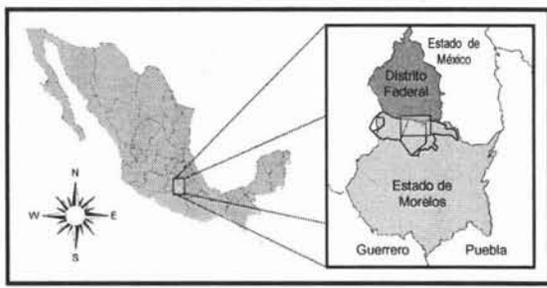
Carretera Estatal

Unidades de Relieve

Altiplanicie
(Pendientes menores a 3%)

Piédemonte volcánico
(Pendientes entre 3 y 15%)

Laderas de conos y depósitos Vulcano-sedimentarios
(Pendientes mayores a 15%)



Evaluación del cambio de uso del suelo en la región de Tepoztlán, Estado de Morelos

Unidades de Relieve

Datos Generales

Proyección: UTM
Datum: NAD-27, Área México
Elipsoide: Clark 1866
Equidistancia entre curvas: 100 m

Fuentes Documentales: Cartas Topográficas Cuernavaca (E14-A59), 1982, y Milpa Alta (E14-A49), 1976. Esc. 1 : 50 000. INEGI.

Fig. III.2. Distribución de las Unidades de Relieve del Área en Estudio. Adicionalmente, se muestran las unidades elevacionales de la zona en estudio

A) Altiplanicies

Zonas planas con pendiente menor a 3%. Se distribuyen entre los volcanes Chichinautzin, Suchiolt, Oclayuca y Tlaloc, y alrededor del volcán Acopiaco; en la porción norte. Deben su origen al depósito de cenizas. Adicionalmente, en la porción sureste, al sur de Santo Domingo Ocotitlán, se localiza una pequeña prolongación del valle de Tepoztlán.

B) Piédemonte volcánico

Zonas semiplanas con pendiente entre 3 y 15%. Constituyen la unidad con mayor extensión: más de la mitad del área en estudio presenta este relieve. En general, su origen deriva de las coladas de lava más recientes.

C) Laderas de conos y depósitos Vulcano - sedimentarios

Zonas con pendientes mayores a 15%. Se refiere por un lado a los edificios volcánicos (conos volcánicos de lava, de escoria y Domos o bocas de lava), y por otro a los lahares de la Sierra del Tepozteco.

III.2.2 Geología y Estratigrafía

Como ya se mencionó anteriormente, La Sierra del Chichinautzin posee un origen predominantemente volcánico que se remonta a las erupciones de explosividad intermedia, de tipo estromboliana, que tuvieron lugar en el Pleistoceno (Martin del Pozzo en Vega, 2004).

Es en el Pleistoceno Tardío que la Sierra del Chichinautzin se forma, a partir del surgimiento de un gran número de edificios volcánicos, entre los volcanes Ajusco y Popocatépetl. No obstante, aproximadamente 20 000 a 10 000 años atrás, surgen un número considerable de volcanes monogenéticos en la vertiente sur de la Sierra, con lo cual queda definida su distribución actual (Martin del Pozzo, 1982 y 1990).

Lo anterior, pone de manifiesto que el área en estudio se localiza en la parte más reciente de la serranía, y por consiguiente que los procesos de modelado del relieve ocurridos durante el Cuaternario son los de mayor relevancia.

Desde el punto de vista litológico, las rocas volcánicas son las más jóvenes y las más abundantes, siendo no menos importantes los materiales piroclásticos y cineríticos. Los substratos geológicos dominantes son de origen holocénico, destacando los derrames basálticos y andesíticos (INEGI, 1986 y 1989; Rodríguez y López, 1977).

Junto con las rocas ígneas del Cuaternario, la brecha volcánica y los depósitos de cenizas, són los substratos geológicos que caracterizan al área en estudio. La primera, se presenta en los lahares y las inmediaciones del volcán Suchioli, mientras que los segundos se ubican en la porción norte de la zona (Cedillo, 1990; INEGI, 1986 y 1989).

A fin de permitir un mayor entendimiento de los procesos geológicos locales, a continuación se describen brevemente las unidades geológicas mayores:

I. Formación Tepoztlán

Se encuentra conformada por depósitos de sedimentos vulcanoclásticos, integrados en lahares, de composición andesítica (Aguilar, 1995). La Sierra del Tepozteco pertenece a ésta, la cual, debido al modelado de las estructuras montañosas actuales, por los procesos erosivos, presenta un aspecto singular. Según Mooser (1963), ésta podría corresponder al Grupo Xochitepec.

II. Grupo Chichinautzin

Fries (1960) lo define como "Todas las corrientes lávicas, tobas, brechas y materiales clásticos interestratificados depositados por agua, de composición andesítica o basáltica que descansan encima de la Formación Cuernavaca o de unidades más antiguas".

Por lo tanto, casi en su totalidad, los sustratos geológicos del área en estudio forma parte de éste. A su vez, en la zona es posible observar dos formaciones:

a) Formación Chichinautzin

La Serie Basáltica Chichinautzin está constituida casi totalmente de basalto con olivino; empero, también se presentan andesitas, andesitas basálticas y basaltos sin olivino (Fries, 1956). Son las lavas más jóvenes, del Holoceno, y forman un paisaje de malpaís altamente permeable que surge por numerosos derrames que se sobrepone y unen lateralmente.

b) Formación Tlaloc

Definida por Vázquez y Jaimes en González (1998), data del Cuaternario. Se encuentra constituida por lavas en bloque, intermedias entre andesitas y basaltos, de olivino y augita, cubiertas en localidades por depósitos de cenizas. Agrupa a las Unidades Pajonal, Ocotecatli I y II, Teconzi, Ololica y Teconcito.

III. Aluviones

A pesar de no ser muy extensos, es posible localizar algunas zonas en las cuales los rellenos de cenizas volcánicas se han integrado con otros sedimentos de arrastre fluvial, dando lugar a pequeños valles Intermontanos.

A continuación se presenta un esquema general que permite visualizar de forma más clara la historia geológica de la zona:

Secuencia Estratigráfica del Área en Estudio					
Grupo	Formación	Substrato geológico	Periodo	Época	Inicio (Millones de Años)
Aluviones		Depósitos de sedimentos clásticos continentales en las partes planas	Cuaternario	Holoceno	0.01
Chichinautzin	Chichinautzin	Andesitas, dacitas y basaltos			
	Tlaloc	Lavas intermedias, entre andesitas y basaltos			
Xochitepec	Tepoztlán	Lahares andesíticos	Terciario	Pleistoceno	1.5
				Plioceno	5.3
				Mioceno	23.7

Fig. III.3 Secuencia estratigráfica de los sustratos geológicos del área en estudio. De forma implícita resume la historia geológica de la zona. Basado en Lugo (1984), Martín del Pozzo (1982 y 1990) y Aguilar (1995).

III.2.3 Edafología

Debido a lo reciente de los sustratos geológicos, éstos poseen un desarrollo incipiente. No obstante, los depósitos de cenizas volcánicas han permitido el establecimiento de suelos con mayor estructura (Martínez-Rodríguez, 2003). La distribución y el grado de desarrollo de los suelos se encuentra fuertemente correlacionada con el clima y la topografía, así como con la cubierta vegetal que sobre ellos crece (Martínez-Rodríguez, 2003; INEGI, 1989).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las unidades edáficas más relevantes, según la clasificación propuesta por la FAO / UNESCO, son Andosol húmico, Litosol, y en menor proporción Feozem háplico. En todos los casos se trata de suelos con textura media y preferentemente de pH ácido (Hiroishi, 1974; Espinosa, 1961).

El Andosol húmico es la unidad edafológica con mayor amplitud de distribución, casi la superficie total del área en estudio, su grado de desarrollo es variable pero los suelos con mayor estructura y profundidad se localizan en las zonas planas. Por lo que a las otras dos unidades respecta, su distribución se encuentra restringida; en el caso de los Litosoles, a la Sierra del Tepozteco y al Derrame Meridional y laderas del volcán Chichinautzin, en cuanto que el Feozem háplico al poblado de Santo Domingo Ocotitlán (Aguilar y García, 1989a).

III.2.4 Hidrología

El desarrollo fluvial es incipiente, algo esperado en una zona cuyo relieve es extremadamente joven. Prueba de ello son los valores tan bajos de densidad (0.1 a 4.4) y de profundidad de disección (menos de 20 m) que se tienen para la Sierra del Chichinautzin (Lugo, 1984). Ambos indicadores reflejan la poca influencia que los procesos de erosión hídrica tienen en el modelado del relieve, que en consecuencia implica la ausencia de barrancas y cañadas profundas.

Según UAM / UAEM (1990) el índice de infiltración varía entre el 70 y 80%, lo que permite inferir una alta permeabilidad y por ende una escorrentía baja. Es importante mencionar que la Sierra del Chichinautzin es una zona de recarga de los mantos acuíferos subterráneos (Aguilar, 1995; Lugo y Córdova, 1984), los cuales posibilitan el desarrollo de las actividades agropecuarias, industriales, turísticas y domésticas del estado de Morelos; y en parte de los estados de Puebla, Guerrero, México y Distrito Federal.

En su mayoría, la superficie del área en estudio pertenece a la Cuencas del Río Balsas, quedando una pequeña porción incluida en la de México. La divisoria de aguas que las delimita se localiza por arriba de los 3 000 m.s.n.m., establecida por los Volcanes Chichinautzin y Tlaloc, continuándose hacia los volcanes Pelado y Ocusayo (hacia el occidente y oriente respectivamente).

Las corrientes permanentes se encuentran representadas por los afloramientos de aguas subterráneas de las faldas de la Sierra del Tepozteco, por lo tanto, exclusivamente se observan en la Cuenca del Río Balsas. Puesto que son relativamente pobres, tanto en número como en caudal, probablemente el arroyo Atongo (subsidiario del río Yautepec) sea la más importante de éstas,

En contraste, los arroyos de caudal intermitente se encuentran presentes en ambas cuencas, siendo el elemento hídrico más representativo del área en estudio. Salvo las zonas en que el paisaje es de tipo malpaís, es posible observar corrientes temporales sobre toda la superficie de ésta.

III.2.5 Clima

A partir de la descripción mesoclimática del Corredor Biológico Chichinautzin, además de determinar la correlación entre la distribución de la vegetación y el gradiente climático, Martínez-Rodríguez (2003) pone de manifiesto lo que en su momento citara Espinosa (1961) al referirse al Derrame Meridional del Chichinautzin: "las partes con mayor elevación, son las más frías y las que presentan la mayor precipitación pluvial, en contraposición con las de menor altitud que son más cálidas y presentan menor precipitación".

A pesar de que los registros meteorológicos para la Sierra del Chichinautzin son escasos, recurriendo a extrapolaciones es posible establecer un panorama general de las condiciones climáticas presentes en el área en estudio.

Las mayores elevaciones, localizadas en la porción norte, presentan un clima semifrío subhúmedo, C (E) (w2) (w), con clima frío subhúmedo en su cima, C (E) (m) (w). Las temperatura media anual fluctúa entre los 5 y 12 °C.

Dentro del rango de los 2 000 a 3 000 m.s.n.m. se distribuyen el climas templado subhúmedo, C (w2) (w), con temperaturas medias anuales que van de 12 a 18 °C. Adicionalmente, alrededor de los 2 200 m.s.n.m. se localiza un clima transicional, A''(c) w1 (w); entre el cálido subhúmedo y el templado subhúmedo, cuya temperatura media anual oscila alrededor de los 18 °C (Pérez, 1976).

En la porción baja, con altitudes menores a 2 000 m., las temperaturas medias anuales entré los 18 y 22 °C, por lo que se asocian a un clima semicálido subhúmedo, A w0 (w).

Los valores de la precipitación promedio anual varían entre los 700 y 1 200 mm y en ningún caso la temperatura presenta estacionalidad. Así mismo, la precipitación se distribuye en dos temporadas bien definidas: la de lluvias, que comprende los meses de mayo a octubre, en que precipita más del 90 % del total anual; y la seca, de noviembre a abril (Piñol, 1970).

III.3. Medio Biótico

El área en estudio se localiza en el Sistema Volcánico Transversal, por lo que está incluida en la Provincia Florística de Serranías Meridionales, de la Región Mesoamericana de Montaña (Rzedowski, 1983). Se caracteriza por ser una zona de transición, donde confluyen dos regiones biogeográficas: el Neártico y el Neotrópico. El resultado fisonómico, es un mosaico vegetal en el que el estrato arbóreo posee una predominancia de especies holárticas y el arbustivo – herbáceo de especies con clara afinidad Neotropical (Márquez, 1986).

Las particularidades de su relieve, en que se intercalan serranías y valles, aunado al amplio gradiente climático que propicia éste, favorece el desarrollo de diversas comunidades vegetales. Además de ser propicio para la aparición de endemismos, fomenta el establecimiento de una gran variedad de especies biológicas (Trejo y Hernández en Vega, 2004).

Desde el Pleistoceno Tardío y Holoceno, el volcanismo en la zona sur de la Cuenca del Valle de México ha sido una fuerza permanente de transformación del relieve (Lugo y Córdova, 1984), con lo cual el medio físico ha sufrido transformaciones que desencadenan en la modificación constante de hábitats. Todo esto ha permitido la presencia de comunidades únicas.

III.3.1 Vegetación

Las comunidades vegetales, en buena medida, se presentan distribuidas en pisos altitudinales. En las zonas altas se localizan los bosques templados; a mayor altitud los bosques de Oyamel, cediendo espacio a los bosques de pino en las laderas bajas de los edificios volcánicos y finalmente dando lugar a los encinares por debajo de los 2 800 m.s.n.m.. En las zonas bajas se ubica el bosque tropical caducifolio, mientras que alrededor de los 2 200 m de altitud, se presenta una comunidad de transición entre el bosque tropical y el bosque de encino.

Intercalados, se presentan una serie de matorrales y pastizales de orígenes diversos, algunos desarrollados a partir del disturbio antrópico y otros correlacionados con la sucesión ecológica primaria.

Cabe mencionar que Miranda (1947) describe una asociación vegetal que se desarrollaba en la Barranca del Tepozteco, a la cual denominó como Bosque Mesófilo de Montaña.

Debido a lo recurrente de la referencia de manchones de esta comunidad en las cañadas de la Sierra del Tepozteco e inmediaciones del Derrame Meridional del Chichinautzin, y las coincidencias en su distribución (Ramírez, 1949; Espinosa, 1961; INEGI, 1991 y 1992; Cedillo, 1990), se considera posible la homologación de ésta con la comunidad transicional que resulta de la asociación de elementos del Bosque Tropical Caducifolio con los del Bosque de Encino.

III.3.2 Flora

A pesar de que en lo inmediato no es posible describir la composición florística de las comunidades vegetales que se encuentran establecidas en la zona, la mención de los elementos vegetales más importantes si se puede realizar.

En el Bosque de Oyamel el elemento más importante es *Abies religiosa*, mientras que en los Bosques de Pino las especies más importantes son: *Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. teocote*, *P. leiophylla*, *P. rudis* y *P. lawsoni* (Ramírez, 1949; Espinosa, 1961).

En cuanto a los Bosque de Encino, las especies más representativas son: *Quercus candicans*, *Q. castanea*, *Q. hartwegii*, *Q. obtusata*, *Q. laurina*, *Q. diversifolia*, *Q. acutifolia*, *Q. conglomerata*, *Arbutus xalapensis*, *Juniperus flaccida* y *Ternstroemia pringlei* (Espinosa, 1961; Martínez, 1983).

En lo que al Bosque de Encino - Cuajote se refiere, los elementos más característicos son: *Eugenia mirandae* (Cedillo, 1990), *Styrax ramirezii*, *Garrya longifolia*, *Ilex brandegeana*, *Quercus candicans*, *Prunus ochoterenai*, *Ficus petiolaris* y *Ardisia compresa* (Ramírez, 1949).

Entre las especies más significativas del Bosque de Cuajote se encuentran: *Ipomoea murucoides*, *Lysiloma acapulcensis*, *Ceiba aesculifolia*, *Juglans mollis*, *Trichilia hirta*, *Trichilia pringlei*, *Bursera glabrifolia*, *Bursera copallifera*, *Bursera fagaroides*, *Heliocarpus terebinthinaceus*, *Lysiloma divaricata*, *Leucaena macrophylla*, *Ficus sp.*, entre otras (Miranda, 1947; Cedillo, 1990).

Para el matorral crassirosulifolio las especies más representativas son: *Hechtia podantha*, *Agave horrida*, *Sedum frutescens*, *Sedum oxypetalum*, *Echeveria gibbiflora*, entre otras (Espinosa, 1961; Piñol, 1970).

III.3.3 Fauna

Los estudios de fauna en general han sido muy puntuales y no presentan seguimiento; no obstante, han sido reportadas 146 especies de vertebrados para el área en estudio y zonas aledañas.

Para el grupo de los anfibios han sido reportadas 7 especies, las cuales se agrupan en 4 géneros, mientras que para los reptiles se cuentan 16 especies distribuidas en 9 géneros. Por lo que a las aves respecta, éstas son el grupo con mayor número de registros en la zona: 75 especies de aves correspondientes a 58 géneros. Para la clase mamalia se han reportado 48 especies, repartidas en 37 géneros, de las cuales la mayoría pertenecen a los órdenes Chyroptera y Rodentia.

En cuanto a invertebrados se refiere, además de los arácnidos e insectos que de forma indirecta cita Márquez (1986) como elementos de la dieta de aves migratorias y residentes de la Sierra del Chichinautzin, ha sido reportada la presencia de artrópodos pertenecientes a los grupos Siphonaptera (Pérez, 1976) y Colémbola (Palacios, 1978); además de otros registros de entomofauna (García, 1980; y Ayala, 1984).

Contreras y Urbina (1995) refieren la presencia de los siguientes anfibios: *Chiropetrotriton chiropetrus*, *Pseudoeurycea altamontana*, *P. belli*, *P. cephalica*, *P. leprosa*, *Rana spectabilis* y *Spea hamondi*. Así mismo, los mismos autores han reportado las siguientes especies de reptiles: *Crotalus durissus*, *C. molossus*, *C. triseriatus*, *Eumeces brevirostris*, *E. copei*, *Kinosternon integrum*, *Masticophis striolatus*, *Oxybelis aeneus*, *Phrynosoma orbiculare*, *Sceloporus aeneus*, *S. grammicus*, *S. scalaris*, *S. spinosus*, *S. torquatus*, *Senticolis triaspis* y *Urosaurus bicarinatus*.

Así mismo, las aves son las mejor estudiadas; entre las especies reportadas para el Corredor Biológico Chichinautzin se encuentran, entre migratorias y residentes: *Agelaius phoeniceus*, *Aimophila humeralis*, *A. rufescens*, *A. ruficauda*, *Amazilia berylliana*, *Aphelocoma sp.*, *Archilocus colubris*, *Atlapetes pileatus*, *Atthis heliosa*, *Buteo brachyurus*, *Campylorhynchus megalopterus*, *Carduelis notata*, *Catharus aurantirostris*, *Catherpes mexicanus*, *Columbina inca*, *C. passerina*, *Contopus pertinax*, *Corvus corax*, *Crotophaga sulcirostris*, *Dendroica coronata*, *D. nigrescens*, *D. striata*, *D. townsendi*, *Dendrortyx macroura*, *Diglossa baritula*, *Empidonax alnorum*, *Ergaticus ruber*, *Eugenes fulgens*, *Fulica americana*, *Hirundo rustica*, *Hylocharis leucotis*, *Icterus abeillei*, *I. bullockii*, *I. parisorum*, *I. pustulatus*, *Lampornis amethystinus*, *Leptotila verreauxi*, *Melanotis caerulescens*, *Melozone kieneri*, *Mitrephanes phaeocercus*, *Molothrus aeneus*, *Myadestes obscurus*, *M. occidentalis*, *Myiarchus tuberculifer*, *Myioborus miniatus*, *Oporornis tolmiei*, *Oriturus superciliosus*, *Pheucticus ludovicianus*, *P. melanocephalus*, *Piaya cayana*, *Pipilo fuscus*, *P. maculatus*, *Piranga flava*, *P. ludoviciana*, *Polioptila caerulea*, *Ptilogonis cinereus*, *Pyrocephalus rubinus*, *Regulus calendula*, *Selasphorus rufus*, *Spizella passerina*, *Thryomanes bewickii*, *Thryothorus felix*, *Troglodytes aedon*, *Trogon mexicanus*, *Turdus assimilis*, *T. migratorius*, *T. rufopalliatu*s, *Tyrannus crassirostris*, *Vermivora celata*, *V. superciliosa*, *Vireo gilvus*, *V. huttoni*, *Vireolanius melitophrys*, *Volatinia jacarina* y *Wilsonia pusilla*. (Márquez, 1986; Romo de Vivar y Urbina, 2002).

