

00345
9



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS

“LA VEGETACION DE SIERRA MONTEFLOR
(VALLE DE CUICATLAN, OAXACA)”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGIA VEGETAL)
P R E S E N T A :
CARLOS ALBERTO RUIZ JIMENEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LOPEZ GARCIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Autorizo a la Interacción General de Bibliotecas de la UNAM a depositar en formato digital todo o parte del contenido de mi trabajo académico.

NOMBRE: CARLOS ALBERTO RUIZ

J. M. 2002

FECHA: 3 de Noviembre del 2003

FIRMA: Ruiz Alberto Ruiz A.

Este trabajo de tesis lo dedico especialmente a:

A mis padres:

María Guadalupe y José Guadalupe por su apoyo incondicional en todo momento.

A mis sobrinos:

Fernanda, Paola, Marco y Eduardo.

A Dios y a la Vida:

Por esta nueva oportunidad para seguir intentando cumplir mis metas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A G R A D E C I M I E N T O S

Al Dr. José López García por haber dirigido la presente investigación hasta su finalización.

A los integrantes de mi comité tutorial: Dr. Oswaldo Téllez Valdés y Dr. Valentino Sorani Dalbon, quienes estuvieron involucrados en el desarrollo de esta investigación e hicieron valiosos comentarios y sugerencias para enriquecer este trabajo.

A las sinodales: M. en C. Nelly Diego Pérez y Lilia de Lourdes Manzo Delgado por sus acertadas observaciones y sugerencias para mejorar la estructura de este trabajo.

A la Dirección General de Estudios de Posgrado (DGEP-UNAM) por haberme otorgado la beca para realizar mis estudios y gracias a la cuál fue posible en gran medida el financiamiento de las salidas al campo.

A Rafael Hernández (en aquel tiempo Director de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán) por apoyarme con la mayoría de los traslados desde la ciudad de Tehuacán hasta la Sierra Monteflor.

A mis colaboradores de campo: Adriana, Bety, Cinthia, Liliana, Norma, Toño y Javier, quienes me auxiliaron gentilmente en las diferentes salidas al campo y por que compartimos gratos momentos en las salidas a pesar de lo duro del trabajo.

A los distinguidos especialistas que brindaron su ayuda para la determinación de parte del material colectado: M. en C. Susana Valencia (Fagaceae), M. en C. Rosa María Fonseca (Pinaceae), M. en C. Nelly Diego (Cyperaceae), Dr. Miguel Angel Soto (Orchidaceae), Biól. Ramiro Cruz (Leguminosae y otras familias) y al Biól. Othón Alcántara (Theaceae y otras familias).

Al Dr. Jorge López Blanco por haber sido mi profesor en el Posgrado y por su asesoría en diversos aspectos relacionados con los Sistemas de Información Geográfica y la interpretación geomorfológica.

Al Dr. José Luis Villaseñor por la revisión y las correcciones hechas a la lista florística.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME) donde se desarrolló la determinación del material botánico colectado en campo.

A mis amigas que me han apoyado incondicionalmente y han estado en las buenas y en las peores junto a mí: Bety, Adriana y Liliana.

A los compañeros y amigos de los cubículos en los que se desarrolló parte de este trabajo: Erika, Yolanda y Mario (Geografía); Raúl y Othón (Facultad de Ciencias).

A la UNAM, especialmente a la Facultad de Ciencias por haberme dado la oportunidad de continuar con mis estudios y desarrollo profesional.

A todas las personas que se vieron involucradas y me apoyaron en la fase final de esta tesis.

A todos ellos y a las demás personas que haya omitido involuntariamente y que contribuyeron de alguna forma para la realización de este trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