En el caso de los mamíferos, se cuenta con los registros que Aguilar y García (1989b) proporcionan para el Corredor Biológico Chichinautzin: *Didelphys virginiana*, *Marmosa canescens*, *Sorex saussurei*, *S. oreopolus*, *Artibeus aztecus*, *A. jamaicensis*, *Tadarida brasiliensis*, *Myotis velifer*, *M. californicus*, *Eptesicus fuscus*, *Plecotus mexicanus*, *Lasiurus cinereus*, *Macrotus waterhousii*, *Sturnira liliium*, *Leptonnycteris nivalis*, *Desmodus rotundus*, *Pteronotus parnelli*, *Dasypus novemcinctus*, *Sylvilagus floridanus*, *S. cunicularis*, *Romerolagus diazi*, *Spermophilus variegatus*, *Sciurus aureogaster*, *Pappogeomys merriami*, *Odocoileus virginianus*, *Nasua nasua*, *Procyon lotor*, *Bassariscus astutus*, *Lynx rufus*, *Conepatus mesoleucus*, *Mephitis macroura*, *Mustela frenata*, *Urocyon cinereoargenteus*, *Spilogale putorius*, *Canis latrans*, *Neotoma torcuata*, *N. alstoni*, *Sigmodon hispidus*, *Microtus mexicanus*, *Peromyscus boylii*, *P. melanophrys*, *P. difficilis*, *P. maniculatus*, *Liomys irroratus*, *Reithrodontomys fulvescens*, *R. megalotis*, *R. chrisopsis* y *R. sumichrasti*.

III.4. Medio Social

Los frecuentes fenómenos volcánicos, ocurridos durante el Pleistoceno Medio-Tardío y Holoceno, al sur de la Ciudad de México, definieron una serie de condiciones físico-geográficas ideales para los asentamientos humanos, como el relieve (rivera lacustre), suelos, vegetación, clima, flora y fauna (Ortíz, 1991). Hoy día la influencia humana ha modificado las condiciones naturales de manera sustancial, sin embargo, la Sierra Chichinautzin sigue siendo un elemento natural que ejerce un enorme beneficio tanto para el Distrito Federal como para el Estado de Morelos.

III.4.1 Reseña Histórica

Los vestigios de la cultura Xochicalca–Tolteca–Chichimeca, que se remontan a los años 800 y 900 D.C., son los más antiguos que se hayan documentado para la región. A la caída del Imperio Tolteca, los Xochimilcas migraron hacia el actual estado de Morelos, fundando varios poblados: uno de éstos fue Tepoztlán (Sec. Gob., 1988). En contraste, los registros prehispánicos más antiguos que se tienen para el estado de Morelos datan de aproximadamente 1 500 A.C., que corresponden a vestigios cerámicos de la cultura **Media** o **Arcaica** (Cedillo, 1990).

A partir de 1524, año en que se establecen las primeras cuatro provincias de la Nueva España, el territorio que actualmente corresponde al municipio de Tepoztlán quedó integrado a la Provincia de México. El 17 de Noviembre de 1869 es aprobada la creación del estado de Morelos, siendo hasta el 24 de mayo de 1933 que se establecen los límites definitivos del municipio de Tepoztlán (Robles, 1977); quedando definida así la división política del área en estudio.

III.4.2 Actividad Económica

La actividad productiva es en esencia de tipo primario, principalmente la agricultura de temporal y la ganadería extensiva. Los cultivos más importantes son el maíz, frijol, jitomate, calabaza, nopal, la flor de gladiola y el agapando (Robles, 1977; Cedillo, 1990).

En San Juan Tlacotenco la gente se dedica a las labores del campo en el temporal, destinando el resto del tiempo al cultivo del nopal, cría de borregos, explotación de frutales (durazno, capulín, tejocote, manzano y perón), cultivo de plantas ornamentales y medicinales (las medicinales a veces las recolectan). Otra actividad recurrente, es el comercio, principalmente en los días de tianguis, que sigue presentando gran arraigo (Sec. Gob., 1988).

III.4.3 Perfil Sociocultural

Según el censo de 1960-1970, Horcasitas y Crespo en Cedillo (1990) mencionan que en el municipio de Tepoztlán 80 personas eran monolingües (solo hablaban Náhuatl) y 1 918 personas eran hablantes bilingües (Español y náhuatl), lo que refleja una transculturación que tiende a la desaparición de la lengua Náhuatl en el municipio. Las principales tradiciones culturales se relacionan con cultos religiosos católicos: Festejos del Carnaval, Semana Santa, bautizos, bodas, Día de Muertos, Día de San Miguel (puesta de Cruces), Fiesta de la Natividad o Nacimiento del Tepozteco, Festividades de Fin de Año y los festejos propios de cada Barrio o poblado (los de los Santos Patronos). Algunos poblados practican ceremonias al inicio y término de la temporada de siembra (Robles, 1977).

Los poblados de San Juan Tlacotenco y Santo Domingo Ocotitlán, únicos asentamientos humanos en el área en estudio, pertenecen al municipio de Tepoztlán. Ambos son poblados con menos de 5 000 habitantes; en el censo de 1970, el INEGI (1971) reporta 956 habitantes para San Juan Tlacotenco y 377 en Santo Domingo Ocotitlán, siendo el total para el municipio de 12 855 habitantes. En contraparte, para 1990 el municipio de Tepoztlán contaba con una población de 27 646 habitantes, de los cuales San Juan Tlacotenco aportaba 1 427 y Santo Domingo Ocotitlán 1 030 (INEGI, 1991).

III.4.4 Perfil Político-Administrativo

A nivel Municipal, se entretajan las funciones de las instituciones tradicionales con las de la estructura de gobierno de la República. Si bien se presentan las estructura del gobierno Municipal: en donde el Presidente Municipal encabeza al Poder Ejecutivo, el Legislativo está a cargo de la cámara de cabildos (regidores) y el Judicial representado por el Síndico Procurador, la ingerencia de éstos se ve limitada ante los Comisariados Ejidales y de Bienes Comunes.

Adicionalmente existen los comités vecinales (el más socorrido, el del Agua Potable) y las mayordomías. Con respecto a los niveles de gobierno Federal y Estatal, éstos quedan restringidos a la Ciudad de Cuernavaca (Robles, 1977).

En las últimas décadas se han incrementado las superficies que poseen alguna categoría de protección. Un caso concreto es el del Corredor Biológico Chichinautzin y el Suelo de Conservación, decretados a fin de crear una barrera natural para la conurbación de los asentamientos humanos del norte de Morelos y la Ciudad de México. Asegurando de paso, la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos de la biota de zonas cuya característica principal es la de ser áreas poco alteradas, en las que sus ecosistemas son el hábitat de especies de flora y fauna silvestre con prioridad para su protección: por ser endémicas o estar en peligro de extinción (Contreras y Urbina, 1995).

La totalidad de la zona en estudio posee alguna categoría de protección. La superficie perteneciente al Distrito Federal se encuentra catalogada como Suelo de Conservación, bajo las categorías de Forestal de Conservación, Forestal de Protección y Agroecológica, según el Programa General de Ordenamiento Ecológico del D.F.. Por su parte, la porción comprendida dentro del territorio morelense pertenece a algún Área Natural Protegida (ANP): Ya sea el Parque Nacional "El Tepozteco" o al Área de protección de Flora y Fauna "Corredor Biológico Chichinautzin". Esta última, presenta a su vez dos categorías de zonificación: Área de Amortiguamiento o Área Núcleo (en este caso particular Área Núcleo "Chichinautzin-Quiahuistepec").

Capítulo IV MÉTODO

IV.1. Obtención de la cartografía

La cartografía de Uso del suelo, cobertura vegetal y densidad de cobertura arbórea para los años 1970 y 1993 se generó a través de la interpretación de 34 fotografías aéreas, escala 1 : 25 000, de octubre de 1970, y 37 fotografías, de marzo de 1993, escala 1 : 20 000; en ambos casos pancromáticas blanco y negro.

Por medio de un estereoscopio de espejos, aplicando las técnicas de Herrera (1983) y López (1997), se procedió a la delimitación de las zonas con similitudes de tonalidad y textura en las fotografías aéreas; procedimiento que se designa con el nombre de obtención de rodales o delimitación de polígonos.

Simultáneamente, se realizaron 16 salidas al área en estudio; por un lado para obtener un amplio nivel de referencia de la zona y, por otro, para establecer la correspondencia entre los patrones de tonalidad y textura que se observan en las fotografías con las categorías establecidas en el sistema de clasificación (Fig. II.1). El Trabajo de Campo se realizó, de forma periódica, durante todo el proceso de fotointerpretación.

En primera instancia se trabajaron las fotografías de 1993, por ser las de fecha más reciente y por ende las que permiten la mayor aproximación con la expresión actual de la cobertura del suelo, siendo fotointerpretadas en segundo lugar las de 1970.

La Fotointerpretación se apoyó en la cartografía de Uso del suelo y vegetación, escala 1 : 50 000, editada por el INEGI (1991 y 1992), siendo validada por medio de la información obtenida en campo (147 puntos de muestreo). Cabe mencionar que los recorridos que se hicieron en el área en estudio permitieron contar con cinco puntos de muestreo para cada categoría del sistema de clasificación como mínimo.

La siguiente fase fue la Restitución. Para llevar ésta a cabo, fue necesario contar con un mapa Base a escala 1 : 25 000, que contuviera las curvas de nivel a una equidistancia de 20m.. Dicho mapa se obtuvo mediante la digitización de las curvas de nivel contenidas en las cartas topográficas Milpa Alta (E14 A49) y Cuernavaca (E14 A59), ambas a escala 1 : 50 000 y editadas por el INEGI (1976 y 1982)

Los polígonos derivados de la fotointerpretación (rodiales) fueron transferidos al mapa Base por medio de un stereosketch (dispositivo óptico que permite generar una imagen virtual en que se sobreponen la visión estereoscópica de un par fotográfico con la proyección del mapa Base).

Al igual que en la fotointerpretación, en primer lugar fueron transferidos los rodiales de las fotografías de 1993 y posteriormente, sobre el mismo mapa, los polígonos de las fotografías de 1970. Esta técnica, Restitución Supervisada, permite reducir al mínimo las variaciones inherentes al proceso, evitando con ello los errores por desfase y en consecuencia los Falsos Cambios derivados de este tipo de inconsistencia cartográfica.

Concluido el proceso de restitución se procedió a la Digitización de cada uno de los rodiales contenidos en el mapa Base, mediante una tableta digitalizadora y empleando el paquete computacional Sistema de Información Geográfica (SIG) ILWIS.

A partir de la impresión, a escala 1 : 50 000, de los mapas vectoriales de Uso del suelo, cobertura vegetal y densidad de cobertura arbórea de ambos años, fue posible comprobar su correcta elaboración; tanto de la captura de los segmentos que delimitan los rodales, cuanto en la asignación de su etiqueta correspondiente.

La Rectificación de los mapas Preliminares (Uso del suelo, cobertura vegetal y densidad de cobertura arbórea de 1970 y el de 1993) se llevó al cabo a través de la comparación simultanea de las fotografías de campo y las aéreas de ambos años, con cada una de las unidades cartográficas de uno y otro mapa. Las correcciones pertinentes se realizaron, para dar paso al Procesamiento Digital de los mapas Preliminares.

Para cada una de las fechas (1970 y 1993), partiendo del respectivo mapa Preliminar, se generaron dos nuevos mapas: el mapa de Uso del suelo y el de Comunidades vegetales. Estos nuevos mapas, en conjunto designados como “de Partida”, permitieron generar la Base de Datos Anuales; la cual derivada de la integración de la información tabular, de las superficies por categoría, de cada uno de los cuatro mapas.

Recurriendo al cruce de los mapas Preliminares, se obtuvo el mapa de Cambio de uso del suelo, cobertura vegetal y densidad de cobertura arbórea, mediante el cual se generó la Base de Datos de Procesos. Así mismo, a partir de dicha base de datos, con base en el modelo de Evaluación del cambio de uso del suelo, se generaron dos últimos mapas: de Regionalización de los procesos de manejo y aprovechamiento, y la Regionalización de los procesos de modelado ambiental.

Debido al número considerable de pasos implicados en la elaboración de cartografía, al hecho de que muchos de ellos se desarrollan en forma simultanea, y a fin de presentar de forma llana el proceso seguido durante ésta, en la Fig. IV.1 se presenta una representación esquemática de sus fases de ejecución.

Proceso de elaboración de la cartografía

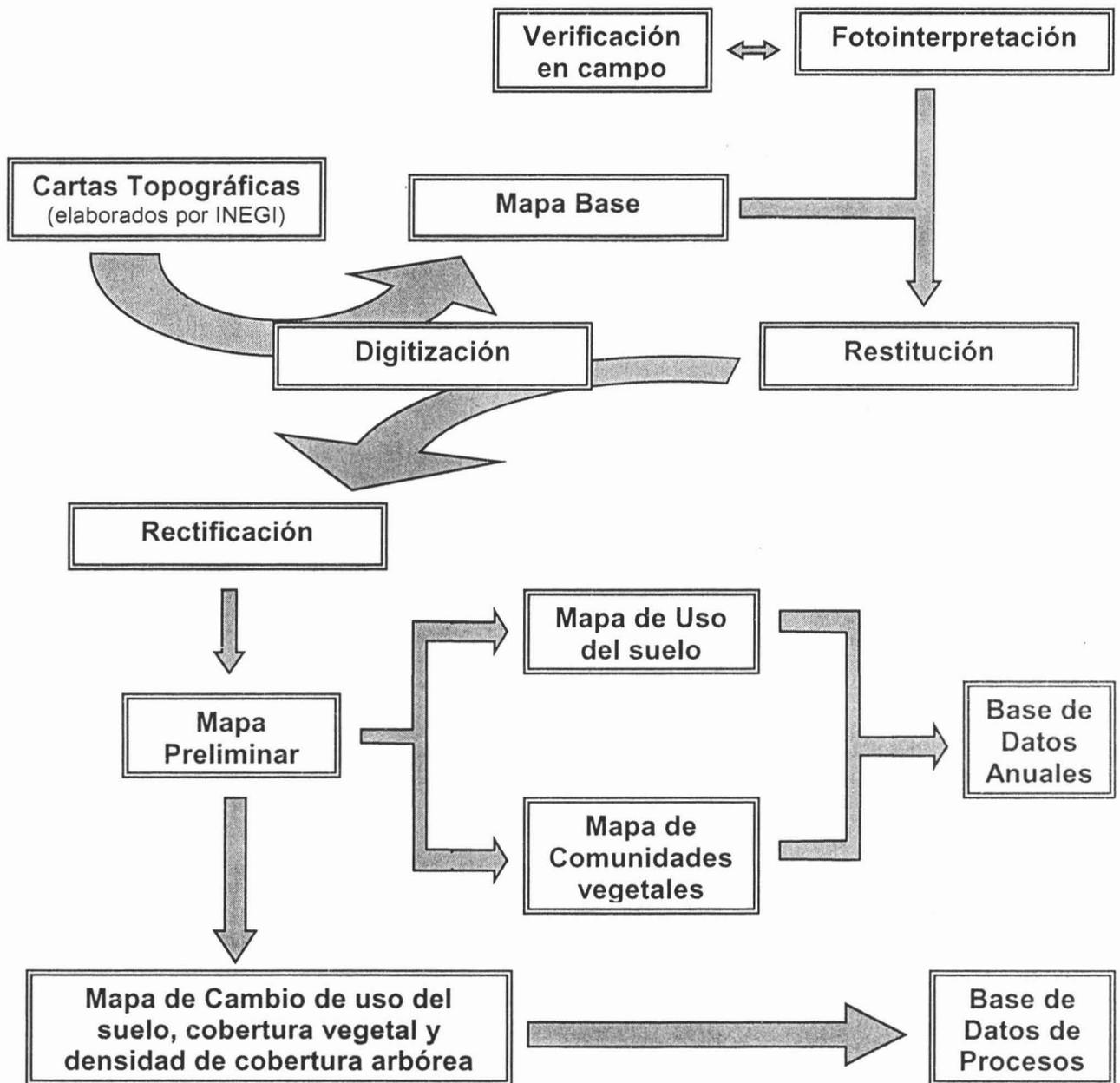


Fig. IV.1 Diagrama de flujo que esquematiza el proceso de elaboración de la cartografía. Se presenta, en forma sintética, el procedimiento seguido en la elaboración de los insumos cartográficos y cartografía resultante.

IV.2. Análisis cartográfico

En esta fase, además de realizar la comparación visual de los mapas, ya sea en pantalla o recurriendo a su impresión y sobreposición en una Mesa luz (superficie translúcida con una fuente de iluminación colocada en su parte inferior), tiene lugar el procesamiento de las bases de datos.

El procesamiento de la Base de Datos Anuales (Apéndice B), la cual contiene la información estadística referente al Uso del suelo y de la Cubierta vegetal para 1970 y 1993, con el apoyo del Modelo de Evaluación del cambio de uso del suelo (Fig. VI.1), permitió calcular cuatro indicadores: Cambio Neto en el Uso del Suelo, Recambio Vegetacional Neto, Índice de Fragmentación e Índice de Antropización. Aplicando en forma conjunta los Índices de Antropización y Fragmentación es posible analizar la componente antrópica del modelado ambiental, siendo evaluados los cambios en la cubierta del suelo a través del Cambio Neto en el Uso del Suelo.

En cuanto a la Base de Datos de Procesos (Apéndice C) fue necesario reagrupar la información contenida en ésta, a través del Modelo de Evaluación del Cambio de Uso del Suelo (Fig. VI.1), estableciendo tres condiciones de recambio vegetacional: Superficies sin Cambio, Transformadas (Agrupando las Degradadas y Recuperadas) y Modificadas (Agrupando a las que presentan Incremento y Detrimiento en su densidad). En vista de la necesidad de discriminar entre el recambio vegetacional debido a la acción antrópica del que se origina como resultado de la sucesión ecológica, fueron calculados los índices de Continuidad, Transformación y Modificación; derivados éstos, respectivamente, de las tres condiciones de recambio vegetacional citadas. Conjuntamente con el Recambio Vegetacional Neto, permiten cuantificar y en consecuencia evaluar los procesos de cambio de la cubierta vegetal del suelo.

Como la variable tiempo es un parámetro de gran relevancia, una vez generados los índices de Cambio Neto en el Uso del Suelo, Fragmentación y Antropización se procede al cálculo de sus respectivas tasas; para ello se considera un valor de 22 años para el periodo evaluado. Fue por medio de éstas que se logró determinar la tendencia que el área en estudio presenta con relación a los procesos de modelado ambiental.

Si bien es cierto que se presentan similitudes entre los indicadores utilizados por otros autores y los aquí propuestos, toda vez que los segundos se encuentran inspirados en los primeros, también lo es que su valor real radica en que conforman un modelo analítico capaz de presentar elementos diagnósticos nuevos. Se debe hacer hincapié en que, dentro del contexto y en la forma en que se aplican, éstos no poseen un precedente bibliográfico directo, por lo que la nomenclatura empleada para realizar su formulación matemática es también inédita. En los capítulos sucesivos será presentada la expresión matemática de cada uno de los indicadores mencionados; siendo descrito en forma detallada cada uno de los índices y la forma en que se relacionan para generar el Modelo Analítico.

La descripción del modelado ambiental es considerado un aspecto medular del Modelo Analítico, por lo cual se recurrió a la regionalización del área en estudio con base en los distintos procesos que determinan la fisonomía reciente del paisaje. El Mapa de Regionalización de los Procesos de Modelado Ambiental se obtuvo a partir de una regionalización preliminar: Mapa de Regionalización de los Procesos de Manejo y Aprovechamiento, que a su vez deriva de la evaluación del cambio en la cobertura del suelo (Tanto en su uso como su cubierta vegetal).

A continuación, a través de un diagrama de flujo, se presenta en la Fig. IV.2 la esquematización del proceso de análisis cartográfico descrito en esta sección.

Proceso de análisis cartográfico

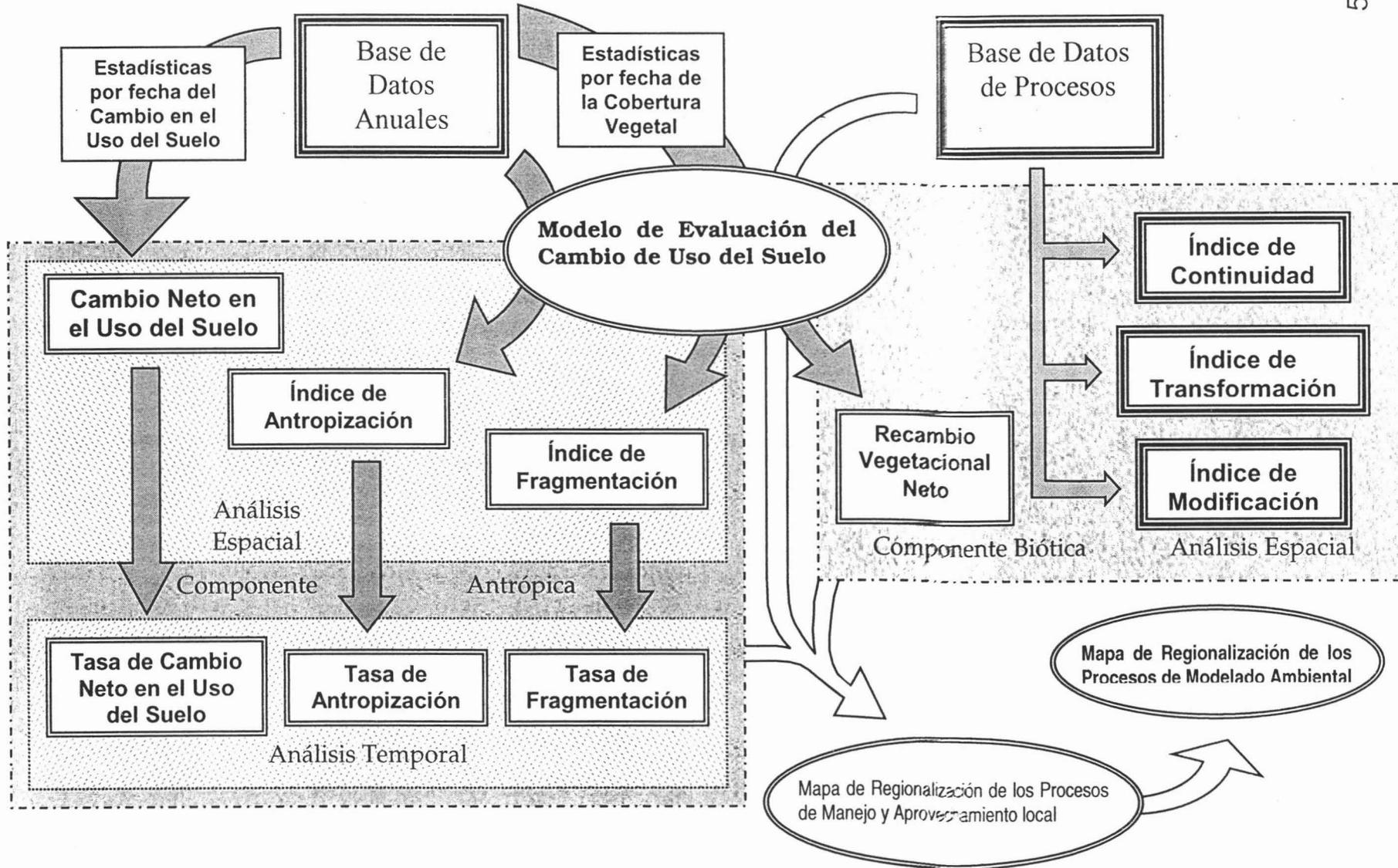


Fig. IV.2 Diagrama de flujo que esquematiza el proceso de análisis cartográfico. Se presenta, de forma sintética, el procedimiento seguido durante la interpretación de la información contenida en las Bases de Datos derivadas de la cartografía elaborada para el área en estudio.

Capítulo V RESULTADOS

La cobertura del suelo se encuentra sujeta a un gran número de procesos naturales, los cuales a su vez están influenciados por la acción humana. A fin de establecer la fuerzas transformadoras que determinan el Modelado Ambiental de una región, es necesario abordar tres aspectos fundamentales: **Uso del suelo**, **Cubierta vegetal** y **Dinámica de cambio** (Velázquez et al, 2002).

De forma clásica, la cobertura del suelo ha sido estudiada bajo un enfoque antropocéntrico; es decir, vista como recursos susceptibles de ser explotados y considerando su potencial de aprovechamiento (INEGI, 1995). Este enfoque es valioso, no obstante, al momento de la planeación y el ordenamiento territorial los procesos ecológicos que definen las características de las comunidades biológicas no son tomados en cuenta. En el presente trabajo, se decidió abordar los cambios de la cobertura del suelo en términos del impacto que éste infringe a las biocenosis a través de las transformaciones de las comunidades vegetales.

Partiendo del supuesto que la cubierta vegetal del área en estudio se estableció inicialmente al margen de toda influencia humana, posteriormente sufrió modificaciones derivadas del establecimiento de asentamientos humanos y finalmente adquirió su fisonomía actual como resultado de la retroalimentación entre los procesos antrópicos y los ecológicos; se propone un modelo que permite valorar la distribución de las coberturas vegetales con relación a la influencia humana.

En las secciones subsecuentes serán abordados cada uno de los aspectos del cambio de la cobertura del suelo en forma puntual para dar paso al análisis del cambio en el uso del suelo y culminar con la interpretación de la influencia antrópica en la distribución de la vegetación presente en el área en estudio.

V.1. Uso del Suelo

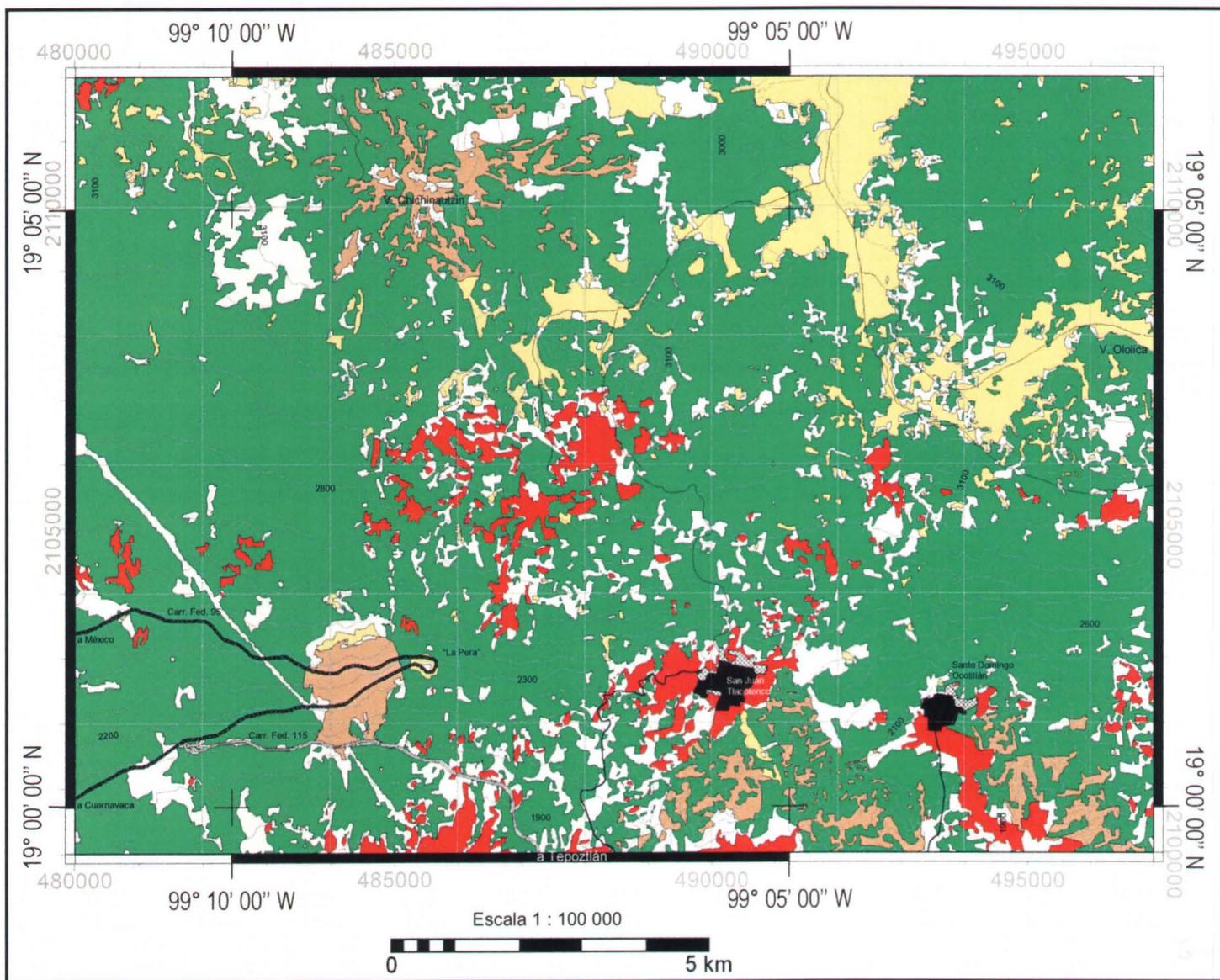
Tomando en cuenta que el uso del suelo constituye el reflejo del aprovechamiento de los recursos naturales presentes en la zona, a partir de la clasificación empleada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1995), ajustada a las comunidades vegetales que se desarrollan en el área en estudio, se describen los patrones de aprovechamiento y los cambios que éstos sufrieron entre 1970 y 1993 (Fig. V.1).

A partir de la comparación de las superficies ocupadas por cada tipo de uso del suelo en 1993 con respecto a la que presentaban en 1970 (Cuadro V.1), es posible valorar el cambio en el uso del suelo durante dicho periodo.

En cuanto a las superficies de uso Forestal, podemos mencionar que estas sufrieron una ligera disminución entre 1970 y 1993 (1.18%); no obstante, son las de mayor extensión, ocupando en 1993 el 75.79%, mientras que para 1970 representaban el 76.97% de la superficie total.

Por lo que a las superficies destinadas a uso Pecuario se refiere, éstas son las que mayor cambio presentaron; en 1970 ocupaban el 10% de la superficie total, pasando al 11.93% para 1993. Lo anterior, constituye un incremento en 393.64 ha. (1.93%). Dicho incremento se asocia, por un lado, a los procesos de apertura de terrenos para forrajeo, y por otro, a los procesos de sucesión ecológica secundaria que propician el establecimiento de comunidades vegetales aptas para el pastoreo y ramoneo del ganado.

Las superficies destinadas a la explotación Agrícola sufrieron una ligera disminución (0.98%), pasando del 8.15% del total del área en estudio en 1970, a 7.17% para 1993. La disminución de la superficie destinada a ésta actividad productiva, indica una reducción de la producción agrícola en la zona.



Simbología General

Poblado

Curva de Nivel

Autopista

Carretera Federal

Carretera Estatal

Brecha

Unidades de uso del suelo

Uso Agrícola

Uso Pecuario

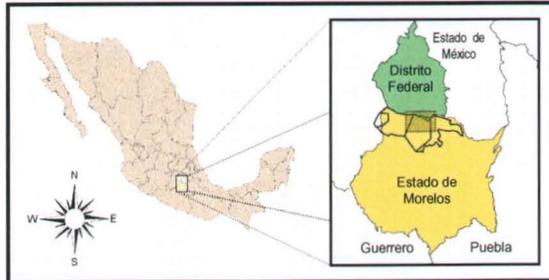
Uso Forestal

Uso Urbano

Sin Manejo

Cambio de uso del suelo

Crecimiento del Área Urbana



Evaluación del cambio de uso del suelo en la región de Tepoztlán, Estado de Morelos

Cambio de uso del suelo

CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS UAEM

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA

Datos Generales

Proyección: UTM
 Datum: NAD-27, Área México
 Elipsoide: Clark 1866
 Equidistancia entre curvas: 100 m

Fuentes Documentales:
 *Cartas Topográficas Cuernavaca (E14-A59), 1982, y Milpa Alta (E14-A49), 1976. Esc. 1 : 50 000. INEGI.
 *Fotografías Aéreas BN de octubre de 1970. Esc. 1 : 25 000, y marzo de 1993. Esc. 1 : 20 000. INEGI.

Fig. V.1. Mapa de Cambio de Uso del Suelo para el periodo Octubre de 1970 – Marzo de 1993. (Las áreas marcadas

Con respecto al uso Urbano, éste posee la menor superficie del área en estudio, a pesar de haberse incrementado en 0.12%. En 1993 ocupaba el 0.45% de la superficie total, mientras que en 1970 representaba el 0.33%.

Finalmente, las superficies Sin Manejo pasaron de ocupar el 4.56% en 1970, a representar el 4.66% en 1993, lo que constituye un incremento de 0.10% para el periodo en cuestión. Es importante señalar que las comunidades vegetales que fueron asociadas con éste tipo de uso del suelo son comunidades derivadas de los procesos de sucesión ecológica primaria, por lo que sus características las hacen inadecuadas para cualquiera de los usos anteriores. El ligero incremento que éstas sufrieron probablemente se deba a las perturbaciones que presentaron, en la zona de contacto, las comunidades vegetales colindantes, lo que permitiría a las especies vegetales de los matorrales sucesionales ampliar su distribución.

SUPERFICIES POR TIPO DE USO DEL SUELO EN 1970 Y 1993						
TIPOS DE USO DEL SUELO	1970		1993		Cambio Neto en el Uso del Suelo (ha)	Cambio Neto en la proporción respecto al Área en Estudio (%)
	Superficie Total del Tipo de Uso del Suelo (ha)	Porcentaje respecto al Área en Estudio (%)	Superficie Total del Tipo de Uso del Suelo (ha)	Porcentaje respecto al Área en Estudio (%)		
Agrícola	1,662.88	8.15	1,463.11	7.17	-199.77	-0.98
Pecuario	2,040.17	10.00	2,433.81	11.93	393.64	1.93
Forestal	15,701.28	76.97	15,461.41	75.79	-239.87	-1.18
Urbano	66.33	0.33	91.10	0.45	24.77	0.12
Sin Manejo	929.34	4.56	950.58	4.66	21.24	0.10
Totales	18,737.12	91.85	18,936.90	92.83		

Cuadro V.1. Evaluación del cambio de Uso del Suelo a través de la comparación de la superficie ocupada por cada tipo de Uso del suelo en 1993 respecto a la que presentaba en 1970. (Los cambios negativos constituyen una reducción de la superficie neta, mientras que los positivos un incremento).

V.2. Recambio Vegetacional

En primera instancia, es conveniente mencionar que la cubierta vegetal se encuentra estrechamente ligada a las condiciones del medio físico y los procesos de sucesión ecológica. Sin embargo, su expresión final ésta determinada por los procesos de Modelado Antrópico; el cual queda de manifiesto a través del aprovechamiento al que se encuentran sujetas, de forma local, cada una de las biocenosis (Velázquez y Romero, 1999).

A partir de la comparación de las superficie ocupada por cada comunidad vegetal en 1993 con respecto a la que presentaba en 1970, fue posible establecer los cambios que cada categoría experimentó durante dicho periodo (Cuadro V.2), permitiendo posteriormente contar con un panorama general de la dinámica del recambio vegetal.

En la zona, las comunidades vegetales más afectadas son los Bosques de Encino, de Oyamel-Pino y de Cuajote, con reducción en su superficie de 686.93, 350.49 y 241.54 ha respectivamente. Por el contrario, las comunidades que presentan un cambio positivo son el Bosques de Encino-Cuajote (386.48 ha), el Bosque de Pino-Encino (345.66 ha) y el Bosque de Pino (291.22 ha).

En cuanto al Bosque de Oyamel respecta, éste aumentó su distribución en 15.70 ha, mientras que los matorrales de *Juniperus-Sedum*, *Crasirrosulifolio* y de Escarpes, en conjunto, aumentaron 21.24 ha.

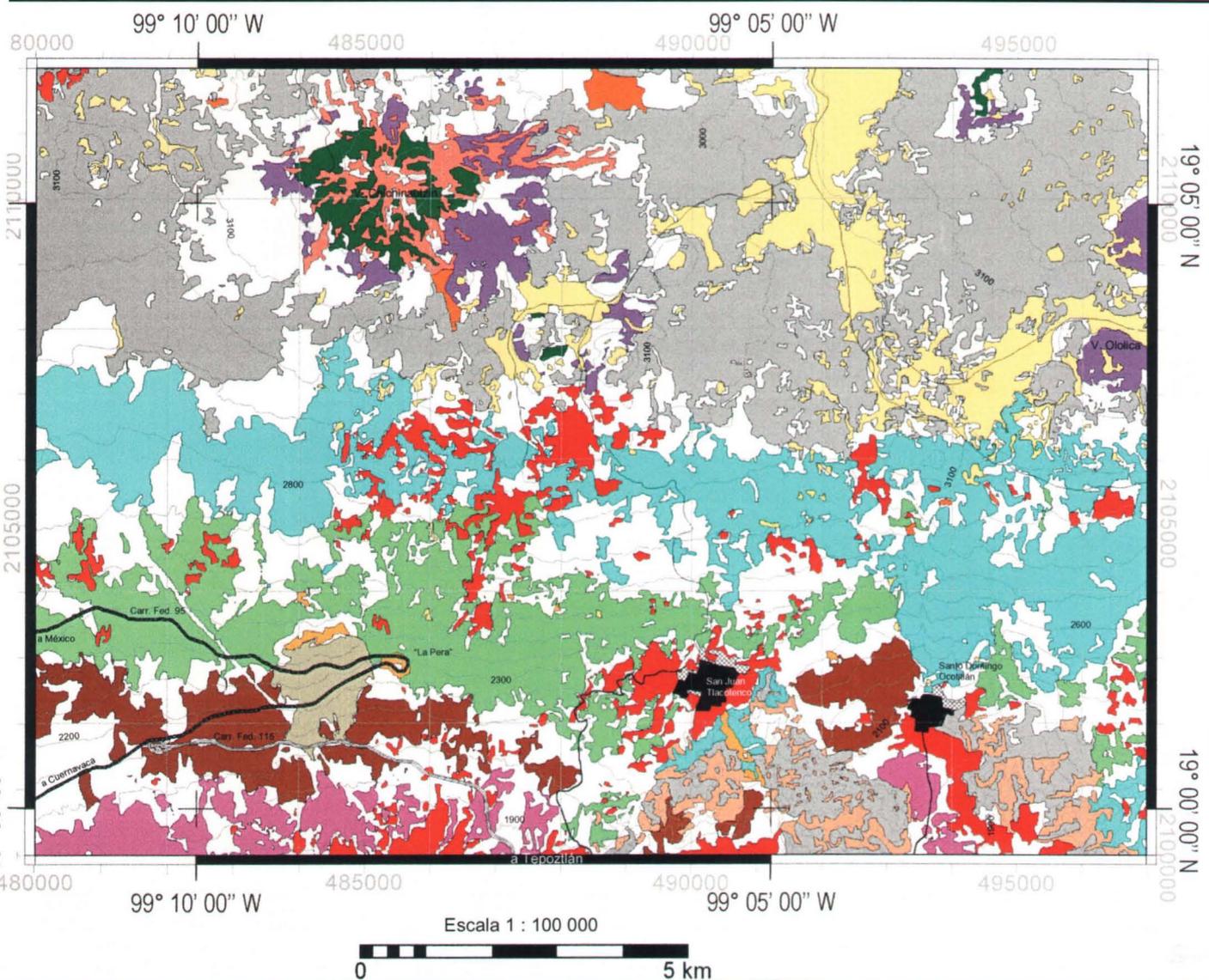
Por lo que a las comunidades Antrópicas se refiere, la cobertura Agrícola muestra una reducción de poco menos de 200 ha, en contraste con el Pastizal y el Matorral de *Senecio-Sedum-Baccharis*; los cuales incrementaron su superficie en 188.73 y 226.84 ha respectivamente.

Por último, los Asentamientos Humanos incrementaron su superficie en 24.77 ha, mientras que el Matorral de *Dodonaea* decreció 21.94 ha.

SUPERFICIES POR COBERTURA PARA CADA AÑO						
COBERTURAS	1970		1993		ΔRV_C : Recambio Vegetacional Neto (ha)	$\Delta\%$: Cambio Neto en la proporción respecto al Área en Estudio
	A_C : Superficie Total de la Comunidad (ha)	Porcentaje respecto al Área en Estudio (%)	A_C : Superficie Total de la Comunidad (ha)	Porcentaje respecto al Área en Estudio (%)		
Nat ural es	16,630.62	81.52	16,411.98	80.45	-218.64	-1.07
Arbóreas Nat ural es	15,701.28	76.97	15,461.41	75.79	-239.87	-1.18
Bosque de Oyamel	330.51	1.62	346.21	1.70	15.70	0.08
Bosque de Oyamel-Pino	1,101.28	5.40	750.79	3.68	-350.49	-1.72
Bosque de Pino	5,762.91	28.25	6,054.13	29.68	291.22	1.43
Bosque de Pino-Encino	3,398.63	16.66	3,744.30	18.35	345.67	1.69
Bosque de Encino	3,079.91	15.10	2,392.98	11.73	-686.93	-3.37
Bosque de Encino-Cuajote	1,100.31	5.39	1,486.80	7.29	386.49	1.89
Bosque de Cuajote	927.73	4.55	686.20	3.36	-241.53	-1.18
Arbustivo-Herbáceas Nat ural es	929.34	4.56	950.58	4.66	21.24	0.10
Matorral de <i>Juniperus-Sedum</i>	406.03	1.99	414.29	2.03	8.26	0.04
Matorral <i>Crasimosulfolio</i>	191.53	0.94	201.52	0.99	9.99	0.05
Matorral de Escarpes	331.78	1.63	334.77	1.64	2.99	0.01
Ant rópicas	3,769.38	18.48	3,988.02	19.55	211.49	1.07
Arbustivo-Herbáceas Ant rópicas	2,040.17	10.00	2,433.81	11.93	386.49	1.93
Matorral de <i>Senecio-Sedum-Baccharis</i>	196.14	0.96	422.98	2.07	226.84	1.11
Matorral de <i>Dodonaea</i>	212.47	1.04	190.53	0.93	-21.94	-0.11
Pastizal	1,631.56	8.00	1,820.30	8.92	181.59	0.93
Ant rópico Franco	1,729.21	8.48	1,554.21	7.62	-175.00	-0.86
Cultivo o Plantación	1,662.88	8.15	1,463.11	7.17	-199.77	-0.98
Asentamiento Humano	66.33	0.33	91.10	0.45	24.77	0.12
Totales	20,400.00	100.00	20,400.00	100.00		

Cuadro V.2. Comparación de las superficies de cada comunidad vegetal en 1970, 1993 y el cambio sufrido entre ambas fechas. Un valor negativo del cambio en superficie implica un decremento, un valor positivo implica el incremento en la superficie de la comunidad vegetal.