Se describen los tipos de vegetación presentes en la Sierra Monteflor (Oaxaca) con base en su composición florística, características fisonómicas y estructurales. Se genera un mapa digital mostrando su distribución. El análisis de percepción remota basado en la interpretación de fotografías aéreas (1995, escala 1:75000) y el análisis, procesamiento e interpretación de la imagen de satélite Landsat TM (1992) se realizó en los Sistemas de Información Geográfica ILWIS 2.1 y ArcView 3.2. Los sitios de muestreo de la vegetación y diversos puntos identificados en campo se utilizaron como los sitios de entrenamiento para la clasificación supervisada de la imagen de satélite, en la que se obtuvo un 90.85% de confiabilidad. Se realizó un mapa geomorfológico generado a partir de la fotointerpretación y se utilizó para categorizar y describir la vegetación de la zona. Se describe la composición florística general y la estructura del estrato arbóreo de los principales tipos de vegetación de la sierra. Los parámetros estructurales se obtuvieron mediante 64 muestreos de vegetación sin área (cuadrantes centrados), en zonas con vegetación conservada y representativa de las principales comunidades vegetales de la sierra: selva baja caducifolia (5), encinares (8), bosques de encino-pino (29), bosque de pino-encino (19) y bosque mesófilo de montaña (3). Se incluye la lista florística con 302 especies contenidas en 181 géneros y 88 familias. Este trabajo generó bases de datos que constituyen la parte fundamental del sistema de información geográfica de la zona. Se puede concluir que el método empleado que se basa en la fotointerpretación e intensa verificación de campo permite obtener una clasificación supervisada de la imagen de satélite con altos porcentajes de confiabilidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	2
2. ANTECEDENTES.....	4
2.1 LA RESERVA DE LA BIOSFERA TEHUACÁN-CUICATLÁN.....	4
2.2 PERCEPCIÓN REMOTA.....	5
2.2.1 Definición.....	5
2.2.2 Historia.....	5
2.2.3 Elementos del sistema de percepción remota.....	7
2.3 INTERPRETACIÓN FOTOGRÁFICA.....	7
2.4 INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES.....	8
2.5 DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN.....	10
2.5.1 Estructura de la comunidad.....	10
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	12
3.1 LOCALIZACIÓN Y LÍMITES.....	12
3.2 VÍA DE ACCESO.....	13
3.3 FISIOGRAFÍA.....	13
3.4 GEOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA.....	13
3.5 CLIMA.....	14
3.6 HIDROLOGÍA.....	15
3.7 VEGETACIÓN.....	15
4. MÉTODO.....	21
4.1 TRABAJO DE GABINETE.....	21
4.2 DELIMITACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	21
4.3 FOTOINTERPRETACIÓN.....	21
4.4 RESTITUCIÓN.....	25
4.5 CAPTURA Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	25
4.5.1 Información Vectorial.....	25
4.5.2 Información Raster.....	26
4.6 TRABAJO DE CAMPO.....	28
4.6.1 Muestréos de Vegetación.....	28
4.6.2 Aspectos Florísticos.....	29
4.6.3 Verificación de la Fotointerpretación y Clasificación.....	29
4.7 ANÁLISIS DE DATOS DE CAMPO.....	30
4.8 CARTOGRAFÍA FINAL.....	32
5. RESULTADOS.....	33
5.1 FOTOINTERPRETACIÓN.....	33
5.1.1 Tipos de vegetación.....	33
5.1.2 Geomorfología.....	33

5.2 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG).....	35
5.2.1 Mapa de pendientes.....	36
5.2.3 Mapa de orientación de laderas.....	36
5.2.4 Imagen de satélite.....	37
5.3 ANÁLISIS SINECOLÓGICO.....	40
5.4 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA.....	53
5.5 TIPOS DE VEGETACIÓN.....	55
5.5.1 Bosque tropical caducifolio.....	56
5.5.2 Bosque espinoso.....	56
5.5.3 Bosque de <i>Quercus</i> (encinares).....	56
5.5.4 Bosque de <i>Quercus-Pinus</i>	58
5.5.5 Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	60
5.5.6 Bosque mesófilo de montaña.....	61
5.5.7 Vegetación riparia.....	62
5.5.8 Zonas agrícolas.....	62
5.6 CARTOGRAFÍA DE LA VEGETACIÓN.....	63
6. DISCUSIÓN.....	64
7. CONCLUSIONES.....	69
8. LITERATURA CITADA.....	70
APÉNDICE 1 Descripción de las unidades geomorfológicos estructurales.....	74
APÉNDICE 2 Características estructurales y ambientales de los sitios de muestreo	83
APÉNDICE 3 Valores de importancia relativos por sitio de muestreo y tipo de vegetación.....	87
APÉNDICE 4 Lista florística de la Sierra Monteflor.....	96

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CUADROS

1 Características de la imagen de satélite empleada.....	27
2 Resumen de características físicas de las geoformas.....	34
3 Descripción del mapa de pendientes para la Sierra Monteflor.....	36
4 Orientación de laderas para la Sierra Monteflor.....	36
5 Matriz de componentes principales.....	37
6 Matriz de error de la clasificación supervisada.....	39
7 Evaluación de la clasificación supervisada.....	40
8 Características generales de los sitios muestreados.....	48
9 Resumen de los parámetros estructurales de los bosques tropicales caducifolios de la Sierra Monteflor.....	49
10 Resumen de los parámetros estructurales de los bosques de <i>Quercus</i> de la Sierra Monteflor.....	50
11 Resumen de los parámetros estructurales de los bosques de <i>Quercus-Pinus</i> de la Sierra Monteflor.....	51
12 Resumen de los parámetros estructurales de los bosques de <i>Pinus-Quercus</i> de la Sierra Monteflor.....	52
13 Resumen de los parámetros estructurales del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Monteflor.....	53
14 Composición florística de la Sierra Monteflor, Oaxaca, México.	53
15 Distribución de las especies en las diferentes familias.....	54
16 Tipos de vegetación de la Sierra Monteflor.	63

FIGURAS

1 Localización del área en estudio (Sierra Monteflor, Cuicatlán, Oaxaca).....	16
2 Mapa hipsométrico de la Sierra Monteflor.....	17
3 Mapa geológico de la Sierra Monteflor.....	18
4 Mapa de climas de la Sierra Monteflor.....	19
5 Mapa de uso de suelo y vegetación de la Sierra Monteflor (INEGI, 1985).....	20
6 Diagrama de flujo	22
7 Método de muestreo de cuadrantes centrados.....	29
8 Mapa geomorfológico de la Sierra Monteflor.....	41
9 Modelo digital del terreno de la Sierra Monteflor y sitios de muestreo.....	42
10 Mapa de pendientes de la Sierra Monteflor.....	43
11 Mapa de orientación de laderas de la Sierra Monteflor.....	44
12 Compuesto en color (RGB 321) de la Sierra Monteflor.....	45
13 Compuesto en color (RGB 432) de la Sierra Monteflor.....	46
14 Mapa final de uso de suelo y vegetación de la Sierra Monteflor.....	47
15 Densidad y área basal por tipo de vegetación.....	48
16 Número de especies muestreadas por tipo de vegetación.....	49

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

México posee entre el 8 y el 12% del total de las especies del planeta, debido a esta biodiversidad el país es considerado como uno de los siete primeros a nivel mundial en cuanto megadiversidad, es decir, la "diversidad biológica a gran escala y dentro de un ámbito geopolítico" (Mittermeier, 1988; Mittermeier y Mittermeier, 1992).

En las últimas décadas en el territorio nacional se ha incrementado el ritmo de destrucción de los ecosistemas debido principalmente al uso irracional de los recursos, producto de problemas de tipo económico, político y social; que como consecuencia provocan no sólo la pérdida de la biodiversidad, sino también el incremento de la probabilidad de ocurrencia de serios desequilibrios ecológicos (Rzedowski, 1978; Flores y Gerez, 1994).

Las opciones para resolver la problemática ambiental no son sencillas, pero si comprenden un amplio rango de posibilidades, entre las cuales sobresale el papel de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) dentro de una política global de conservación (IUCN-WWF-PNUMA, 1980; SEDUE, 1989).

En México, como un intento de adoptar una política de conservación se creó en 1982 dentro de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), con el objetivo de establecer, administrar, desarrollar y proteger las áreas de conservación. Un ANP se establece con el fin de preservar ambientes naturales representativos de las diferentes regiones biogeográficas y ecológicas, salvaguardar la diversidad genética de las especies silvestres, asegurar la preservación y el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad del territorio nacional, y preservar las especies que están en los diferentes estatus de vulnerabilidad, es decir, especies en peligro de extinción, amenazadas, endémicas y raras (SEMARNAP, 1997; Soulé y Simberloff, 1986).