La distribución de los principales recambios vegetacionales se ilustra a partir del siguiente mapa:



Simbología General

- Poblado
- Curva de Nivel
- Autopista
- Carretera Federal
- Carretera Estatal
- Brecha

Cubierta Vegetal

Comunidades Naturales	Comunidades Antrópicas
Bosque de Oyamel	Matorral de <i>Senecio - Sedum - Baccharis</i>
Bosque de Oyamel - Pino	Matorral de <i>Dodonaea</i>
Bosque de Pino	Cultivo o Plantación
Bosque de Pino - Encino	Pastizal
Bosque de Encino	Asentamiento Humano
Bosque de Encino - Cuajote	
Bosque de Cuajote	
Matorral de <i>Juniperus - Sedum</i>	
Matorral <i>Crasirosulfolio</i>	
Matorral de Escarpes	

- Recambio Vegetacional
- Expansión de Asentamiento Humano



Evaluación del cambio de uso del suelo en la región de Tepoztlán, Estado de Morelos



Recambio Vegetacional



Datos Generales

Proyección: UTM
 Datum: NAD-27, Área México
 Elipsoide: Clark 1866
 Equidistancia entre curvas: 100 m

Fuentes Documentales:
 • Cartas Topográficas Cuernavaca (E14-A59), 1982, y Milpa Alta (E14-A49), 1976. Esc. 1 : 50 000. INEGI.
 • Fotografías Aereas B/N de octubre de 1970, Esc. 1 : 25 000, y marzo de 1993. Esc. 1 : 20 000. INEGI.

Fig. V.2. Mapa de Recambio Vegetacional para el periodo Octubre de 1970 – Marzo de 1993. (Las áreas marcadas en blanco representan los cambios más significativos que tuvieron lugar durante el periodo).

V.3. Dinámica de cambio

La dinámica del cambio en la cubierta vegetal, toda vez que se encuentra asociada al uso del suelo, requiere ser tomada con algunas reservas: Al momento de realizar el análisis de la dinámica del recambio vegetacional, es necesario delimitar la influencia antrópica en la zona; razón por la cual se recurrió a la formulación de un modelo general que permitiera establecer los principales determinismos ecológicos que se presentan en el área en estudio.

A partir del acoplamiento de las evaluaciones del cambio en el uso del suelo y de la cubierta vegetal, es posible discernir cuales se encuentran correlacionados; si bien es cierto que no todos los cambios de la cubierta vegetal son de origen antrópico, también lo es que cada uso del suelo favorece el desarrollo de determinadas comunidades vegetales por sobre otras.

En virtud de que en el área en estudio las unidades edáficas presentan una fuerte relación con respecto al relieve y el clima, fue posible establecer siete condiciones generales para el medio físico (Fig. V.3). A la par, las comunidades vegetales fueron correlacionadas con alguna de las siete condiciones mencionadas, sentando con ello los determinismos ecológicos que condicionan la distribución de la vegetación (Fig. V.3). Lo anterior permite valorar, por un lado el recambio vegetacional en base a los procesos de sucesión ecológica primaria y secundaria, y por otro los cambios de la cubierta vegetal asociados con la acción antrópica.

En última instancia, deben ser considerados los cambios en la densidad de la cobertura arbórea, puesto que ésta es un elemento de gran relevancia para poder evaluar las tendencias que presentan las comunidades arbóreas con respecto a su recambio vegetacional.

Debido a que la densidad de cobertura arbórea es también un elemento que permite inferir la magnitud del aprovechamiento forestal, ésta será tratada a mayor profundidad en la sección destinada a las **Comunidades Arbóreas**, en el siguiente capítulo.

Determinismos ecológicos y su relación con la distribución de la cubierta vegetal					
Comunidad Vegetal	Clima	Temperatura Media Anual	Altitud	Sustrato y/o suelo	
Bosque de Oyamel	Semifrío	Menor a 10 °C	Mayor a 3,000 m.	Desarrollo del suelo escaso	
Bosque de Oyamel-Pino	Templado	Entre 10 y 15 °C	Entre 2,500 y 3,000 m.		
Bosque de Pino		Entre 15 y 18 °C	Mayor a 2,500 m.	Suelos moderadamente desarrollados	
Bosque de Pino-Encino		Transicional	Mayor a 18 °C	Entre 2,000 y 2,500 m.	Suelos con buen desarrollo
Bosque de Encino				Menor a 2,000 m.	Suelos poco desarrollados
Bosque de Encino-Cuajote	Cálido				
Bosque de Cuajote					
Matorral de <i>Juniperus-Sedum</i>	Templado a Semifrío	12 °C o menor	Mayor a 3,000 m.	Misceláneo Rocoso	Sin Suelo
Matorral <i>Crasirosulifolio</i>	Templado	Entre 12 y 16 °C	Entre 2,000 y 2,500 m.	Roca madre poco fracturada	
Matorral <i>arpes</i>	Transicional	Entre 16 y 20 °C	Menor a 2,500 m.	Laderas abruptas de lahar	
Matorral <i>tenecio-Sedum-Baccharis</i>	Templado	Entre 10 y 15 °C	Entre 2,500 y 3,000 m.	Prosperan en zonas previamente ocupadas por comunidades antrópicas	Desarrollo variable del Suelo
Matorral de <i>Dodonaea</i>		Entre 15 y 18 °C	Entre 2,000 y 2,500 m.		

Fig. V.3. Determinismos ecológicos y su relación con la distribución de la cubierta vegetal. En la figura se muestran las condiciones preferentes del Medio Físico en que se desarrolla cada una de las Comunidades Vegetales. Es posible observar los elementos del medio físico con mayor injerencia en el establecimiento de cada comunidad vegetal (Modelado Ambiental).

Con la finalidad de poder valorar las correlaciones presentes entre los cambios de uso del suelo y el recambio vegetacional, establecidas mediante los determinismos ecológicos, se diseñaron y aplicaron dos indicadores: *Cambio Neto en el Número de Parches* (ΔN_p) y el *Índice de Fragmentación* (ΔIF). A través de los cuales fue posible determinar la vulnerabilidad de cada comunidad vegetal en relación con los cambios de uso del suelo.

Es necesario tomar en cuenta que entre mayor sea el número de parches en que se distribuye una comunidad su fragmentación es mayor, y que a la inversa refleja una comunidad cuya distribución es continua; por lo tanto, el **Cambio Neto en el Número de Parches** reporta la modificación de la condición de disgregación sufrida por cada una de las coberturas de la zona (un valor positivo se interpreta como un aumento de la fragmentación, mientras que uno negativo implica la reducción de la fragmentación o lo que es igual un agrupamiento).

Los datos contenidos en el Cuadro V.3 ponen de manifiesto que las Comunidades Naturales experimentan una fragmentación significativa, siendo la más afectada el Bosque de Pino-Encino, seguida por los bosques de Encino y los de Pino. Por otra parte, la agrupación moderada que experimentaron las Comunidades Antrópicas, en especial la Agrícola y el Pastizal, corroboran la consolidación de éstas sobre las comunidades naturales. Consecuentemente, es posible diagnosticar un proceso degradativo que tiende a generar subcomunidades con conectividad limitada.

En general podría decirse que el incremento en el número de parches es una medida de la degradación de las comunidades. No obstante, a fin de valorar adecuadamente la condición de vulnerabilidad que caracteriza a cada una de las comunidades biológicas, es necesario considerar la superficie que ésta ocupa. Por lo anterior, se recurre al Índice de Fragmentación, el cual es un indicador que representa la superficie promedio por parche, en hectáreas, de cada comunidad.

Dicho índice fue calculado a partir de la siguiente expresión matemática:

$$IF \zeta = \frac{A \zeta}{N \rho}$$

donde:

IF ζ Índice de Fragmentación por comunidad

A ζ Superficie total de la comunidad

N ρ Número de parches por comunidad

NÚMERO DE PARCHES E ÍNDICE DE FRAGMENTACIÓN POR COBERTURA PARA CADA AÑO						
CÓBERTURAS	1970		1993		$\Delta N \rho$: Cambio Neto en el Número de Parches	$\Delta IF \zeta$: Cambio Neto de la superficie Promedio por Parche
	N ρ : Número de Parches	IF ζ : Índice de Fragmentación por cobertura (ha)	N ρ : Número de Parches	IF ζ : Índice de Fragmentación por cobertura (ha)		
Natural es	589	28.24	706	23.25	117	-4.99
Arbóreas Naturales	487	32.24	591	26.16	104	-6.08
Bosque de Oyamel	27	12.24	32	10.82	5	-1.42
Bosque de Oyamel-Pino	71	15.51	69	10.88	-2	-4.63
Bosque de Pino	194	29.71	218	27.77	24	-1.93
Bosque de Pino-Encino	71	47.87	101	37.07	30	-10.80
Bosque de Encino	70	44.00	96	24.93	26	-19.07
Bosque de Encino-Cuajote	27	40.75	46	32.32	19	-8.43
Bosque de Cuajote	27	34.36	29	23.66	2	-10.70
Arbustivo-Herbáceas Naturales	102	9.11	115	8.27	13	-0.85
Matorral de Juniperus-Sedum	40	10.15	52	7.97	12	-2.18
Matorral Crasirrosulfolio	1	191.53	1	201.52	0	9.99
Matorral de Escarpes	61	5.44	62	5.40	1	-0.04
Antropicas	513	7.35	479	8.33	-34	0.98
Arbustivo-Herbáceas Antropicas	304	6.71	333	7.31	29	0.60
Matorral de Sedum-Senecio-Baccharis	31	6.33	35	12.09	4	5.76
Matorral de Dodonaea	27	7.87	21	9.07	-6	1.20
Pastizal	246	6.63	277	6.57	31	-0.06
Antropico Franco	209	8.27	146	10.65	-63	2.37
Cultivo o Plantación	207	8.03	144	10.16	-63	2.13
Asentamiento Humano	2	33.17	2	45.55	0	12.38
Totales	1102	18.51	1185	17.22	83	-1.30

Cuadro V.3. Comparación de los cambios en el Número de Parches e Índice de Fragmentación de cada una de las comunidad vegetal en 1970, 1993 y el cambio sufrido entre ambas fechas. Un valor negativo del cambio en superficie implica una mayor fragmentación, un valor positivo implica la recuperación en la continuidad de la comunidad vegetal.

A través del Índice de Fragmentación, con el apoyo del esquema de recambio vegetal propuesto para la zona (Fig. VI.1), es posible valorar los procesos de cambio de la cubierta vegetal en términos de factores antrópicos y naturales.

La continuidad de las comunidades vegetales conlleva a la conservación de la biota asociada y de sus procesos ecológicos. Por lo tanto, al evaluar la variación del Índice de fragmentación, entre 1970 y 1993, se valora indirectamente la afectación a la que las poblaciones biológicas locales fueron sometidas; consecuentemente su vulnerabilidad.

Analizando la tendencia, en cuanto al aumento o disminución de la superficie promedio por parche, queda de manifiesto el efecto que los distintos tipos de aprovechamiento (usos del suelo) imprimen a las comunidades vegetales, reflejados a su vez en la fragmentación. Es necesario acotar que más que profundizar en la valoración de la fragmentación, se recurrió a ésta como una herramienta diagnóstica de las relaciones espacio-temporales entre las comunidades Antrópicas y las naturales.

Capítulo VI ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La necesidad de contar con información más precisa en cuanto a los procesos que determinan la cubierta actual del suelo y con ello adquirir la capacidad de prospectar los posibles escenarios que ésta pudiese presentar como resultado de los procesos de aprovechamiento que de forma local experimentan las comunidades biológicas de la zona en estudio, obliga a la formulación de un modelo de evaluación capaz de discriminar entre los factores antrópicos y los naturales que inducen cambios en la distribución de las comunidades vegetales.

Una serie de consideraciones preliminares son requeridas a fin de sustentar dicho modelo:

- I. El uso del suelo constituye una forma de descripción de los procesos de aprovechamiento de los recursos naturales a los que se encuentran sujetas las comunidades biológicas de la zona.
- II. La distribución de las distintas comunidades vegetales, circunscritas a un área en particular, son la expresión final del Modelado Ambiental; tanto Antrópico como Natural.
- III. El recambio vegetacional es el reflejo de las modificaciones al Medio Físico, toda vez que los Determinismos Ecológicos definen la distribución de la biota y por ende la de las comunidades biológicas.
- IV. El Índice de Fragmentación es un indicador de degradación y reducción de la conexión entre grupos poblacionales, por lo que podemos considerar que permite valorar el impacto que experimentan los procesos ecológicos.

Una primera aproximación a la valoración del cambio de uso del suelo quedó establecida mediante la comparación de la superficie de cada cobertura en 1993 con respecto a la que presentaba en 1970 (Cuadro VI.1), por medio del Cambio Neto de Uso del Suelo (ΔA_{ζ}), a partir de la información contenida en la Base de Datos Anuales (Apéndice B).

Cambio Neto de Uso del Suelo (ΔA_{ζ})

Este indicador refleja a grandes rasgos la situación del cambio de uso del suelo, evidenciando el crecimiento de los asentamientos humanos y la tendencia general en los procesos de aprovechamiento: la reducción de la superficie cultivada y el incremento de las áreas destinadas a la alimentación del ganado. Como primera referencia, las coberturas Naturales, que muestran un cambio negativo, perdieron 218.63 ha; las cuales presentan una transición hacia las coberturas Antrópicas. La superficie citada, representa el 1.07% del área en estudio, lo que refleja un proceso de antropización de muy baja intensidad, más aun si consideramos que ésta requirió de 22 años.

El área en estudio es principalmente forestal; poco más del 80% de su superficie presenta algún tipo de cobertura Arbórea Natural. Por lo que se refiere a las superficies antrópicas, que representan casi el 20% del Área en Estudio, las comunidades arbustivo-herbáceas antrópicas, destinadas a la alimentación del ganado, son las más extendidas de éstas, en contraste con los asentamientos humanos que no alcanzan siquiera el 1% del total.

La superficie restante queda cubierta por matorrales sucesionales, relacionados al determinismo edáfico, que poseen una explotación prácticamente nula. Son comunidades naturales que por un lado se consideran pobres en recursos (la biota que las integra es considerada de bajo interés económico), por el otro, presentan dificultades para su acceso y por lo tanto en su aprovechamiento.

VI.1. Modelo de Evaluación del Cambio de Uso del Suelo

Mediante la cartografía de uso del suelo y vegetación, elaborada para 1970 y 1993, se generó una base de datos que permitiera agrupar las superficies que cada unidad presentó en cada una de las fechas. A partir de ésta, se realizó una serie de reagrupamientos de las categorías de vegetación, a fin de poder analizar a mayor profundidad la dinámica de los cambios de la cubierta del suelo durante el periodo señalado.

Inicialmente, las Comunidades Vegetales que se desarrollan al margen de la intencionalidad humana, fueron agrupadas en dos categorías: **Comunidades Arbóreas Naturales**, cuando las especies vegetales dominantes presentan forma de crecimiento arbóreo; y **Comunidades Arbustivo-Herbáceas**, en el resto de los casos. Simultáneamente, las Comunidades Vegetales que deben su establecimiento a la acción antrópica; sea por su establecimiento premeditado o como resultado del aprovechamiento de los Recursos Naturales, son reclasificadas en: **Comunidades Antrópicas Francas**, en el primer caso; o **Comunidades Arbustivo-Herbáceas con Modelado Antrópico**, en el segundo. Este primer reagrupamiento permitió establecer las principales transformaciones que el área en estudio experimentó en el periodo comprendido entre octubre de 1970 y abril de 1993, en términos de los procesos antrópicos de transformación del medio.

Al conocer la superficie que ocupan las comunidades Antrópicas, es posible generar un indicador, el Índice de Antropización, que refleje el grado en que la cubierta vegetal de la región ha sido modelada por la disposición de las tierras a través de su aprovechamiento. Indirectamente, permite cuantificar la magnitud del deterioro al que se encuentran sujetas las comunidades vegetales naturales; lo anterior, bajo la premisa de que su incremento refleja una expansión de las comunidades Antrópicas sobre las Naturales.

El índice de antropización, al ser un indicador que refleja la proporción que guardan las superficies antrópicas con respecto a la superficie total del área en estudio, revela el grado de presión al que se encuentran sujetas las poblaciones biológicas locales. Ante todo, es un indicador que pone de manifiesto la intensidad con que el modelado de la cobertura vegetal es dirigido por los procesos antrópicos regionales. Se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$I_n = \frac{S_n}{A_E}$$

donde:

I_n Índice de Antropización

S_n Superficies Antrópicas

A_E Superficie Total del Área en Estudio

Los Índices de Antropización que presenta el área en estudio son de 0.184 para 1970 y 0.195 en 1993. Ambos reflejan una amplia distribución de las comunidades naturales sobre las antrópicas; empero, su incremento (0.011) refleja un ligero crecimiento de las superficies con Modelado Antrópico.

A través de la valoración de su cambio en el tiempo, es decir su tasa de cambio, se conoce la velocidad con que se extienden las comunidades Antrópicas sobre las naturales; estableciéndose así un nuevo indicador: la Tasa de Antropización. Extrapolando la tasa a diferentes periodos es posible crear escenarios alternativos que manifiesten la vulnerabilidad a que están sujetas las comunidades biológicas en la zona.

Un indicador similar al anterior, el Índice de Agropecuarización, permite deslindar las superficies destinadas a la producción agropecuaria de las destinadas a Asentamientos Humanos. Con éste, se esclarece que tipo de procesos antrópicos son los que poseen mayor preponderancia en la región.

Esquematisando las transformaciones del medio, en base a la delimitación de las fuerzas de transformación que originan cada uno de éstas, es posible hacer una nueva reagrupación que permita comprender de forma más clara las causas de los diferentes cambios que sufrió el área en estudio, en el periodo de 1970 a 1993, en cuanto a sus comunidades vegetales. Tomando como punto de partida lo anterior y mediante la Base de Datos de Procesos (Apéndice C), cada condición de cambio fue reagrupada en una de las siete categorías de "Procesos de Cambio de la Cubierta del suelo":

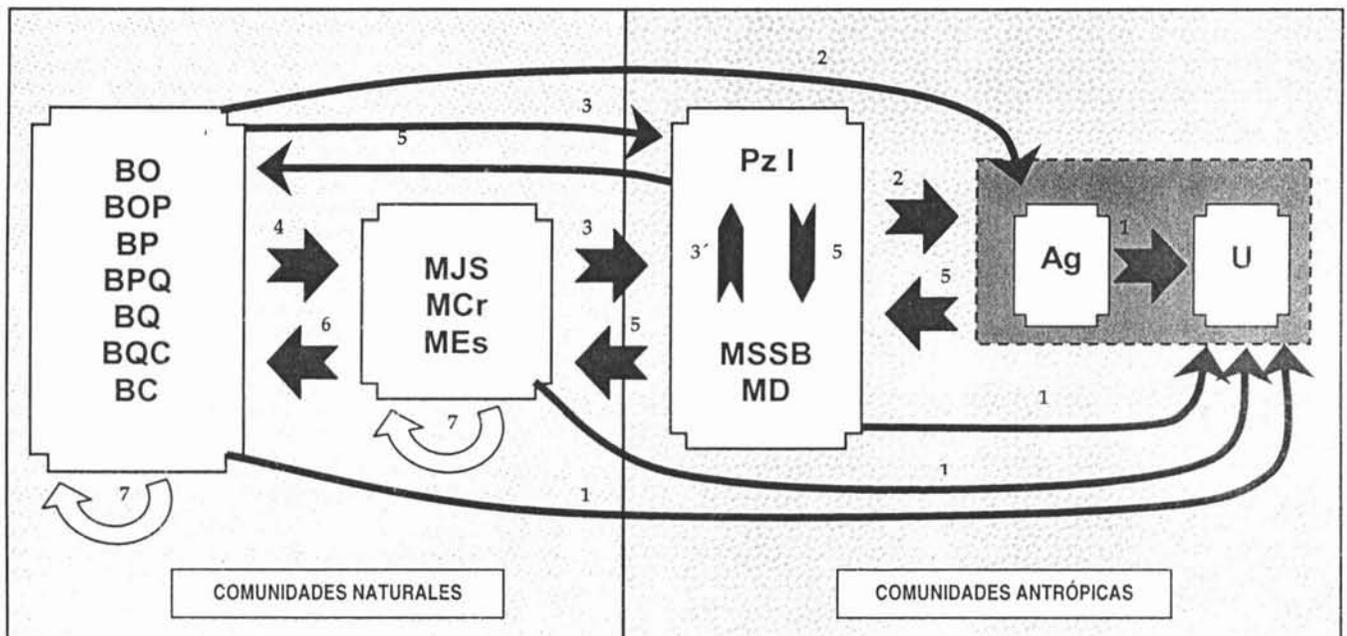


Fig. VI.1. Procesos de Cambio de la Cubierta del suelo (Establecimiento de Asentamientos Humanos (1), Establecimiento de Cultivos y Plantaciones (2), Modificación para uso Pecuario (3), Manejo para establecer Pastizales (3'), Alteraciones Naturales (4), Sucesión Secundaria (5), Sucesión Primaria (6), Recambio Vegetacional por causas diversas (7)). Modificado de Velázquez et al (2002).

La esquematización de los Procesos de Cambio de la Cubierta del suelo además de presentar en forma simplificada la dinámica del cambio de Uso del Suelo, plantea los procesos naturales que se presentan en el área en estudio.