Desde su creación hasta la fecha el SINAP ha cumplido de manera limitada con los objetivos para los que fue fundada, principalmente debido a la falta de presupuesto, información precisa, programas de manejo, así como a complicaciones burocráticas; por ejemplo: el proceso para la creación de un ANP es un procedimiento lento que puede demorar varios años (aún sin tomar en cuenta el tiempo que se ocupa para realizar los inventarios florísticos y faunísticos, en la recopilación de la información del medio físico y social del área); todos estos problemas aunados al ritmo acelerado de destrucción de los ecosistemas en el país se traducen en el deterioro de las ANP y de las áreas propuestas para conservación.

En este contexto, es primordial realizar diagnósticos del estado actual de los recursos naturales de manera rápida y confiable en las ANP y principalmente en zonas identificadas como áreas prioritarias para la conservación.

PAGINACIÓN DISCONTINUA

En los últimos años ha ocurrido un cambio muy importante en la Ecología y en gran parte de la Biología de la Conservación debido a la disponibilidad de tecnologías que han permitido el análisis espacial de información biológica, el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la Percepción Remota (PR) o Teledetección han abierto nuevos caminos para realizar estudios biogeográficos, autoecológicos y ecosistémicos que permiten un mejor entendimiento de la relación espacial entre los organismos o sus poblaciones con los diferentes componentes ambientales (Sarukhán, 1992).

El desarrollo acelerado de las tecnologías de la PR y los SIG ha sido posible gracias al avance simultáneo de la tecnología espacial y las ciencias de la computación, dando como consecuencia que las aplicaciones de la percepción remota se popularicen y su uso se extienda a diversas áreas de estudio, creando métodos para el estudio de los recursos naturales, estudios del medio ambiente, desarrollo urbano y estudios climáticos, entre otros (Lira, 1987).

La PR es una herramienta muy valiosa que ha tenido una amplia aplicación en el campo de la cartografía y la planeación de los recursos naturales, logrando que a través de su aplicación se reduzcan considerablemente los costos en relación a otros métodos (Herrera, 1983). La precisión final que se obtiene a través de estas técnicas ha alcanzado un alto grado de confiabilidad que las hace compararse con otras técnicas y métodos de observación directa.

El 18 de septiembre de 1998 en el Diario Oficial de la Federación se publicó el decreto en el que se declara como ANP con carácter de Reserva de la Biósfera la región de Tehuacán-Cuicatlán (RBTC), debido a su importancia florística, faunística y cultural a nivel nacional e internacional. En la subregión Cuicatlán en el estado de Oaxaca se localiza la Sierra Monteflor (SM), que es una de las cinco zonas más importantes de la región de Tehuacán-Cuicatlán, área que ha sido escasamente estudiada, y que presenta una compleja topografía y un intervalo altitudinal muy amplio (desde los 800 a los 3150 m s.n.m.) en donde se concentra una gran variedad de hábitats y ambientes propicios como refugios de flora y fauna.

Por lo anteriormente expuesto, se plantearon los siguientes objetivos:

1.1 OBJETIVO GENERAL

Describir los principales tipos de vegetación de la Sierra Monteflor dentro de la Reserva de la Biosfera Tehuacán - Cuicatlán y realizar su representación cartográfica (mapa temático de vegetación), utilizando técnicas de percepción remota (imagen de satélite Landsat TM y fotografías aéreas).

1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

1.- Identificar los diferentes tipos de vegetación a partir del análisis (manejo e interpretación) de la imagen de satélite (Landsat TM) y la interpretación de fotografías aéreas.

-
- 2.- Describir los principales tipos de vegetación con base en criterios fisonómicos, florísticos y estructurales.**
 - 3.- Obtener algunos parámetros ecológicos (estructurales) de los principales tipos de vegetación mediante muestreos.**
 - 4.- Elaborar el mapa actual de la vegetación.**

2. ANTECEDENTES

2.1 LA RESERVA DE LA BIÓSFERA TEHUACÁN-CUICATLÁN (RBTC)

La RBTC comprende un área de aproximadamente 490,186 ha pertenecientes a 20 municipios ubicados al sureste del estado de Puebla (Valle de Tehuacán) y 31 municipios al noroeste del estado de Oaxaca (Valle de Cuicatlán), fue decretada como área natural protegida el 18 de septiembre de 1998.

La reserva es un área de gran importancia florística, faunística y cultural a nivel nacional e internacional, su riqueza florística se caracteriza por presentar aproximadamente 2800 especies vegetales, de las cuales aproximadamente el 30% son especies endémicas, además se presentan especies raras, amenazadas, en peligro de extinción, o bajo protección especial (principalmente de la familia Cactaceae); dicha constitución de la diversidad vegetal en una zona semiárida es el resultado del desarrollo de la vegetación en un estado de aislamiento e influencia de cambios climáticos (SEMARNAP, 1997).

Dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán y las zonas montañosas que lo delimitan se pueden identificar diversos ecosistemas y ambientes, a nivel general se presentan los siguientes tipos de vegetación (SEMARNAP, 1997):

- a) Selva baja caducifolia (SBC) ocupa un 37% de la superficie de la reserva,
- b) Matorral xerófilo (MX) con un 29.5%,
- c) Bosques templados de pino, encino y sus combinaciones (BP, BQ, BPQ y BQP) con una superficie del 19.74%,
- d) Bosque mesófilo de montaña (BMM) con un 1.28%.

Los trabajos realizados en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán iniciaron a fines del siglo XIX y fueron básicamente de índole florístico, en el siglo XX los trabajos fueron de tipo florístico, florístico-ecológico y de vegetación.

Entre los principales estudios florísticos se encuentran los realizados por Bravo (1930, 1931, 1978, 1991a, 1991b), Martínez (1948), Villaseñor (1982), Dávila (1983) y Dávila *et al.* (1993).

El proyecto de investigación florístico más importante dentro del Valle de Tehuacán-Cuicatlán inició en 1979 y lo continúa realizando el Instituto de Biología de la UNAM, bajo la dirección de diversos investigadores. Como resultado del proyecto, en el año de 1993 se tenía una lista florística de 2703 especies de plantas vasculares distribuidas en 922 géneros y 189 familias, y 18,000 números de colecta (Dávila *et al.*,

1993). Hasta fines de 1996 se contaba con 2800 especies, número que equivale aproximadamente al 1% de la flora mundial.

Existen diversos estudios ecológicos realizados en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Los estudios que tratan aspectos de la vegetación son escasos y entre éstos destacan el de Zavala (1982) en el Valle semiárido de Zapotitlán, Puebla, en el que se realiza una clasificación numérica de la vegetación, el de Jaramillo y González (1983) que realizaron un análisis multivariado de ordenación y clasificación de la vegetación arbórea en la provincia florística de Tehuacán-Cuicatlán. Otro de los trabajos realizados en el Valle de Tehuacán, específicamente en el Valle de Zapotitlán, es el realizado por Osorio *et al.* (1996), en el que se describen los principales tipos de vegetación en un gradiente altitudinal en el Cerro Cutá caracterizando diferentes unidades geomórficas (laderas con diferente orientación, litología y suelos), la descripción de las comunidades se realizó con criterios estructurales, fisonómicos y florísticos, utilizando muestreos con área y enfatizando la distribución diferencial en comunidades y en especies (diversidad β); actualmente Valiente-Banuet *et al.* realizan un estudio sobre la vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en el que presentan una síntesis descriptiva y la clasificación de las asociaciones vegetales del Valle con base en criterios fisonómicos y estructurales.

Los estudios de vegetación realizados dentro del Valle de Cuicatlán (Oaxaca), son muy escasos y entre ellos destaca el de Miranda (1948) en el que describe de manera general los diferentes tipos de vegetación, mencionando su distribución y algunas de las especies dominantes.

Investigaciones de carácter cartográfico y de levantamientos botánicos de la región de Cuicatlán (la Cañada) los realizó en 1993 la Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca (SERBO A. C.).

2.2 PERCEPCIÓN REMOTA

2.2.1 Definición

La Percepción remota ó teledetección se puede definir como "cualquier proceso por el cuál la información sobre un objeto, área o fenómeno se obtiene sin estar en contacto con él", nuestro sentido de la vista es el ejemplo más claro de observación a distancia de los sistemas físicos, sin embargo la percepción remota normalmente se asocia con las técnicas de exploración de la tierra desde el espacio, como la obtención de imágenes multispectrales y con la fotografía aérea (Chuvieco, 1995; Lira, 1987).