El Uso del Suelo es un reflejo de la acción antrópica sobre las comunidades biológicas nativas; por lo tanto, al valorar el cambio que éste presenta en un periodo definido se están evaluando los procesos de aprovechamiento que tuvieron lugar durante dicho lapso. Como resultado del manejo de las comunidades biológicas, éstas presentan modificación en su estructura ecológica, incluida en ella la composición florística. A fin de correlacionar las transformaciones del medio con los procesos que la determinan, se presentan las principales Fuerzas de Transformación Antrópica:

a) Modelado antrópico por sustitución; el establecimiento de Asentamientos Humanos, Cultivos y Plantaciones se asocia con el reemplazo de las comunidades nativas a cambio de comunidades diseñadas expreso cumplir una finalidad humana; por lo tanto, bajo directrices antrópicas definidas por los modelos socioculturales que operan en la zona.

b) Modelado antrópico a través de la Sucesión Ecológica Dirigida; la crianza de ganado en el área en estudio, se vale del pastoreo y ramoneo para satisfacer las demandas de la actividad pecuaria. Dicha actividad, se ve reflejada en la modificación de la cubierta vegetal original a fin de establecer comunidades vegetales en donde las especies con forma de crecimiento arbustivo y principalmente herbáceo son las dominantes. Aunado a lo anterior, las comunidades con vegetación secundaria presentan dos tipos de manejo: el mantenimiento de pastizales, mediante quemas y pastoreo, y la remoción selectiva de elementos vegetales por parte del ganado.

c) Modelado Antrópico por Modificación en la Densidad de la Cobertura Arbórea; el Aprovechamiento Forestal conduce a cambios en la estructura ecológica de las comunidades naturales que pueden desembocar en Recambio Vegetacional; empero, por lo general, ésta forma de aprovechamiento se asocia a cambios en la densidad de la cobertura arbórea, la cual será abordada a mayor profundidad en la siguiente sección.

El otro aspecto relevante del análisis del cambio en la cubierta del suelo, es la evaluación de las transformaciones de la cubierta vegetal. Partiendo del hecho de que los procesos naturales son una fuerza transformadora del medio, al margen de la acción antrópica, es necesario considerar su efecto sobre la distribución de las comunidades biológicas. Restringiendo los procesos naturales a los que alteran directamente la cubierta vegetal, éstos serán referidos como las principales Fuerzas de Transformación Natural:

a) Alteraciones Naturales; Por un lado, se refiere a la degradación que sufren las comunidades naturales como resultado de algún evento geológico en que la modificación de la corteza terrestre "elimina" una porción de la comunidad biológica que cubría dicha zona. Por otro, son considerados los casos en que la vegetación natural es removida, total o parcialmente, por causas naturales; ya sea por la acción del fuego durante incendios que no se atribuyen a la acción humana o por la pérdida de elementos vegetales a raíz de la proliferación de plagas, en donde la afectación se da de forma masiva genera las condiciones ambientales requeridas para que se presente un recambio vegetacional.

b) Sucesión Ecológica Primaria; hace referencia a los casos en que el recambio vegetacional se debe al proceso de colonización, al margen de los procesos de regeneración que presentan las comunidades vegetales afectadas por disturbios antrópicos. Como resultado de las transformaciones que la biota autóctona imprime al medio y del determinismo ecológico asociado a cada especie vegetal, la cubierta vegetal sufre cambios subsecuentes en su composición florística.

c) Sucesión Ecológica Secundaria; se correlaciona directamente con los procesos de recuperación de las comunidades vegetales que han sido alteradas por la acción humana. Son considerados todos los casos en que las comunidades naturales experimentan una recuperación, sea la de la comunidad original o el establecimiento de una nueva comunidad autóctona. Por lo tanto, incluye algunos recambios vegetacionales.

La distribución de los Recursos Naturales define la disponibilidad de los insumos requeridos por determinados procesos productivos, con lo cual se establece el tipo de aprovechamiento al que una región puede ser sometida. Adicionalmente, el desarrollo socioeconómico de cada núcleo poblacional se define a partir del desarrollo de los medios de producción y sus fuerzas laborales; es decir puede acceder a un número finito de modelos de producción y por lo tanto la tecnificación de éstos será directamente proporcional a la fase de desarrollo en que se encuentre la Personalidad Jurídica responsable de la explotación de los recursos de determinada zona. La conjugación de estos dos factores, a grandes rasgos, es la que impone las formas de aprovechamiento que se presentan en cada región; entendiendo por región la porción del planeta que comparte un determinado atributo.

Las consideraciones anteriores, al ser aplicadas a los cambios de uso del suelo, permiten establecer la dinámica general de aprovechamiento al que está sujeta determinada región. Para el territorio Nacional, el INEGI define cuatro tipos de Uso del suelo: Asentamientos Humanos, Agrícola, Pecuario y Forestal; no obstante, a pesar de no referirlo como tal, considera una categoría adicional: Sin Manejo. Por medio de la clasificación anterior y del análisis de la dinámica del cambio de uso del suelo, es posible crear una regionalización que permita agrupar las áreas que comparten determinada forma de manejo en seis zonas:

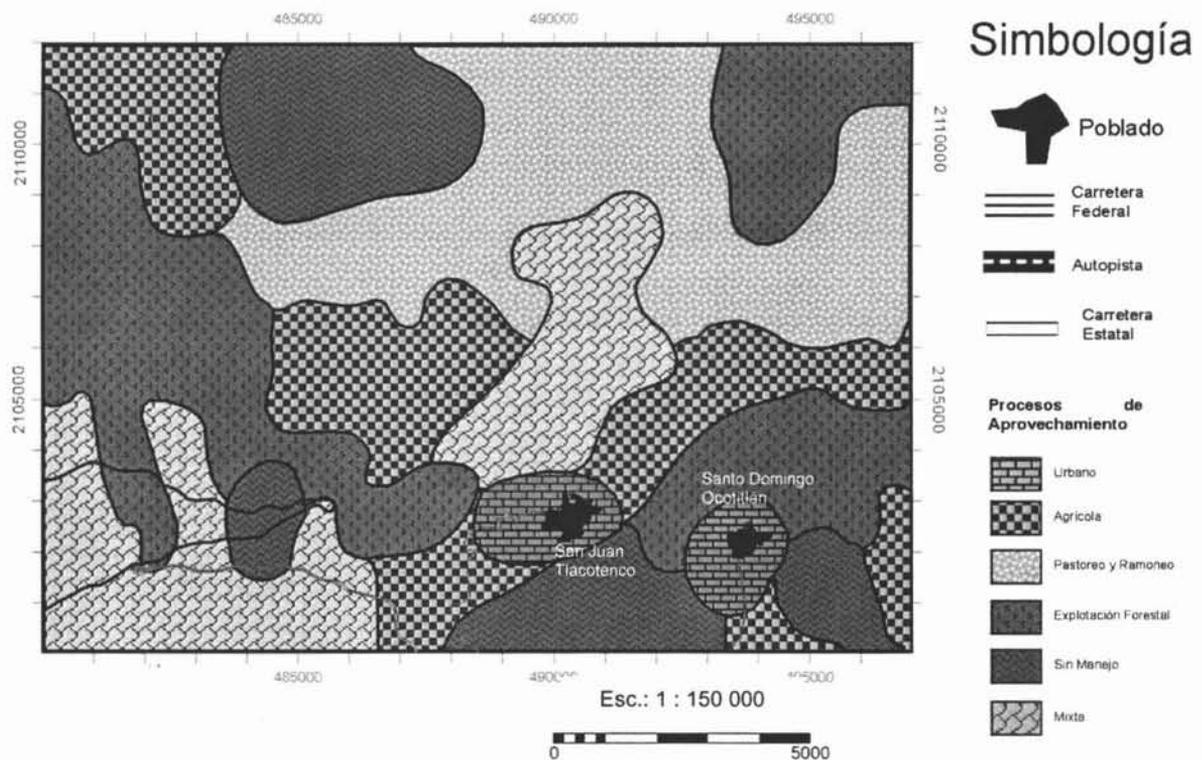


Fig. VI.2. Regionalización del Área en Estudio en base a los Procesos de Manejo y Aprovechamiento.
(La Explotación Mixta consiste en prácticas Silvopastoriles, donde la forma principal de manejo es la extracción forestal para autoconsumo; maderable y no maderable. En base a Bassols (1978).

VI.2. Comunidades Arbóreas

En virtud de que las comunidades arbóreas son las que mayor superficie presentan en área en estudio y de que sus recursos son aprovechados mediante las actividades forestales, requieren un apartado especial en el cual sean analizadas a mayor detalle.

Si consideramos el cambio en densidad de cobertura arbórea, es necesario replantear su fragmentación. Partiendo de la base de que cada condición de densidad de cobertura presenta condiciones particulares para los procesos ecológicos que se desarrollan en ella, es factible considerarlas como subsistemas ecológicos. En el Cuadro VI.2, se presenta la fragmentación que caracteriza a cada subsistema.

El grado de conservación de las comunidades naturales es variable; lo mismo se presentan unidades con afectación antrópica prácticamente nula, que otras francamente degradadas.

El grado de fragmentación que muestra el área en estudio es relativamente bajo, no obstante que ésta ha sufrido un incremento perceptible: Las comunidades arbóreas naturales más afectadas son el Bosque de Oyamel-Pino y el de Pino.

Cabe mencionar que la alta fragmentación de las comunidades antrópicas, relacionada con una superficie promedio de parche baja, representan un estado de conservación aceptable; en virtud de que al constituir parches aislados dentro de una matriz forestal, reportan una degradación fácilmente reversible, además de que la modificación de los flujos entre comunidades no se ven alterados drásticamente.

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA FRAGMENTACIÓN DE CADA SUBSISTEMA BIOLÓGICO

COBERTURAS	1970					1993					Cambio neto en el número de parches (subsistema)	Cambio en la superficie promedio por parche (subsistema)	
	Número de Parches por		Superficie por Subsistema (ha)	IF _c : Índice de Fragmentación por		Número de Parches por		Superficie por Subsistema (ha)	IF _c : Índice de Fragmentación por				
	Sistema	Subsistema		Sistema (ha)	Subsistema (ha)	Sistema	Subsistema		Sistema (ha)	Subsistema (ha)			
Arbóreas Naturales	136	487	15,701.28	32.24	115.45	174	591	15,461.41	26.16	88.86	104	-6.08	
Bosque de Oyamel cerrado		13	169.12	13.01			9	148.48	16.50			-4	3.49
Bosque de Oyamel semicerrado		7	116.41	16.63			13	147.48	11.34			6	-5.29
Bosque de Oyamel abierto		7	44.98	6.43			10	50.25	5.02			3	-1.40
Bosque de Oyamel	11	27	330.51	12.24	30.05	16	32	346.21	10.82	21.64	5	-1.42	
Bosque de Oyamel-Pino cerrado		24	459.80	19.16			16	176.57	11.04			-8	-8.12
Bosque de Oyamel-Pino semicerrado		28	461.95	16.50			35	462.07	13.20			7	-3.30
Bosque de Oyamel-Pino abierto		19	179.53	9.45			18	112.15	6.23			-1	-3.22
Bosque de Oyamel-Pino	21	71	1,101.28	15.51	52.44	36	69	750.79	10.88	20.86	-2	-4.63	
Bosque de Pino cerrado		36	996.80	27.69			31	357.81	11.54			-5	-16.15
Bosque de Pino semicerrado		80	2,787.64	34.85			101	3,877.53	38.39			21	3.55
Bosque de Pino abierto		78	1,978.47	25.37			86	1,818.79	21.15			8	-4.22
Bosque de Pino	48	194	5,762.91	29.71	120.06	59	218	6,054.13	27.77	102.61	24	-1.93	
Bosque de Pino-Encino cerrado		24	1,580.70	65.86			24	708.14	29.51			0	-36.36
Bosque de Pino-Encino semicerrado		33	1,642.79	49.78			41	2,361.51	57.60			8	7.82
Bosque de Pino-Encino abierto		14	175.15	12.51			36	674.65	18.74			22	6.23
Bosque de Pino-Encino	24	71	3,398.63	47.87	141.61	18	101	3,744.30	37.07	208.02	30	-10.80	
Bosque de Encino cerrado		21	1,249.85	59.52			33	804.72	24.39			12	-35.13
Bosque de Encino semicerrado		26	1,494.64	57.49			40	1,310.76	32.77			14	-24.72
Bosque de Encino abierto		23	335.43	14.58			23	277.51	12.07			0	-2.52
Bosque de Encino	15	70	3,079.91	44.00	205.33	22	96	2,392.98	24.93	108.77	26	-19.07	
Bosque de Encino-Cuajote cerrado		6	319.79	53.30			12	334.68	27.89			6	-25.41
Bosque de Encino-Cuajote semicerrado		14	695.60	49.69			19	747.23	39.33			5	-10.36
Bosque de Encino-Cuajote abierto		7	84.93	12.13			15	404.89	26.99			8	14.86
Bosque de Encino-Cuajote	7	27	1,100.31	40.75	157.19	13	46	1,486.80	32.32	114.37	19	-8.43	
Bosque de Cuajote cerrado		7	135.55	19.36			1	13.46	13.46			-6	-5.90
Bosque de Cuajote semicerrado		10	583.79	58.38			11	225.61	20.51			1	-37.87
Bosque de Cuajote abierto		10	208.40	20.84			17	447.12	26.30			7	5.46
Bosque de Cuajote	10	27	927.73	34.36	92.77	10	29	686.20	23.66	68.62	2	-10.70	

Cuadro VI.1 Comparación entre los Índices de Fragmentación por comunidad con respecto a los Índices por subsistema, así como el cambio que sufrieron éstos entre 1970 y 1993. Un valor negativo del cambio en superficie implica un decremento, un valor positivo implica el incremento en la continuidad de la comunidad.

En términos de la densidad de cobertura arbórea, ésta ha sufrido una reducción real. Las superficies catalogadas como de cobertura cerrada han sido las más impactadas; especialmente el Bosques de Cuajote y el de Encino. Pese a lo anterior, en lo que a densidad de dosel se refiere, la tendencia general es hacia la condición semicerrada; bastantes áreas con densidad de cobertura menor al 40% han incrementado ésta para reubicarse en la categoría semicerrada, principalmente el Bosque de Pino y el de Pino-Encino.

VI.3. Procesos Antrópicos y Sucesión Ecológica

El Cambio Neto muestra la tendencia hacia la reducción o el incremento de las comunidades vegetales, por lo tanto, indirectamente de la flora que tiende a dominar o a perderse en el área en estudio.

Dependiendo de los cambios que imprime el aprovechamiento de los recursos naturales, en la composición florística y la estructura ecológica de las comunidades, podemos hablar de dos tipos de cambios en el uso del suelo:

- a) **Transformación;** corresponde a las superficies sobre las cuales la comunidad original es sustituida por una nueva, ya sea antrópica o natural.

- b) **Cambio en densidad o Modificación;** superficies en las que la comunidad vegetal más que presentar recambio vegetal cambia en su densidad de cobertura. Este tipo de cambio de uso del suelo ha sido acotado a las comunidades Arbóreas Naturales.

Partiendo de lo anterior, los cambios más importantes del área en estudio entre 1970 y 1993 son los de Transformación. Así mismo, las transformaciones más importantes son del tipo Translocación; es decir, fuera de las zonas planas, la actividad agropecuaria es de tipo nómada. Entre los principales manejos que se le dan a las zonas boscosas podemos referir el aprovechamiento forestal; ya sea maderable o no, la producción agropecuario y el establecimiento de asentamientos humanos.

En vista de que todo Cambio en el Uso del Suelo conlleva a un Recambio Vegetacional, es posible determinar la correlación que guardan los procesos de aprovechamiento locales con respecto a los cambios de la cubierta vegetal.

Por medio de la interpretación de la base de datos derivada del mapa de Cambio de Uso del Suelo y Recambio Vegetacional (Fig. VI.3), a través de la reclasificación de los cambios de cobertura vegetal, fue posible describir los principales cambios en el uso del suelo en función de los Procesos de Recambio Vegetacional (Cuadro VII.1), los cuales se describen a continuación:

Superficie Transformada ($\Delta\gamma$)

Calculada para cada cobertura, representa la sumatoria de las áreas que sufrieron recambio vegetacional durante el periodo analizado. Dentro del área en estudio, constituye el 30.77 % de la zona.

Superficie Modificada ($\Delta\psi$)

Reportada exclusivamente para las comunidades Arbóreas Naturales, agrupa para cada comunidad las superficies en que se presentó el cambio en densidad de su cubierta vegetal; tanto si se incremento, como si disminuyó. De forma agrupada, ésta se presenta en el 27.54 % del total del área en estudio.

Superficie sin Cambio (Δ°)

Refleja la superficie, para cada comunidad, que mantuvo la misma cubierta vegetal entre 1970 y 1993. Se calcula a partir de la sumatoria de los parches que no sufrieron cambio en composición o densidad de cobertura. Es el tipo de superficie con mayor extensión, ocupa el 41.69 %.

Aplicando el modelo de recambio vegetacional propuesto para el área en estudio (Fig VI.1), las siguientes superficies permiten delimitar los cambios derivados de procesos antrópicos de los debidos a la sucesión ecológica.

Procesos de Recambio Vegetacional			
COBERTURAS	$\Delta\Gamma$: Superficie Transformada	$\Delta\psi$: Superficie Modificada	Δ° Superficie Sin Cambio
Naturales	4,763.61	5,617.76	6,254.65
Arbóreas Naturales	4,616.58	5,617.76	5,472.68
Bosque de Oyamel	102.55	115.42	113.34
Bosque de Oyamel - Pino	635.29	247.96	218.18
Bosque de Pino	923.57	2,270.44	2,570.57
Bosque de Pino - Encino	878.01	1,466.94	1,056.05
Bosque de Encino	1,326.79	847.26	906.45
Ecotono	292.28	387.43	421.34
Bosque Tropical Caducifolio	458.10	282.30	186.75
Arbustivo-Herbáceas Naturales	147.03		781.97
Matorral de <i>Juniperus - Sedum</i>	127.32		278.62
Matorral Crasirrosulfolio	18.50		172.92
Matorral Edafosuscesional	1.21		330.43
Antrópicas	1,513.54		2,250.44
Arbustivo-Herbáceas Antrópicas	783.76		1,256.29
Matorral de <i>Senecio-Sedum-Baccharis</i>	130.19		65.92
Matorral de <i>Dodonaea</i>	167.22		45.42
Pastizal	486.35		1,144.95
Antrópico Franco	729.78		994.15
Agrícola	729.68		927.64
Asentamiento Humano	0.10		66.51
Totales	6,277.15	5,617.76	8,505.09

Cuadro VI.2. Evaluación del cambio de Uso del suelo en términos de los procesos de recambio vegetacional. El cuadro muestra las superficies en que cada tipo de proceso de Recambio Vegetacional se desarrolló para cada comunidad.

Aunado a los cambios de terrenos de uso forestal por comunidades vegetales destinadas a la producción pecuaria, se observó que una parte significativa de las áreas destinadas a la agricultura en 1970 pasaron a ser matorrales antrópicos o pastizales para 1993. No obstante, éstos no alcanzaron grandes dimensiones. Lo anterior se infiere que la zona experimentó una ganaderización de baja intensidad durante el periodo evaluado.

Las superficies sin cambios muestran las áreas en que las tendencias de manejo se mantienen; en lo que a las superficies modificadas respecta, éstas permiten determinar la intensidad de la explotación forestal; por su parte, las superficies transformadas rinden cuenta de la magnitud de los cambios en composición, derivados de dos condiciones: establecimiento de comunidades antrópicas y procesos de recuperación.

Al considerar a los matorrales sucesionales, restringidos a las laderas de la formación Tepozteco y las superficies basálticas recientes, destaca un aspecto de suma importancia en términos de la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos que pudiesen tener lugar en la zona. Su accesibilidad limitada y su pobre desarrollo arbóreo las hace poco atractivas para su explotación o manejo forestal, mientras que el pobre o nulo desarrollo del suelo las convierte en áreas inadecuadas para toda actividad agrícola. Lo anterior se traduce en un buen grado de conservación de dichas comunidades.

Por otro lado, las comunidades arbóreas de los conos basálticos (Bosques Templados) poseen un manejo de moderado a considerable, siendo las comunidades más afectadas las que presentan especies del género *Quercus*. Mientras que las comunidades tropicales han sido las más degradadas de todas, lo más probable por su cercanía a los poblados de Santo Domingo Ocotitlán y San Juan Tlacotenco.

Una interpretación preliminar de las modificaciones de la cubierta vegetal queda establecida por medio de los indicadores descritos previamente; sin embargo, a fin de permitir ahondar en la descripción de los procesos de modelado ambiental y poder discernir entre el recambio vegetacional inherente a factores antrópicos del asociado a los eventos de sucesión ecológica recurre a los siguientes índices:

$$\text{Índice de Transformación } (\Delta\gamma) = \frac{D\gamma}{\bar{A}E}$$

$$\text{Índice de Modificación } (\Delta\psi) = \frac{D\psi}{\bar{A}E}$$

$$\text{Índice de Continuidad } (\Delta^\circ) = \frac{D^\circ}{\bar{A}E}$$

donde:

$D\gamma$ Superficies Transformadas en composición

$D\psi$ Superficies Modificadas en densidad de cobertura

D° Superficies Sin cambio

$\bar{A}E$ Superficie Total del Área en Estudio

Los tres índices constituyen una valoración de la proporción respecto a la superficie del área en estudio en que tuvieron lugar, entre 1970 y 1993, procesos de transformación y modificación de la cubierta vegetal; así como la de las superficies en que no se presentó ninguno de ellos, respectivamente. En conjunto, los tres índices hacen posible determinar que tipo de modelado ambiental es el que induce un cambio en particular. Lo anterior, constituye la base para el modelado de las tendencias en el aprovechamiento local de los recursos de que disponen.