Las técnicas de la percepción remota incluyen la adquisición y tratamiento de datos de la superficie terrestre desde sensores ubicados en plataformas espaciales, utilizando la interacción electromagnética entre la tierra y el sensor.

2.2.2. Historia

La fotografía es la forma original de la percepción remota. A mediados del siglo XIX surgen la fotogrametría (ciencia de la cuantificación o toma de mediciones en las

fotografías) y la fotointerpretación, ambas se desarrollaron de manera gradual con el diseño y fabricación de aparatos ópticos y mecánicos (Chuvieco, 1995; Verruette, 1994).

El desarrollo simultáneo de la fotogrametría, la fotointerpretación y la aviación trajo como consecuencia el surgimiento y perfeccionamiento de las fotografías aéreas, posteriormente a principios del siglo XX surgen las primeras fotografías estereoscópicas y el primer aparato restituidor (Verruette, 1994).

A principios del siglo XX se editan las primeras cartas elaboradas mediante fotointerpretación y fotogrametría. La Primera Guerra Mundial fue el evento que detonó el incremento en el número de investigaciones en el campo de la fotogrametría aérea, principalmente por motivos de estrategia y reconocimiento militar, se perfeccionaron las cámaras aéreas e instrumentos más precisos para el proceso de restitución (Verruette, 1994).

En 1930 se editan los primeros textos sobre fotogrametría y a partir de esa fecha hasta la actualidad las técnicas de la fotogrametría (aérea y terrestre) y la fotointerpretación han tenido un gran auge en la cartografía, siendo utilizadas en gran cantidad de trabajos a nivel mundial en el mapeo y la evaluación de los recursos naturales (Verruette, 1994).

Actualmente al hablar del sistema de la percepción remota y teniendo en cuenta el desarrollo tecnológico espacial inmediatamente se asocia dicha herramienta con el uso de imágenes multispectrales obtenidas en sensores ubicados en plataformas espaciales (satélites).

La fotografía aérea continua siendo parte imprescindible de la percepción remota y su uso normalmente se realiza en estudios a nivel local, sin embargo el uso de imágenes de satélite se ha convertido en una herramienta valiosa para estudios de escala regional (Mendoza, 1997).

Comparando algunas de las principales características de las fotos aéreas con las imágenes de satélite, se tiene que las imágenes ampliaron el espectro electromagnético de registro de información y se generan en un formato compatible para su análisis digital, mientras que las fotografías aéreas tienen una resolución aún no igualada por las mejores imágenes satelitales y su precio es muchísimo mas económico; el uso de una o de otra fuente de información depende directamente de los objetivos del estudio, así como del presupuesto con el que se cuenta para su realización.

Hoy en día existen gran cantidad de trabajos en los que se han empleado diversas técnicas de percepción remota para evaluar distintos aspectos relacionados con los recursos naturales, sin embargo existe una enorme heterogeneidad en las metodologías utilizadas, lo cual dificulta la interpretación de los resultados de estos trabajos en un contexto general (Mendoza, 1997).

2.2.3 Elementos del sistema de percepción remota

Los elementos básicos que constituyen el sistema de la percepción remota en relación con las imágenes de satélite multiespectrales son: la fuente de iluminación, el paisaje, la escena, el sistema sensor, el sistema de recepción y el sistema de procesamiento (Lira, 1987).

- a) La fuente de iluminación o de energía, es el elemento en el que se origina el flujo energético que detecta el sensor, si el sensor emite el haz de energía se denomina percepción remota activa, y si la fuente de energía es independiente del sensor se trata de percepción remota pasiva.
- b) El paisaje, es el sistema físico objeto de estudio y está constituido por los diversos objetos que pueden ser masas de vegetación, suelos, rocas, ríos, construcciones humanas, etc.
- c) La escena, es una sección o superficie del paisaje en donde se concentra nuestro interés, y el sensor obtiene las imágenes de la escena que es nuestra área en estudio.
- d) El sistema sensor: está constituido por el sensor remoto y por la plataforma, el Sensor remoto captura la energía proveniente de la escena, la codifica y la graba o envía al sistema de recepción; la plataforma es el lugar donde se coloca o monta el sensor remoto.
- e) El sistema de recepción, recibe y transmite la información proveniente de la plataforma, la graba en formatos apropiados que se corrigen y distribuyen para su procesamiento.
- f) El sistema de procesamiento esta constituido por el dispositivo para procesar de forma cualitativa o cuantitativa los datos analógicos digitales.