Estos tres indicadores permiten establece una regionalización (Fig. VI.3), la cual a su vez sirve de punto de partida para interpretar los principales procesos de cambio del uso del suelo.

Es verdad que en toda el área en estudio se presentan, en mayor o menor proporción, los determinismos antrópico y ecológico; no obstante, mediante los tres indicadores referidos es posible acotar cual es el proceso de modelado de comunidades vegetales que presenta mayor preponderancia.

La regionalización de los Procesos de Modelado de Comunidades Vegetales, es ante todo una herramienta de gran utilidad al pretender delimitar regiones con alta vulnerabilidad. Aplicando esta información a las unidades ambientales, se genera una matriz que permite aplicar mecanismos de planeación para el manejo adecuado de cada una de éstas.

La densidad de cobertura arbórea manifiesta una correlación directa con la magnitud del manejo forestal. El retiro de elementos arbóreos como consecuencia de su aprovechamiento forestal implica la reducción local de la densidad de cobertura de la comunidad explotada. Si la extracción de elementos vegetales se presenta de forma continua, a lo largo de toda la comunidad, ésta adquiere una nueva estructura ecológica.

La regionalización presentada, permite describir los factores que inducen el cambio de Uso del Suelo en cada Sistema Ecológico; a su vez, nos lleva a plantear mecanismos que reviertan eficazmente la degradación de las comunidades más amenazadas, en virtud de que brinda los elementos diagnósticos necesarios para conocer los factores puntuales que inducen determinados cambios.

Adicionalmente, es posible establecer la magnitud de los procesos de sucesión ecológica, para lo cual se recurre a la subdivisión de las Superficies Transformadas (en Degradadas y Recuperadas) y de las Superficies Modificadas (en Superficies con Incremento en Densidad y Superficies con Detrimento de Densidad de Cobertura).

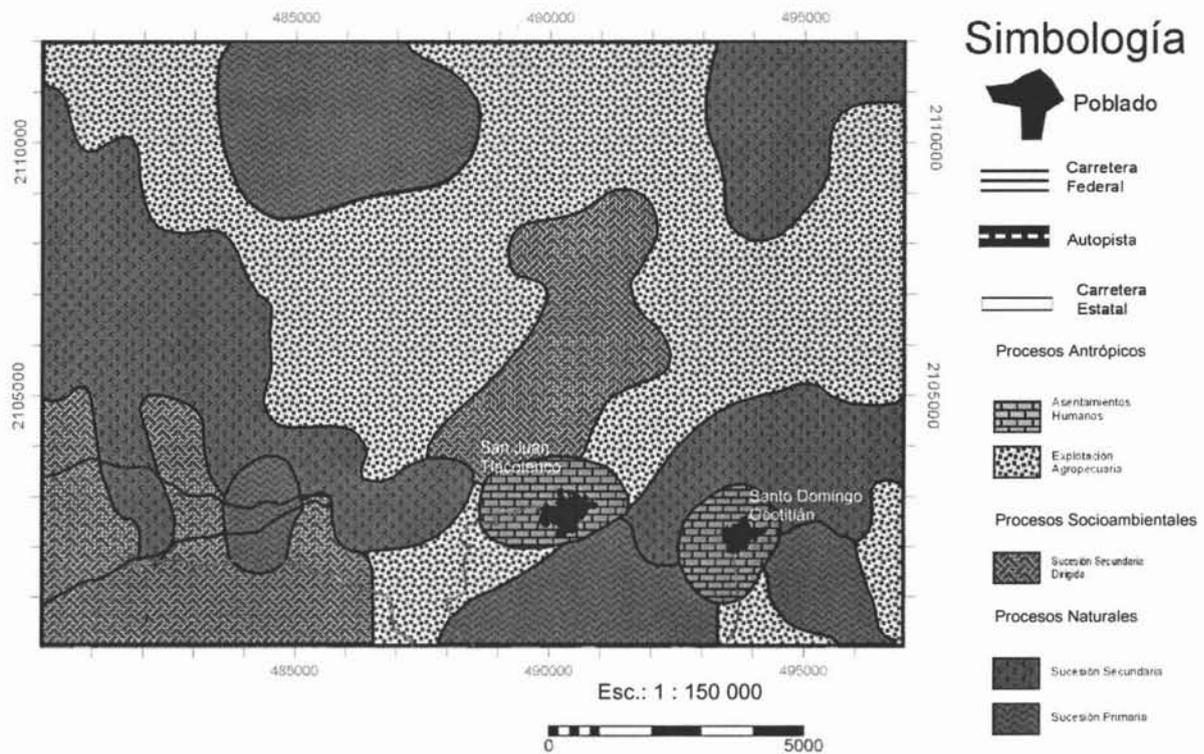


Fig. VI.3. Regionalización del Área en Estudio con base en los Procesos de Modelado Ambiental.
 (Permite ubicar las superficies con mayor presión antrópica, así como su extensión. En base a Bassols (1978).

Conjuntamente, con la valoración del recambio vegetacional, fue posible obtener un elemento diagnóstico: la vulnerabilidad a la que está sujeta cada comunidad (Cuadro VI.3), resultado del aprovechamiento al que están sujetas. Dicho indicador fue generado a partir del cociente del Recambio vegetacional Neto entre la superficie total de la comunidad en 1993 (última fecha del periodo).

A partir del Índice de Recuperación, se establece una forma de evaluación de la sucesión ecológica, lo que indirectamente implica una valoración de las condiciones de Sustentabilidad: Una región que presente gran recambio vegetacional, con una recuperación alta de sus comunidades vegetales, mantiene una tasa de aprovechamiento próxima a la de explotación; por lo tanto, el manejo al que somete a sus recursos permite que éstos sigan renovándose.

VI.4. Dinámica Temporal del Cambio en la Cobertura del suelo

El Índice de antropización, es ante todo un indicador que permite conocer que tan intensos son los procesos de modelado ecológico, por acción antrópica, del paisaje. Si obtenemos el índice de antropización para varios años, podremos calcular la Tasa Estimativa de Antropización; ésta reflejará la magnitud de los cambios que se deben a causas antrópicas (visualizando así la dirección y magnitud de los cambios de uso del suelo) y a partir de ello las tendencias de los procesos de aprovechamiento regionales.

Conocer las actividades productivas preponderantes permite estimar la eficiencia productiva de la región con la cual es posible estimar relaciones costo-beneficio e incluso conocer el tipo de degradación al que son sometidos los recursos.

Por otra parte, los índices de fragmentación permiten valorar cuantitativamente la degradación a la que son sometidas las comunidades biológicas durante el proceso de aprovechamiento de los recursos naturales, además de ser un reflejo del grado de consolidación de las zonas destinadas a actividades productivas; de lo cual se desprende, indirectamente, la regionalización del Aprovechamiento que la zona en estudio posee.

El cambio de uso del suelo presenta dos aspectos fundamentales: su magnitud y la dirección (también llamada tendencia). A fin de valorar cuantitativamente ambas, se estructuró un conjunto de expresiones matemáticas, las cuales reflejan la correlación entre los procesos de modificación antrópica y los cambios sucesionales propios de las comunidades vegetales.

$$\begin{aligned} \text{Tasa de Cambio Neto en el Uso del Suelo } (\delta Us) &= \frac{\Delta A_{\zeta}}{22} \\ \text{Tasa de Antropización } (\delta \eta) &= \frac{\Delta \eta}{22} \\ \text{Tasa de Fragmentación } (df) &= \frac{\Delta IF}{22} \end{aligned}$$

donde:

ΔA_{ζ} Cambio Neto de Uso del Suelo

$\Delta \eta$ Cambio neto de la Superficie Promedio por Parche

ΔIF Superficies sin cambio

Cabe señalar que la constante empleada (22) se refiere a la duración, en años, del periodo analizado.

Las tres tasas anteriores constituyen los índices de cambio estimado por año, es decir los indicadores del cambio anual estimado; calculados a partir del cambio neto ocurrido durante octubre de 1970 y marzo de 1993.

La tasa de Cambio neto de uso del suelo es una estimación de la expansión o reducción anual de cada una de las formas de explotación que se presentan en el área en estudio; por lo tanto, reporta la dinámica de aprovechamiento y por ende el agotamiento de los recursos naturales locales.

La tasa de Antropización, aunada a la anterior, son los indicadores que en conjunto permiten prospectar el desarrollo económico de la zona. Toda vez que ésta aporta elementos diagnósticos referentes a la aceleración o receso de las actividades económicas, de forma indirecta permite establecer políticas de desarrollo económico sustentable regional.

A partir de la tasa estimativa de fragmentación, es posible valorar la afectación a que se encuentra sujeta la continuidad ecológica de las comunidades vegetales naturales; adicionalmente, la tasa de antropización es un indicador de la velocidad con que las comunidades antrópicas desplazan a las naturales.

La tasa estimativa del cambio de uso del suelo, es un indicador que permite valorar la dinámica del cambio en composición florística y estructura ecológica; de éste se desprende, adicionalmente, las tendencias que presenta el cambio de cobertura de las distintas regiones de la zona.

VI.5. Aportaciones derivadas de la aplicación del Modelo de Evaluación del cambio de uso del suelo

Los cambios de Uso del Suelo nos indican las comunidades vegetales más amenazadas (impactadas) por las actividades antrópicas. Al conocer la proporción, de la superficie que abarcan las coberturas antrópicas con respecto a la superficie total del área en estudio, podemos evaluar que tan extendidas se encuentran las actividades productivas en ésta; además, nos permite valorar la presión a la que se encuentran sujetas las comunidades naturales en cuanto a su reemplazo por comunidades modeladas por la acción humana.

El modelo de Desarrollo Urbano de Adams (Robinson, 1987) describe el crecimiento de los poblados de forma más o menos concéntrica. En él, las vías de comunicación determinan la distribución de las nuevas construcciones, por lo tanto constituyen los polos del desarrollo urbano.

En cuanto a la distribución de las actividades agropecuarias y forestales, el modelo del Estado Aislado de Von Thünen (Robinson, 1987) las ubica como zonas concéntricas a los núcleos poblacionales. Con la finalidad de generar un modelo capaz de explicar los procesos de antropización que tienen lugar en el área en estudio, se ha optado por conjugar los modelos de Adams y Von Thünen y así presentar un nuevo esquema que describa las correlaciones de la expansión de los núcleos poblacionales y la distribución de las zonas de producción agropecuaria, explotación forestal y comunidades biológicas naturales.

Con lo anterior, de forma general se propone En el modelo en cuestión, la distribución del uso del suelo generalmente se da con las áreas destinadas a la agricultura colindando con los núcleos poblacionales, posteriormente se presenta una zona destinada a las actividades pecuarias, y finalmente la franja más externa es la de explotación forestal; ésta última, presenta algunas “islas” inmersas en la zona agropecuaria.

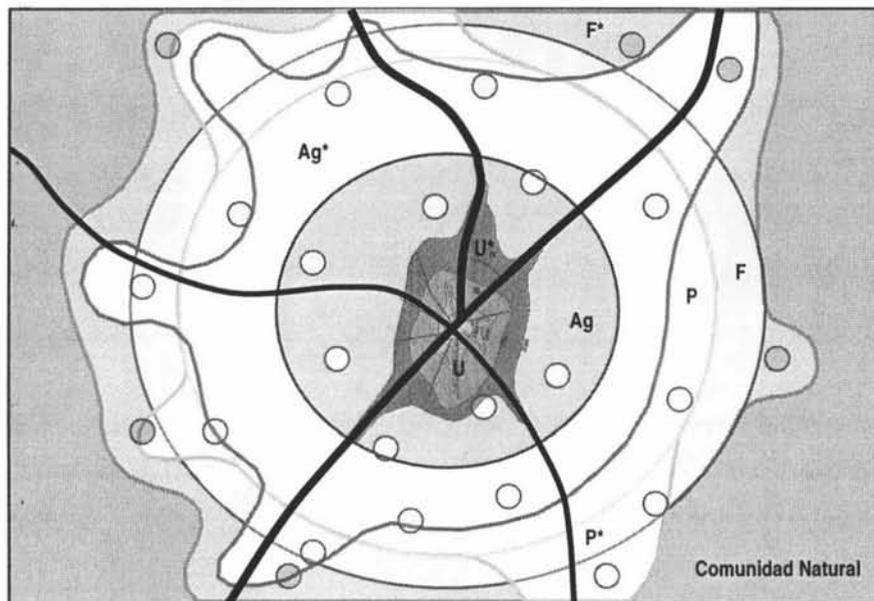


Fig. VI.4. Expansión Urbana y sus Efectos sobre las Zonas de Producción Agropecuaria, Explotación Forestal y Comunidades Naturales. Simbología: Vías de Comunicación (—), Área Urbana (U), Zona Agrícola (Ag), Uso Pecuario (P), Explotación Forestal (F) Expansión (*). Basado en Adams y Von Thünen en Robinson (1987).

Más allá de la franja de uso forestal se localizarían las comunidades naturales (zonas de vida silvestre), las cuales son “absorbidas” por la actividad forestal y la producción agropecuaria, al crecer los núcleos poblacionales (amortiguadoras de la conurbación).

Partiendo de la base de que las actividades agropecuarias y forestales están directamente influenciadas por los procesos de urbanización, es factible suponer que la distribución de éstas dependerá del crecimiento de los núcleos poblacionales. Con la modificación realizada al esquema general de Von Thünen, que permite adecuarlo a las condiciones del México Central, se evidencia que las zonas más o menos concéntricas se tornan irregulares más que por las condiciones orográficas (y en general del medio), por las características del medio social, es decir el grado de desarrollo socioeconómico que caracteriza a la región en estudio.

Una vez sentado que la Cobertura vegetal es modelada por los procesos antrópicos, los cuales a su vez son el reflejo de las condiciones socioeconómicas que caracterizan a las poblaciones circundantes, es posible proponer un modelo que establezca la magnitud del impacto que generan las actividades productivas en base al grado de desarrollo socioeconómico que caracterice a determinada región.

De forma clásica (tradicional) se aborda el cambio de la cobertura del suelo a través del cambio de uso del suelo (geográficamente), es decir como recursos susceptibles de ser explotados. Si se invierte el enfoque, podemos abordar adecuadamente el estudio de las condiciones generales de las comunidades vegetales y por añadidura de los recursos contenidos en éstas. Más aun, los procesos que determinan la renovabilidad de dichos recursos son en gran medida procesos naturales: Ecológicos y Evolutivos; por esta razón es de crucial importancia analizar la dinámica de las comunidades biológicas (naturales) al margen de las derivadas de la acción humana (antrópicas).

Los datos iniciales, reagrupados bajo el esquema general de Procesos de Cambio de la Cubierta del Suelo (Fig. VI.1), permiten mostrar las fuerzas que modelan los distintos escenarios presentes en el Área en Estudio. El presente estudio sienta las bases para poder evaluar de forma más precisa los impactos que están sufriendo las poblaciones biológicas y la degradación a la que está sujeta cada sistema biológico, para lo cual es menester contar con una caracterización biótica lo más completa posible de las comunidades vegetales.

En general, las coberturas arbóreas se asocian a usos forestales, excepción hecha para la vegetación urbana. Por otro lado, las coberturas arbustivo-herbáceas son empleadas para alimentar al ganado, permitiéndole pastar libremente por entre los pastizales y matorrales. No obstante, no en todos los casos presentan uso pecuario (los matorrales edafosucesionales, además de presentar especies vegetales que no son palatables para el ganado, se distribuyen sobre superficies con acceso restringido).

En cuanto a las coberturas Antrópicas Francas, podemos decir que su arreglo y composición florística se deben a la elección humana, por lo que estas comunidades son referidas en términos de la utilidad que se espera de ellas.

Partiendo de la base de que cada tipo de uso del suelo representa determinados procesos de aprovechamiento, los cuales impactan de distintas maneras al medio, es posible deducir que el impacto que se ejerce sobre los elementos naturales está íntimamente ligado con el tipo de actividad o manejo al que se destina determinada zona. Como una primera aproximación, fueron generadas tres categorías de tipos de impacto:

❖ **Impacto Antrópico de Primer Orden**

Caracteriza el aprovechamiento a mediana y pequeña escala de los sistemas naturales, donde el impacto principal es la modificación de la estructura ecológica de la comunidad biológica. La afectación que el uso del suelo infringe a las comunidades naturales es lo suficientemente moderada como para permitir que la autorregulación del sistema la mitigue.

Se presenta en las áreas de vida silvestre, las cuales conservan su cobertura vegetal original, por lo que se le asocia con el uso del suelo FORESTAL.

❖ **Impacto Antrópico de Segundo Orden**

Contempla a las afectaciones que generan condiciones limitantes para el desarrollo de las comunidades originales, favoreciendo la permanencia de determinados elementos vegetales; incluso de comunidades vegetales con diseño humano.

Se presenta en las superficies destinadas a la generación de alimentos, las cuales están sujetas a un manejo constante y por lo general éste incluye la remoción total o parcial de la cubierta vegetal original a cambio del establecimiento de una nueva. Se relaciona con los usos del suelo AGRÍCOLA y PECUARIO.

❖ **Impacto Antrópico de Tercer Orden**

Se refiere a las zonas en las cuales la cubierta vegetal nativa es removida a fin de permitir el establecimiento de obras civiles. La transformación es tal que la comunidad no puede reestablecerse de forma natural; en consecuencia la afectación es drástica, lo que obliga a la implementación de acciones de rehabilitación y/o restauración.

Este tipo de impacto se presenta como resultado de los procesos constructivos, por lo cual se asocia con el uso del suelo URBANO.

Impactos Antrópicos asociados a las Comunidades Vegetales		
En función al Uso del suelo al que están sujetas		
Uso del Suelo	Cobertura vegetal	Tipos de Impacto Antrópico
Sin Manejo	Matorral de <i>Juniperus-Sedum</i>	Sin Impacto Antrópico
	Matorral <i>Crasirrosulifolio</i>	
	Matorral de Escarpes	
Forestal	Bosque de Oyamel	Primer Orden
	Bosque de Oyamel-Pino	
	Bosque de Pino	
	Bosque de Pino-Encino	
	Bosque de Encino	
	Bosque de Encino-Cuajote	
	Bosque de Cuajote	
Pecuario	Matorral de <i>Senecio-Sedum-Baccharis</i>	Segundo Orden
	Matorral de <i>Dodonaea</i>	
	Pastizal	
Agrícola	Cultivo	
	Plantación	
Urbano	Vegetación Urbana	Tercer Orden

Fig. VI.5. Correlación entre las coberturas vegetales, según el uso del suelo al que son destinadas, y el impacto que éstas presentan. (Generado a partir de las relaciones observadas en el área en estudio).

A partir de la simplificación de las fases del desarrollo histórico de las fuerzas productivas y medios de producción (Fig. I.1), agrupando éstas en cuatro sistemas antrópicos, se plantea la correlación que cada uno de los sistemas antrópicos presenta con las actividades productivas que lo caracterizan; por ende, con los impactos que infringen a las comunidades vegetales.

Toda vez que se presenta una primera caracterización de las comunidades vegetales estudiadas (que se presentan en el área en estudio) y que ésta permite considerar a cada comunidad como un sistema ecológico.

El modelo de correlación entre los Impactos Antrópicos y el desarrollo histórico del entorno socioeconómico (Fig. 1.1) permite asociar, a través de la caracterización del medio social, el grado de alteración que cada tipo de Cambio de Uso del Suelo infringe a determinada comunidad vegetal. De entrada, podemos considerar que el presente trabajo aporta elementos diagnósticos con relación a las prioridades de conservación respecto a cada comunidad biológica; si bien es cierto que se requiere mayor información, también lo es que en lo inmediato podrían tomarse medidas tendientes a reducir la degradación de las comunidades vegetales más amenazadas.

Capítulo VII CONCLUSIONES

I. En virtud de que el uso del suelo es el reflejo de los procesos de explotación, la evaluación de su cambio pone en manifiesto la tendencia en el aprovechamiento de los recursos locales. Con respecto a lo anterior, para el periodo estudiado, es posible concluir que:

I.1. La actividad agrícola se redujo, siendo desplazada por la producción pecuaria. No obstante la desaceleración que la explotación agrícola experimentó, las actividades económicas primarias presentaron un ligero crecimiento (193.86 ha).

I.2. Los procesos de sucesión ecológica, en prácticamente toda el área en estudio, se encuentran influidos por las actividades pecuarias en primera instancia, y al aprovechamiento forestal en segundo término.

I.3. Las comunidades vegetales más impactadas por las actividades agropecuarias, que siguen siendo la actividad económica preponderante en la zona, son los Bosques de Encino, de Oyamel-Pino y de Cuajote.

I.4. Los procesos de aprovechamiento agropecuario, a través de la degradación infringida a las comunidades anteriores, han inducido la expansión en superficie de los Bosques de Encino-Cuajote, Pino-Encino y Pino, favoreciendo con ello a la biota asociada.

II. La cubierta vegetal del área en estudio muestra una distribución en pisos altitudinales, los cuales a su vez se relacionan con un gradiente térmico. El desarrollo del suelo también influye en la distribución de la vegetación, determinando la presencia de comunidades sucesionales inmersas en las “franjas” que forman las comunidades arbóreas.

II.1. Como es de esperarse, el Bosque de Encino es la comunidad que aumentó en mayor grado su fragmentación. Por lo tanto, junto con el Bosque de Pino-Encino, Encino-Cuajote y Cuajote, constituyen las comunidades más degradadas y por añadidura las más vulnerables.

II.2. El área en estudio es preferentemente forestal; a pesar del aumento que las superficies antrópicas mostraron, éstas no alcanzan siquiera la quinta parte de la superficie total.

III. El cambio de la densidad de cobertura es un parámetro que permite caracterizar adecuadamente el aprovechamiento forestal. Al aplicar éste en forma conjunta con el esquema de procesos de recambio vegetal se llegó a las siguientes conclusiones:

III.1. Los Bosques de Pino y Pino-Encino son las comunidades vegetales más importantes en cuanto al aprovechamiento forestal maderable. Dicho aprovechamiento puede ser considerado aún dentro de los límites de sustentabilidad; puesto que los procesos de sucesión ecológica secundaria pueden ser localizados en toda la zona, en superficies no muy extensas. Aunado al aprovechamiento maderable, fue posible detectar actividades de explotación no maderable en todas las comunidades arbóreas.

IV. El Modelo de Evaluación del Cambio de uso del suelo permitió delimitar los factores de modelado ambiental antrópicos de los naturales; al deslindar los recambios vegetales propios de la Sucesión Ecológica, permite valorar adecuadamente la influencia humana en los cambios de la cubierta vegetal. Lo anterior nos lleva a concluir que:

IV.1. Las comunidades sucesionales primarias no reportaron manejo, sufriendo cambios ligeros en su superficie debidos a las perturbaciones de las comunidades circundantes. En cuanto a las comunidades secundarias, éstas permitieron detectar el proceso de “translocación” de las unidades de producción agropecuaria al interior de las comunidades arbóreas; es decir un manejo “nómada” de los Bosques.

IV.2. La implementación del Modelo de Evaluación del Cambio de uso del suelos aportó los elementos necesarios para poder caracterizar a grandes rasgos el impacto que la acción antrópica ejerce sobre las comunidades biológicas. Salvo las inmediaciones de los poblados de San Juan Tlacotenco y Santo Domingo Ocotitlán, el área en estudio posee impacto moderado; el de Segundo Orden es el más ampliamente distribuido, caracterizado por la Región de Explotación Agropecuaria, siendo no menos importante el de Primer Orden, típicamente localizado en las laderas con pendientes menores a 45 grados.

REFERENCIAS

Bibliografía

- * Aguilar, S.. 1995. Ecología del Estado de Morelos: un enfoque geográfico. Praxis / IEDM. México.
- * Ávila, V.. 1998. Cartografía geológica y estratigrafía del grupo Chichinautzin, en el área de Tepoztlán, Morelos. Tesis Profesional. FI-UNAM. México. Pp 59.
- * Ayala, R. (Compilador). 1984. Estudio faunístico de abejas (Apoidea) en el Estado de Morelos. Comisión de Biologías de Campo, FC-UNAM. México.
- * Bassols, A. 1991. Recursos Naturales de México. Nuestro Tiempo. México.
- * Bassols, A.. 1978. Formación de Regiones en México. IIE-UNAM. México.
- * Boyas, J. 1992. Determinación de la productividad, composición y estructura de las comunidades arbóreas del Estado de Morelos en base a unidades Ecológicas. Tesis Doctoral. FC-UNAM. México. Pp 269.
- * Bryson, R. y T. Murray. 1985. El clima y la historia: Influencia de los cambios climatológicos en el proceso histórico. Edamex. México.
- * Cedillo, E. 1990. Las plantas útiles del municipio de Tepoztlán, Morelos. Tesis de Maestría. FC-UNAM. México. Pp 425.
- * Contreras, T. y F. Urbina. 1995. Historia Natural del Área de protección de flora y fauna silvestre "Corredor Biológico Chichinautzin". FOMES-SEP / CIB-UAEM. México.
- * Debus, A.. 1985. El hombre y la naturaleza en el renacimiento. FCE / CONACYT. México.
- * Espinosa, J.. 1961. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente localizada en el declive meridional de Sierra de Chichinautzin. Tesis Profesional. FC-UNAM. México. Pp 69.
- * Fries, C. Jr.. 1960. Geología del Estado de Morelos y partes adyacentes de México y Guerrero, región central-meridional de México. Bol. I.Geol.-UNAM No. 60.
- * Fries, C. Jr.. 1956. Bosquejo geológico de la región entre México, D.F. y Acapulco, Guerrero. Congreso Geológico Internacional, XX sesión. Libreto guía de la excursión A-9: 7-50.

- * García, A.. 1980. Agallas producidas por ácaros e insectos en *Quercus* spp. e *Ipomea* sp. en dos zonas del Estado de Morelos. Tesis Profesional. FC-UNAM. México. Pp 82.
- * García, E.. 1967. Modificaciones al Sistema Climático de Köppen. UNAM. México.
- * González, H.. 1998. Estudio geomorfológico de la porción oriental de la sierra Chichinautzin, cuenca de México. Tesis Profesional. FFyL-UNAM. México. Pp 85.
- * González-Medrano, F.. 2003. Las Comunidades Vegetales de México. SEMARNAT / INE. México.
- * González-Medrano, F.. 1996. Algunos aspectos de la evolución de la vegetación de México. Bol. Soc. Bot. México 58 : 129-136.
- * Halffter, G.. 1994. Conservación de la biodiversidad y áreas protegidas en los países tropicales. Ciencias No. 36 : 4-13.
- * Herrera, B.. 1983. Elementos de fotogrametría: uso de materiales fotográficos. UACH. México.
- * Hiroishi, M.. 1974. Estudio de algunos perfiles de suelos derivados de cenizas volcánicas de los volcanes Xitle, Teuhtli, Chichinautzin y Cerro Tres Cumbres. Tesis Profesional. FC-UNAM. México.
- * Huberman, L.. 1990. Los bienes terrenales del hombre: Historia de la riqueza de las naciones. Nuevo Tiempo. México.
- * Hughes, D.. 1975. Ecología de las civilizaciones antiguas. FCE. México.
- * INEGI. 1995. Catálogo de Herbario INEGI, tres tomos. INEGI. México.
- * INEGI. 1991. XI Censo General de población y Vivienda: Resultados definitivos para el Estado de Morelos. INEGI. México.
- * INEGI. 1971. IX Censo General de población y Vivienda: Resultados definitivos para el Estado de Morelos. INEGI. México.
- * López, J. 1997. Importancia y uso de técnicas de fotointerpretación en estudios geográficos. IGg-UNAM. México.
- * Lugo, J.. 1984. Geomorfología del sur de la Cuenca de México en: Serie Varia, T. 1, Núm. 8. IGg-UNAM. México.
- * Lugo, J. y C. Córdova. 1984. Regionalización geomorfológica de la República Mexicana en: Bol. IGg. Núm. 25. IGg-UNAM. México.
- * Márquez, O.. 1986. Contribución al conocimiento de la avifauna en la Sierra del Chichinautzin, Estado de Morelos. Tesis Profesional. FC-UNAM. México. Pp 135.

- * Martín del Pozzo, A.. 1990. Geoquímica y paleomagnetismo de la Sierra Chichinautzin. Tesis Doctoral. FC-UNAM. México. Pp 235.
- * Martín del Pozzo, A.. 1982. Monogenetic vulcanism in Sierra Chichinautzin, México. *Bulletin Vulcanologique*. 45 (1) : 9-24.
- * Martín del Pozzo, A.. 1980. Vulcanología de la Sierra del Chichinautzin. Tesis de Maestría. FC-UNAM. México.
- * Martínez, M.. 1983. Contribución al conocimiento de la flora fanerogámica de Loma Quiahuistepec, Morelos en: II Encuentro estatal sobre recursos naturales. UAEM. México.
- * Martínez-Rodríguez, A.. 2003. Levantamiento de suelos a nivel general del Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos. Tesis Profesional. FC-UNAM. México. Pp 87.
- * Mc Clung, E.. 1984. Ecología y cultura en Mesoamérica. IIA-UNAM. México.
- * Miranda, F.. 1947. Estudios sobre la vegetación de México y rasgos de la vegetación en la cuenca del Río Balsas. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 8 : 95-114.
- * Miranda, F y E. Hernández-Xolocotzin. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Rev. Soc. Bot. Mex.* 28 : 29-179.
- * Mooser, F.. 1963. La cuenca lacustre del Valle de México en: Mesas redondas sobre problemas del Valle de México. IMRNR. México.
- * Mooser, F.. 1975. Historia geológica de la Cuenca de México en: Memoria de la obra del sistema de drenaje profundo. DDF. México.
- * Ortiz, M.. 1991. Desarrollo y medio ambiente: cambios en el uso del suelo por expansión urbana al sur de la zona metropolitana de la ciudad de México. Tesis Profesional. FFyL-UNAM. México. Pp 74.
- * Palacios, J.. 1978. Collembola (Ins: Apter.) asociados a *Tillandsia* (Monoc: Brom.) en el Derrame del Chichinautzin, Morelos. Tesis Profesional. FC-UNAM. México. Pp 170.
- * Pérez, T.. 1976. Distribución de Siphonaptera en el derrame lávico del Chichinautzin, Morelos. Su interpretación ecológica y biogeográfica. Tesis Profesional. FC-UNAM. México.
- * Piñol, M.. 1970. Variación del fenotipo de *Agave horrida* lem. ex jacobi. Tesis Profesional. FC-UNAM. México.
- * Ramírez, D.. 1949. Notas generales sobre la vegetación de la Sierra de Tepoztlan, Morelos. *An. Ins. Biol. UNAM* 20 (1-2) : 189-228.
- * Robinson, A., L. Sale, J. Morrison, y P. Muehrcke. 1987. Elementos de cartografía. Omega. España.

- * Robles, H.. 1977. El marco socioeconómico del municipio de Tepoztlán, estado de Morelos. Tesis Profesional. FFyL-UNAM. México. Pp 84.
- * Romo de Vivar, C. y F. Urbina. 2002. Cantos y llamados de aves del Área de protección de flora y fauna silvestre "Corredor Biológico Chichinautzin" (Formato digital). Proyecto AP013 CONABIO / CIB-UAEM. México.
- * Rzedowski, J.. 1983. Vegetación de México. Limusa. México.
- * Sachs, I.. 1982. Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción. Col.Mex.. México.
- * Sánchez, G.. 1980. La región fundamental de economía campesina en México. CIDER / Nueva Imagen. México.
- * Sec. Gob.. 1988. Enciclopedia de los municipios de México, T. 17 Los municipios de Morelos. Sec. Gob. México.
- * Toledo, V., J. Carabias, C. Mapes y C. Toledo. 1985. Ecología y autosuficiencia alimentaria. S. XXI. México.
- * UAM / UAEM. 1990. Programa Integral de Manejo para el Área de Protección de Flora y Fauna silvestre y Acuática "Corredor Biológico Chichinautzin", Estado de Morelos. UAM / UAEM. México.
- * Vega, A.. 2004. Elaboración de la cartografía de vegetación y uso del suelo del "Corredor Biológico Chichinautzin", Estado de Morelos, utilizando imágenes de satélite ETM+ del año 2000. Tesis Profesional. FFyL-UNAM. México. Pp 87.
- * Velázquez, A., J. Mass y J. Palacio (Responsables). 2002. Análisis del cambio de uso del suelo: Mapas del análisis del cambio de uso del suelo. Informe final del convenio Of. 312.A-00215. INE / IGg-UNAM. México. www.ine.gob.mx
- * Velázquez, A. y F. Romero (Compiladores). 1999. Biodiversidad de la región de montaña del sur de la Cuenca de México: Base para el ordenamiento ecológico. UAM / SMADF. México.
- * Veruette, J.. 1994. Notas sobre fotogrametría y fotointerpretación. FC-UNAM. México.
- * Weber, M.. 1984. Economía y Sociedad. FCE. México.
- * Wittaker, R.. 1980. Classification of plant communities. Dr. W. Junk bv Publishers. Paises Bajos.

Cartografía

- Aguilar, S. y A. García. 1989a. Área de Protección de Flora y Fauna, Corredor Biológico Chichinautzin: Edafología. Escala 1 : 50 000. UAM / UAEM-SEDUE.

- Aguilar, S. y A. García. 1989b. Área de Protección de Flora y Fauna, Corredor Biológico Chichinautzin: Localidades de registro de mamíferos. Escala 1 : 50 000. UAM / UAEM-SEDUE

- INEGI. 1992. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Cuernavaca (E14 A59). Escala 1 : 50 000. INEGI.

- INEGI. 1991. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Milpa Alta (E14 A49). Escala 1 : 50 000. INEGI.

- INEGI. 1989. Carta Geológica Cuernavaca (E14 A59). Escala 1 : 50 000. INEGI.

- INEGI. 1986. Carta Geológica Milpa Alta (E14 A49). Escala 1 : 50 000. INEGI.

- INEGI. 1982. Carta Topográfica Cuernavaca (E14 A59). Escala 1 : 50 000. INEGI.

- INEGI. 1976. Carta Topográfica Milpa Alta (E14 A49). Escala 1 : 50 000. INEGI.

- Rodríguez, R. y E. López. 1977. Carta Geológica del Estado de Morelos. Escala 1 : 100 000. IGg-UNAM.

APÉNDICES

A. Definición de los Tipos y Subtipos de Vegetación (Rzedowski, 1983)

A.1 Bosque tropical caducifolio

Son agrupados dentro de este tipo de vegetación los bosques propios de regiones de clima cálido en los cuales la dominancia recae en especies arborescentes que pierden sus hojas en la época seca del año. Su ritmo fenológico está ligado con el régimen de lluvias, por lo que la fisonomía de estas asociaciones vegetales presenta dos facetas: en época de lluvias se muestra exuberante, mientras que en secas se hace obvio el letargo estacional. La pérdida de las hojas se presenta generalmente en la gran mayoría de sus componentes o incluso en la totalidad, aunque no necesariamente al mismo tiempo. Entre mediados y finales de la época seca la mayor parte de sus componentes florecen; no es común la presencia simultánea de hojas y flores en las plantas propias de estas comunidades.

A nivel estructural se presentan uno o dos estratos arbóreos, de forma independiente a las eminencias, en los cuales el grado de desarrollo es sumamente variable; desde densamente hasta poco desarrollado. El estrato herbáceo, en condiciones de poca perturbación, presenta un desarrollado pobre o nulo, cuando la perturbación es considerable el sotobosque presenta un fuerte desarrollo. Las trepadoras y epífitas generalmente son escasas, solo se les encuentra con cierta abundancia en sitios protegidos, sobre todo en cañadas o en exposiciones favorables. La dominancia se reparte entre pocas especies de árboles, algunas veces puede ser una sola, entre éstas destacan las de las familias Fabaceae y Burseraceae (en especial el género *Bursera* encuentra en la Cuenca del Balsas su área de mayor especiación). Los elementos florísticos más comunes son los de origen neotropical, siendo pobre o nula la presencia de elementos holárticos. Los endemismos, particularmente en la Cuenca del Balsas, son generalmente considerables, principalmente al nivel específico. En estado natural o de escasa perturbación es una comunidad densa cuya altura va de 5 a 15 m, con mayor frecuencia de 8 a 12 m, en general el dosel se observa como un techo de altura uniforme; esto de forma independiente a las eminencias aisladas. En el área de estudio se presenta un tipo de comunidad vegetal: el Cuajitotal.

Se desarrolla entre los 0 y 1900 m de altitud, siendo más frecuente su presencia por debajo de los 1500 m.s.n.m. La temperatura media anual es del orden de 20° a 29° C, pudiendo ser más alta en algunas depresiones interiores que al nivel del mar. Por lo general la temperatura mínima extrema no es menor a 0° C. La precipitación promedio anual es del orden de 300 a 1800 mm (más frecuentemente 600 a 1200 mm anuales) la cual se distribuye en dos estaciones bien marcadas: la de lluvias y la de secas. El número de meses secos consecutivos varía de 5 a 8, lo cual da idea de lo acentuado de la aridez entre diciembre y mayo. De acuerdo con la modificación de García a la clasificación de Köppen (1967), el tipo de clima más común correspondiente a esta formación vegetal es el Aw, aunque también hay algunos sitios con clima BS y Cw.

Su presencia sobre laderas es frecuente puesto que muestra preferencia por los suelos someros y pedregosos. Los suelos en general varían mucho en sus características: la textura del suelo puede ser desde arcillosa hasta arenosa, el pH de ácido a ligeramente alcalino, pueden ser pobres o ricos en materia orgánica y de colores claros u oscuros; rojizos, amarillentos, grisáceos, cafés o negros.

A.2 Bosque de Coníferas y/o Latifoliadas

Las comunidades más representativas de los bosques de coníferas y latifoliadas son los pinares y encinares respectivamente. La similitud de sus exigencias ecológicas hace que los dos tipos de bosque ocupen nichos muy similares, tal razón motivó en no pocos autores fusionar ambas categorías dentro del mismo tipo de vegetación; pese a sus significativas diferencias fisonómicas (Rzedowski, 1978).

Aunque se le puede localizar desde el nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea, el grueso de sus comunidades se distribuye en dos pisos altitudinales: a) Bosque de encino, entre 1200 y 2000 m.s.n.m., b) Bosques de coníferas, de 2000 a 4000 m.s.n.m..

En general, el rango de temperatura media anual se ubica entre 6 y 28° C, siendo comunes en la época fría del año las temperaturas por debajo de 0 °C; sin embargo, la temperatura mínima extrema rara vez es inferior a -12° C. En cuanto a la precipitación promedio anual esta va desde los 350 hasta 2000 mm anuales, distribuidas en un rango de 4 a 11 meses de lluvias apreciables. Lo anterior confirma que prosperan típicamente en condiciones de clima Cw de la clasificación de Köppen, aun cuando no se limitan a éste.

Se desarrolla sobre todo tipo de relieves, desde los terrenos planos hasta laderas con pendientes pronunciadas. Los suelos en que la mayoría de los encinares y pinares mexicanos prosperan poseen similitudes, incluso en los casos en que predominan las calizas (Rzedowski, 1966). Generalmente son suelos de reacción ligeramente ácida (pH entre 5 y 7), principalmente de origen volcánico, cubiertos por hojarasca, bien drenados y con buena retención de humedad; lo mismo someros y rocosos que bien desarrollados y profundos; desde color rojizo hasta de tonalidades oscuras. Con frecuencia se desarrollan en suelos deficientes de varios componentes minerales.

La presencia de relaciones micorrícicas es una característica de las comunidades agrupadas en este tipo de vegetación, las cuales constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de las áreas de clima templado y semihúmedo. Dentro de la zona de estudio podemos localizar los tres subtipos de esta categoría:

A.2.1 Bosque de coníferas

Es posible definir a este subtipo de vegetación como el conjunto de comunidades vegetales en las cuales la dominancia la ejercen una o más especies de coníferas. En México la mayoría de sus comunidades se desarrolla entre los 1500 y 4000 m.s.n.m., no obstante algunos pinares llegan a descender hasta el nivel del mar. En general, su distribución marca un rango de temperatura media anual entre 6 y 28° C, tanto en climas libres de heladas como en los que éstas se presentan en todos los meses del año; sin embargo, la temperatura mínima extrema rara vez es inferior a -12° C. En lo que a la precipitación promedio anual se refiere, ésta va desde los 350 hasta más de 1000 mm anuales, distribuidas en un rango de 5 a 11 meses de lluvias apreciables. Lo anterior los coloca dentro de los climas Cw de la clasificación de Köppen. Se desarrolla sobre todo tipo de relieves, desde los terrenos planos hasta laderas con pendientes pronunciadas. Principalmente se establecen sobre superficies de origen volcánico; lo mismo sobre suelos someros y rocosos que sobre los bien desarrollados y profundos. En general requieren de suelos bien drenados, de reacción moderadamente ácida (pH entre 5 y 7) y con buena retención de humedad. En cuanto al color este es sumamente variado, desde rojizos hasta de tonalidades oscuras, la textura va de arcillosa a migajón arenoso y el contenido de nutrientes desde muy ricos en materia orgánica hasta deficientes en nutrientes minerales.

De forma natural son comunidades cerradas y siempre verdes; salvo los pinares de climas más áridos, que son abiertos. Su altura va de 8 a 40 m, pudiendo alcanzar hasta 50 m. Presentan uno o dos estratos arbóreos bien definidos. En general, el estrato arbustivo posee un desarrollo pobre o nulo, las plantas trepadoras y epífitas vasculares son más bien escasas o se encuentran ausentes y las parásitas o hemiparásitas, de la familia Loranthaceae, son relativamente comunes. Los musgos, líquenes y hongos son prácticamente las únicas epífitas; así mismo, abundan en el estrato rasante. El sotobosque, lo mismo pobremente que bien desarrollado, presenta una amplia gama de condiciones fenológicas; desde la disminución en sus elementos en la época desfavorable hasta la condición de siempre verde.

La mayoría de sus elementos son de origen holártico, siendo considerable el número de elementos autóctonos. Al nivel de especies la gran mayoría de las coníferas de México son taxa cuya distribución geográfica se encuentra restringida al territorio nacional. Por su parte, la micoflora posee una relativa abundancia y riqueza dentro de estos bosques, lo cual se debe al menos en parte, a las relaciones micorrícicas que establecen con las coníferas. Dentro del área en estudio se localizan las siguientes comunidades: i) Bosque de Oyamel, ii) Bosque de Oyamel-Pino / Pino-Oyamel y iii) Bosque de Pino.