Finalmente el interprete analiza e interpreta los datos produciendo información en relación a la escena que puede ser extraída, representada o manipulada de forma adecuada para que el usuario final realice la toma de decisiones sobre uno o diversos aspectos del paisaje (Lira, 1987; Chuvieco, 1995).

2.3 INTERPRETACIÓN FOTOGRÁFICA

Las imágenes impresas en las fotografías aéreas pueden ser analizadas de forma cualitativa o cuantitativa con el fin de obtener información sobre las características del área que representan (Verruette, 1994). La interpretación de material aerofotográfico implica diversas fases que van aumentando en complejidad. Estas son: fotolectura (reconocimiento general de las actividades humanas y aspectos de la naturaleza), fotoanálisis (separación de los componentes del terreno para dividirlos individualmente o integrarlos en forma colectiva como un todo), y la fotointerpretación (comprende las etapas anteriores y en esta etapa es determinante la experiencia y conocimiento del interprete en un campo específico).

En el proceso de fotointerpretación se deben de tomar en cuenta diferentes elementos que permitan identificar detalles y objetos del terreno evitando errores que lleven a conclusiones erróneas, los elementos son la forma, dimensiones, tonalidad (resultado de la capacidad de los cuerpos de absorber o reflejar la energía solar), textura (repetición en el agrupamiento del detalle tonal de un mismo elemento) y localización (Verruette, 1994).

El uso de las técnicas de fotointerpretación y fotogrametría requieren de cierto dominio para hacer uso de ellas en forma eficiente sin incurrir en errores que repercutan en la generación de resultados y conclusiones falsas. Para que el uso de dichas técnicas produzcan resultados válidos es necesario hacer la fotointerpretación y su restitución a un mapa base para poder hacer mediciones de áreas y longitudes.

El manejo adecuado del material aerofotográfico debe incluir las siguientes fases: cálculo de la base instrumental del estereoscopio, orientación de las fotografías en el estereoscopio, preparación de las fotografías para la interpretación, trazado de las áreas fotointerpretables, fotointerpretación y restitución.

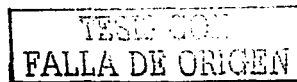
2.4 INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES

Las imágenes de satélite multiespectrales tienen su origen en el año de 1972 con el lanzamiento de los primeros satélites cuyo fin era la cartografía y evaluación de los recursos naturales, estos satélites actualmente se conocen como la serie LANDSAT.

La serie de satélites LANDSAT provee cobertura mundial de la superficie terrestre y una periodicidad regular. Los sensores o barredores (escáneres) a bordo de los satélites en un principio fueron de dos tipos: el barredor multiespectral (MSS) y el mapeador temático (TM). Las diferencias principales entre los dos barredores son la resolución espectral, espacial y radiométrica, siendo las del mapeador temático de mejor calidad.

Cada imagen de satélite está compuesta por diferentes bandas que poseen la información registrada de diferentes secciones del espectro electromagnético. Cada una de las bandas es una matriz de celdas o pixeles acomodadas en columnas y líneas. Un pixel (picture element) tiene un valor promedio de la respuesta espectral de la porción del terreno registrado.

El análisis de las imágenes de satélite puede realizarse por medio de interpretación cualitativa o cuantitativa, es decir, la información se extrae por medio de inspección visual o por medio de procesos dentro de sistemas computacionales en un sistema de información geográfica, respectivamente. Un sistema de información geográfica esta constituido por los procedimientos manuales o basados en la tecnología computacional utilizados para guardar y manejar datos geográficamente georeferenciados (Aronoff, 1989).