A.2.II Bosque Mixto

Son masas forestales en que la presencia de coníferas y latifoliadas establece una codominancia; así pues se presentan una o más especies de coníferas y una o más de latifoliadas como elementos dominantes de estos bosques. Las exigencias ecológicas generalmente caen dentro de los rangos de intersección entre los parámetros abióticos del Bosque de coníferas y los del Bosque de Latifoliadas. Es común que ésta constituya una franja ecotonal entre ambas comunidades; sin embargo, esto no siempre es así, en no pocos casos se trata de una comunidad cuya superficie es considerable y en donde su distribución no marca colindancia con bosques puros de coníferas y/o latifoliadas. Dentro del área en estudio solo se presenta la comunidad vegetal de Bosque de Encino-Pino / Pino-Encino.

A.2.III Bosque de Latifoliadas

Principalmente dominados por angiospermas, el bosque de latifoliadas posee un rango ecológico sumamente amplio. Se le puede encontrar desde el nivel del mar hasta los 3100 m de altitud, sobre diversos substratos geológicos: rocas ígneas, sedimentarias y metamórfica; lo mismo en terrenos de suelo somero, muy rocosos e inclinados, que en terrenos planos con suelo profundo. Sus suelos son abundantes en hojarasca y materia orgánica, por lo menos sobre su superficie, con un pH que oscila alrededor de 6.

Prospera típicamente en condiciones de clima Cw, según la clasificación de Köppen, pero no se limita a estas condiciones; llega a colonizar superficies con clima Cf, Cs, Cx', Af, Am, Aw y Bs. La temperatura media anual va de 10 a 26 °C y la precipitación promedio anual de 350 a 2000 mm, presentando entre 0 y 9 meses secos al año.

En general su altura varía entre los 2 y 30 m, alcanzando ocasionalmente los 50 m. En su mayoría son comunidades de tipo cerrado, en las cuales la abundancia de las epífitas y trepadoras leñosas está íntimamente correlacionada con la distribución de la humedad atmosférica. Presentan de uno a tres estratos arbóreos y entre uno y dos arbustivos. De forma natural, la importancia del sotobosque es baja; sin embargo lo más común es que presente un desarrollo moderado. En estas comunidades las gramíneas no alcanzan la importancia que presentan en los pinares, a pesar de su preponderancia en el estrato herbáceo. En la zona en estudio se presentan dos comunidades de este subtipo de vegetación: Bosque de Encino y Bosque de Encino-Cuajote.

A.3 Matorral Xerófilo

En esta categoría se agrupan las asociaciones vegetales propias de los climas áridos y semiáridos del país, en donde los elementos dominantes son plantas de porte arbustivo. Su altura varía de 15 cm a 4 m, presentándose en ocasiones eminencias de hasta 10 m de alto. No obstante, también agrupa a las comunidades que se desarrollan sobre terrenos carentes de suelo, en zonas templadas; en estos casos la comunidad se establece a causa de un determinismo edáfico, presentando coincidencias fisonómicas con las comunidades de climas áridos. Este último grupo, de matorrales azonales, se encuentra íntimamente ligado a los procesos de Sucesión Ecológica Primaria.

Se presentan desde el nivel del mar hasta los 3000 m.s.n.m., en prácticamente cualquier condición topográfica y substrato geológico; su composición florística, y por ende su fisonomía, está muy ligada al substrato geológico y al tipo de suelo sobre el que se desarrollan. Entre los tipos de suelos desfavorables se encuentran los de drenaje deficiente, los francamente salinos, alcalinos y yesosos. En general el pH varía entre 6 y 8.5 y el contenido de materia orgánica suele ser bajo. Las texturas son muy variadas, siendo los suelos arenosos los más recurrentes. Así mismo es común la formación del caliche (denominación local que se le da a las concreciones de carbonato de calcio en un horizonte más o menos continuo), así como la ausencia casi absoluta de hojarasca en la superficie de los mismos.

Su flora, rica en endemismos, tanto a nivel específico como genérico, se caracteriza por presentar un amplio grado de adaptaciones a la escasez de agua: la presencia de espinas, tomento lanoso, hojas y tallos suculentos y microfilia son características comunes de las plantas propias de esta categoría. La presencia de plantas efímeras es algo común, mientras que los hongos, briofitas, pteridofitas y epífitas se encuentran pobremente representadas. En los casos de las plantas perennifolias, en general presentan hojas compuestas, más o menos rígidas, de folíolos pequeños a muy pequeños. En la zona en estudio se presentan matorrales azonales, todos agrupados en el subtipo vegetal Matorral Sucesional.

A.3.1 Matorral Sucesional

Se presenta sobre derrames lávicos de origen reciente o laderas con fuertes pendientes, en zonas de climas húmedos y semihúmedos. Esta comunidad constituye un ejemplo de vegetación azonal. Su principal característica es la de desarrollarse sobre terrenos con suelos someros o con ausencia de éste. Generalmente se desarrollan sobre "malpaíses"

El sustrato sobre el que se desarrolla, al presentar poca retención de agua, actúa como factor limitante para la vegetación propia del clima regional; por tal razón se presentan comunidades vegetales xerófilas. El matorral neoedafogénico se encuentra asociado íntimamente a la Sucesión Ecológica Primaria. En virtud de que su establecimiento se presenta como resultado del desarrollo de las eminencias arbustivas del pastizal azonal, puede presentar problemas de delimitación con respecto a éste. Las tres comunidades vegetales que se presentan en el área de estudio son: i) Matorral de *Juniperus-Sedum*, ii) Matorral *Crasiosulifolio* y iii) Matorral de Escarpes.

A.4 Pastizal

Este tipo de vegetación se caracteriza por agrupar a las comunidades en que el papel preponderante lo ocupan las gramíneas, los elementos leñosos son escasos o inexistentes y tanto su composición florística como las condiciones ambientales en que se presentan son sumamente diversas, por lo que su fisonomía es igualmente variada.

Al igual que los matorrales xerófilos, sin llegar a igualar a éstos, los pastizales son asociaciones vegetales en las cuales sus componentes presentan cierto grado de resistencia a la sequía. De forma natural, los pastizales se desarrollan en regiones semiáridas de clima generalmente subcálido a templado, sobre terrenos de topografía plana o ligeramente ondulada (rara vez sobre declives pronunciados). Parece preferir, así mismo, suelos derivados de roca volcánica. En todo el territorio nacional existen pastizales de algún tipo, aunque la mayoría de los que se localizan en las zonas de clima húmedo y semihúmedo se correlaciona fuertemente con las actividades antrópicas, las cuales propician su presencia a través de la acción del pastoreo y el fuego. Los pastizales inducidos se localizan preferentemente sobre laderas, en terrenos inclinados, en zonas montañosas. En particular, en el área en estudio, la presencia de los pastizales se debe a condiciones de disturbio antrópico.

A.5 Vegetación Secundaria

Son comunidades que se establecen sobre terrenos con alguna forma de impacto antrópico; generalmente como consecuencia del “descanso” o abandono de campos de cultivo y la reducción o suspensión del pastoreo y ramoneo. A pesar de que prácticamente todas las comunidades vegetales del país poseen alguna forma de manejo, la comunidad secundaria puede ser caracterizada por la dominancia de elementos vegetales que forman parte de alguno de los estratos inferiores de las comunidades circundantes, siempre y cuando las condiciones del medio físico en que prospera la comunidad en cuestión sean iguales a las de las comunidades que le rodean. Restringiendo nuestra descripción al área en estudio, la vegetación secundaria constituye alguna secuencia serial durante la regeneración de los Bosques templados.

A.5.1 Matorral Inerme

Se caracteriza por presentar elementos vegetales con crecimiento arbustivo, carentes de espinas y en general de otras adaptaciones a la xerofilia, los cuales forman parte del estrato arbustivo de los bosques de Coníferas y/o Latifoliadas. Su desarrollo tiene lugar en terrenos previamente desmontados o que han sido afectados fuertemente por la acción del fuego. Así mismo, la presencia de ganado es recurrente.

Por lo general se encuentra constituido por uno o dos estratos arbustivos y uno herbáceo muy bien desarrollado. Su altura oscila entre uno y tres metros. Se trata de una comunidad que si bien debe su establecimiento a factores antrópicos, su desarrollo se encuentra regido por los procesos de Sucesión Ecológica Secundaria. En el área en estudio se observan dos comunidades: i) Matorral de *Senecio-Sedum-Baccharis*, y ii) Matorral de *Dodonaea*.

BASE DE DATOS ANUALES

USO DEL SUELO	COBERTURA VEGETAL	1970			1993		
		Número de Parches (Nº P)	Superficie Total de la Comunidad (Aç)	Porcentaje respecto al Área en Estudio (%)	Número de Parches (Nº P)	Superficie Total de la Comunidad (Aç)	Porcentaje respecto al Área en Estudio (%)
Forestal	Bosque de Oyamel	27	330.51	1.62	32	346.21	1.70
	Bosque de Oyamel-Pino	71	1,101.28	5.40	69	750.79	3.68
	Bosque de Pino	194	5,762.91	28.25	218	6,054.13	29.68
	Bosque de Pino-Encino	71	3,398.63	16.66	101	3,744.30	18.35
	Bosque de Encino	70	3,079.91	15.10	96	2,392.98	11.73
	Bosque de Encino-Cuajote	27	1,100.31	5.39	46	1,486.80	7.29
	Bosque de Cuajote	27	927.73	4.55	29	686.20	3.36
		487	15,701.28	76.97	591	15,461.41	75.79
Pecuario	Matorral de <i>Senecio-Sedum-Baccharis</i>	31	196.14	0.96	35	422.98	2.07
	Matorral de <i>Dodonaea</i>	27	212.47	1.04	21	190.53	0.93
	Pastizal	246	1,631.56	8.00	277	1,820.29	8.92
		304	2,040.17	10.00	333	2,433.80	11.93
Agrícola	Cultivo o Plantación	207	1,662.88	8.15	144	1,463.11	7.17
		207	1,662.88	8.15	144	1,463.11	7.17
Urbano	Asentamiento Humano	2	66.33	0.33	2	91.10	0.45
		2	66.33	0.33	2	91.10	0.45
Sin Manejo	Matorral de <i>Juniperus-Sedum</i>	40	406.03	1.99	52	414.29	2.03
	Matorral <i>Crasirosulifolio</i>	1	191.53	0.94	1	201.52	0.99
	Matorral de Escarpes	61	331.78	1.62	62	334.77	1.64
		102	929.34	4.55	115	950.58	4.66
TOTAL		1102	20,400.00	100.00	1185	20,400.00	100.00

BASE DE DATOS DE PROCESOS

Cobertura		No. Poligonos	Superficie		Sin Cambio	Modificadas	Transformadas	Superficies (Ha)		Degradadas	Recambio	Recuperadas
1970	1993		m2	Ha				Incremento en densidad	Decremento en densidad			
BO/a	BO/a	3	79,375.00	7.94	7.94							
BO/a	BO/b	5	203,350.00	20.34		20.34		20.34				
BO/a	BO/c	3	53,290.00	5.33		5.33		5.33				
BO/a	BO/P/a	1	59,762.48	5.98			5.98				5.98	
BO/a	BP/a	1	6,425.00	0.64			0.64				0.64	
BO/a	MJS	4	50,425.00	5.04			5.04			5.04		
BO/a	Pz	1	75.00	0.01			0.01			0.01		
Bosque de Oyamel abierto		18	452,662.49	45.27	7.94	25.66	11.67	25.66	0.00	5.05	6.62	0.00
						45.27		25.66			11.67	
BO/a	BO/a	5	183,862.50	18.39		18.39			18.39			
BO/a	BO/b	10	632,387.50	63.24	63.24							
BO/a	BO/c	6	213,925.00	21.39		21.39		21.39				
BO/a	BO/P/a	1	1,950.00	0.20			0.20				0.20	
BO/a	BO/P/b	5	35,175.00	3.52			3.52				3.52	
BO/a	BO/P/c	1	2,525.00	0.25			0.25				0.25	
BO/a	MJS	14	97,812.50	9.78			9.78				9.78	
BO/a	Pz	1	87.50	0.01			0.01			0.01		
Bosque de Oyamel semicerrado		43	1,167,725.00	116.77	63.24	39.78	13.76	21.39	18.39	0.01	13.75	0.00
						116.77		39.78			13.76	
BO/c	BO/a	11	194,675.00	19.47		19.47			19.47			
BO/c	BO/b	10	305,150.00	30.52		30.52			30.52			
BO/c	BO/c	7	421,600.00	42.16	42.16							
BO/c	BO/P/a	6	67,200.00	6.72			6.72				6.72	
BO/c	BO/P/b	13	522,025.00	52.20			52.20				52.20	
BO/c	BO/P/c	3	22,662.50	2.27			2.27				2.27	
BO/c	BP/a	4	56,050.00	5.61			5.61				5.61	
BO/c	BP/b	10	31,450.00	3.15			3.15				3.15	
BO/c	BP/c	2	9,975.00	1.00			1.00				1.00	
BO/c	MJS	10	57,037.50	5.70			5.70				5.70	
BO/c	Pz	3	2,887.50	0.29			0.29			0.29		
Bosque de Oyamel cerrado		79	1,692,712.50	169.27	42.16	49.98	77.13	0.00	49.98	0.29	76.84	0.00
						169.27		49.98			77.13	
Bosque de Oyamel (F)		140	3,313,099.99	331.31	113.34	115.42	102.55	47.05	68.37	5.35	97.20	0.00
						331.31		115.42			102.55	
BO/P/a	BO/a	1	75.00	0.01			0.01				0.01	
BO/P/a	BO/b	4	33,350.00	3.34			3.34				3.34	
BO/P/a	BO/c	4	68,362.50	6.84			6.84				6.84	
BO/P/a	BO/P/a	9	184,750.00	18.48	18.48							
BO/P/a	BO/P/b	26	280,625.00	28.06		28.06		28.06				
BO/P/a	BO/P/c	11	137,437.50	13.74		13.74		13.74				
BO/P/a	BP/a	12	272,187.50	27.22			27.22				27.22	
BO/P/a	BP/b	10	302,037.50	30.20			30.20				30.20	
BO/P/a	BP/c	1	225.00	0.02			0.02				0.02	
BO/P/a	MJS	10	79,525.00	7.95			7.95				7.95	
BO/P/a	MSSB	4	350,537.50	35.05			35.05			35.05		
BO/P/a	Pz	11	82,125.00	8.21			8.21			8.21		
Bosque de Oyamel-Pino abierto		103	1,791,237.50	179.12	18.48	41.81	118.84	41.81	0.00	43.27	75.56	0.00
						179.12		41.81			118.84	
BO/P/a	BO/a	3	24,012.50	2.40			2.40				2.40	
BO/P/a	BO/b	6	139,950.00	14.00			14.00				14.00	
BO/P/a	BO/c	8	177,550.00	17.76			17.76				17.76	
BO/P/a	BO/P/a	12	346,487.50	34.65		34.65		34.65				
BO/P/a	BO/P/b	43	1,010,987.50	101.10	101.10							
BO/P/a	BO/P/c	15	344,500.00	34.45		34.45		34.45				
BO/P/a	BP/a	35	512,287.50	51.23			51.23				51.23	
BO/P/a	BP/b	30	1,307,574.98	130.76			130.76				130.76	
BO/P/a	BP/c	7	195,425.02	19.54			19.54				19.54	
BO/P/a	MJS	22	138,662.50	13.87			13.87				13.87	
BO/P/a	MSSB	12	354,700.00	35.47			35.47			35.47		
BO/P/a	Pz	25	53,562.50	5.36			5.36			5.36		
BO/P/a	Aq	6	13,712.50	1.37			1.37			1.37		
Bosque de Oyamel-Pino semicerrado		224	4,619,412.51	461.94	101.10	69.10	291.74	34.45	34.65	42.20	249.55	0.00
						461.94		69.10			291.74	
BO/P/c	BO/a	1	75.00	0.01			0.01				0.01	
BO/P/c	BO/b	3	90,950.00	9.10			9.10				9.10	
BO/P/c	BO/c	8	408,312.50	40.83			40.83				40.83	
BO/P/c	BO/P/a	20	209,600.00	20.96		20.96		20.96				
BO/P/c	BO/P/b	35	1,160,962.50	116.10		116.10		116.10				
BO/P/c	BO/P/c	14	986,100.02	98.61	98.61							
BO/P/c	BP/a	8	76,300.00	7.63			7.63				7.63	
BO/P/c	BP/b	39	1,141,637.50	114.16			114.16				114.16	
BO/P/c	BP/c	6	380,837.50	38.06			38.06				38.06	
BO/P/c	MJS	14	15,312.50	1.53			1.53				1.53	
BO/P/c	MSSB	6	77,337.50	7.73			7.73			7.73		
BO/P/c	Pz	29	56,225.00	5.62			5.62			5.62		
Bosque de Oyamel-Pino cerrado		183	4,603,650.02	460.37	98.61	137.06	224.70	0.00	137.06	13.36	211.34	0.00
						460.37		137.06			224.70	
Bosque de Oyamel-Pino (F)		510	11,014,300.03	1,101.43	218.18	247.96	635.29	76.26	171.71	98.82	536.47	0.00
						1,101.43		247.96			635.29	
BP/a	BO/c	4	1,362.50	0.14			0.14				0.14	
BP/a	BO/P/a	5	162,987.50	16.30			16.30				16.30	
BP/a	BO/P/b	26	414,762.50	41.48			41.48				41.48	
BP/a	BO/P/c	14	76,612.50	7.66			7.66				7.66	
BP/a	BP/a	124	7,370,800.00	737.08	737.08							
BP/a	BP/b	189	7,553,062.52	755.31		755.31		755.31				
BP/a	BP/c	41	508,349.99	50.83		50.83		50.83				
BP/a	BPQ/a	9	160,500.00	16.05			16.05				16.05	
BP/a	BPQ/b	10	281,750.00	28.18			28.18				28.18	
BP/a	BPQ/c	2	250.00	0.03			0.03				0.03	
BP/a	BQ-BTC/a	2	59,362.50	5.94			5.94				5.94	
BP/a	BQ-BTC/b	1	715.50	0.07			0.07				0.07	
BP/a	MJS	27	624,850.00	62.49			62.49				62.49	
BP/a	MEs	1	75.00	0.01			0.01				0.01	
BP/a	MSSB	26	601,962.50	60.20			60.20			60.20		
BP/a	MD	2	162.50	0.02			0.02			0.02		
BP/a	Pz	212	1,743,850.02	174.39			174.39			174.39		
BP/a	Aq	21	210,937.50	21.09			21.09			21.09		
Bosque de Pino abierto		716	19,797,350.03	1,979.74	737.08	806.14	436.51	806.14	0.00	255.69	180.82	0.00
						1,979.74		806.14			436.51	
BP/b	BO/c	7	38,337.50	3.83			3.83				3.83	
BP/b	BO/P/a	22	59,037.50	5.90			5.90				5.90	
BP/b	BO/P/b	10	84,062.50	8.41			8.41				8.41	
BP/b	BP/a	186	5,488,112.51	548.81		548.81		548.81				
BP/b	BP/b	162	17,400,700.05	1,740.07	1,740.07							
BP/b	BP/c	37	1,253,012.49	125.30		125.30		125.30				
BP/b	BPQ/a											

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

Capítulo I

- Figura I.1** Impactos Antrópicos sobre un Sistema Ambiental. 4

Capítulo II

- Figura II.1** Sistema de clasificación de la cubierta vegetal de la zona norte del municipio de Tepoztlán, Estado de Morelos. 19

Capítulo III

- Figura III.1** Localización del Área en Estudio. 31
- Figura III.2** Distribución de las Unidades de Relieve del Área en Estudio. 34
- Figura III.3** Secuencia estratigráfica de los sustratos geológicos del área en estudio. 38

Capítulo IV

- Figura IV.1** Diagrama de flujo que esquematiza el proceso de elaboración de la cartografía. 53
- Figura IV.2** Diagrama de flujo que esquematiza el proceso de análisis cartográfico. 56

Capítulo V

- Figura V.1** Mapa de Cambio de Uso del Suelo para el periodo Octubre de 1970 – Marzo de 1993. 59
- Cuadro V.1** Evaluación del cambio de Uso del Suelo a través de la comparación de la superficie ocupada por cada tipo de Uso del suelo en 1993 respecto a la que presentaba en 1970. 60
- Cuadro V.2** Comparación de las superficies de cada comunidad vegetal en 1970, 1993 y el cambio sufrido entre ambas fechas. 62
- Figura V.2** Mapa de Recambio Vegetacional para el periodo Octubre de 1970 – Marzo de 1993. 63
- Figura V.3** Determinismos ecológicos y su relación con la distribución de la cubierta vegetal. 65
- Cuadro V.3** Comparación de los cambios en el Número de Parches e Índice de Fragmentación de cada una de las comunidad vegetal en 1970, 1993 y el cambio sufrido entre ambas fechas. 67

Capítulo VI

Figura VI.1 Procesos de Cambio de la Cubierta del suelo.	73
Figura VI.2 Regionalización del Área en Estudio en base a los Procesos de Manejo y Aprovechamiento.	77
Cuadro VI.1 Comparación entre los Índices de Fragmentación por comunidad con respecto a los Índices por subsistema, así como el cambio que sufrieron éstos entre 1970 y 1993.	79
Cuadro VI. 2 Evaluación del cambio de Uso del suelo en términos de los procesos de recambio vegetacional.	82
Figura VI.3 Regionalización del Área en Estudio con base en los Procesos de Modelado Ambiental.	86
Figura VI.4 Expansión Urbana y sus Efectos sobre las Zonas de Producción Agropecuaria, Explotación Forestal y Comunidades Naturales.	90
Figura VI.5 Correlación entre las coberturas vegetales, según el uso del suelo al que son destinadas, y el impacto que éstas presentan.	94