Las fases del tratamiento cuantitativo de las imágenes de satélite por parte del usuario final o intérprete son variadas, pero normalmente deben de incluir: georeferenciación, corrección geométrica, mejoramiento de la imagen y clasificación

a) La georeferenciación, consiste en referenciar con base en un sistema de coordenadas (geográfico o geodético) una imagen, mediante la identificación de características compartidas entre la imagen y mapas, principalmente cartas topográficas (Star *et al.*, 1997).

b) La corrección geométrica, se utiliza para corregir las distorsiones geométricas de la imagen e involucra la transformación de las coordenadas mediante algoritmos que compensan las distorsiones provocadas por factores como la distorsión panorámica, curvatura de la tierra, refracción atmosférica y desplazamiento del relieve. El resultado de la corrección geométrica es el cambio en la posición que ocupan los píxeles de la imagen (Lillesand and Kieffer, 1987).

c) El mejoramiento de la imagen, facilita la interpretación visual al aumentar la distinción aparente entre las características de la escena, comprende la manipulación del contraste, manipulación de características espaciales mediante filtros y la manipulación de las bandas multispectrales por medio de operaciones algebraicas y estadísticas (Lillesand and Kieffer, 1987).

d) La clasificación, es el proceso en el que se asignan en clases los píxeles de una imagen multispectral con base en la similitud de los valores numéricos digitales de los píxeles (Chuvienco, 1995). La clasificación puede ser supervisada o no supervisada.

Clasificación no supervisada, se basa en la definición automática de clases espectrales por parte del sistema de información geográfica, las clases son grupos de píxeles con valores espectrales similares que se utilizan para categorizar los píxeles de la escena. En este análisis no se requiere del conocimiento de la cubierta del suelo en el área en estudio. El usuario indica el número de clases que se requieren e interpreta el resultado de la clasificación (Lillesand and Kieffer, 1987; Chuvienco, 1995).

Clasificación supervisada, se fundamenta en el conocimiento previo del área en estudio, adquirido por experiencia previa o por trabajos de campo; el usuario ubica y delimita áreas de píxeles que corresponden a coberturas del suelo conocidas, éstas áreas se denominan campos de entrenamiento. Con base en los campos de entrenamiento el sistema de información geográfica calcula los parámetros estadísticos que definen a cada categoría y posteriormente asigna mediante métodos probabilísticos los píxeles que conforman la escena en las diferentes clases definidas por el usuario (Lillesand and Kieffer, 1987; Chuvienco, 1995).

Una herramienta que puede ser de gran utilidad en el análisis cualitativo y cuantitativo es la elaboración de los compuestos en color, que son combinaciones de tres bandas de la imagen que se asignan a los canales de salida rojo, verde y azul (del monitor o de la impresora). Las combinaciones de los compuestos en color pueden resumir información con el fin de resaltar algunos aspectos específicos de la imagen (Richards, 1986).

2.5 DESCRIPCIÓN DE LA VEGETACIÓN

La fitosociología o fitocenología estudia las comunidades vegetales en relación con su descripción, análisis y clasificación, así como su desarrollo, distribución espacial e interacciones, incluyendo el estudio de los factores causales involucrados.

El estudio de las comunidades vegetales básicamente tiene el objetivo de describir y analizar la estructura, para posteriormente definir las relaciones funcionales existentes entre los componentes de la comunidad en un lugar y tiempo determinados (Granados y Tapia, 1990).

La descripción de la vegetación se inició con un enfoque fisonómico basado principalmente en el criterio del investigador. Este enfoque ha sido la base de la mayoría de los análisis de la vegetación, provocando el surgimiento de diversas escuelas en la ecología (Zavala-Hurtado, 1986). Las descripciones estructurales surgen a mediados del siglo XX cuando se comenzaron a desarrollar los métodos cuantitativos en la ecología vegetal.

La descripción de la vegetación ha sido conceptualizada de diversas formas por los investigadores, autores como Whittaker (1975) y Krebs (1978) exponen que las comunidades vegetales tradicionalmente se describen usando las siguientes características: diversidad, estructura y formas de crecimiento, dominancia, estructura trófica y sucesión. Para Kershaw (1973) los trabajos que presentan una apropiada descripción de la vegetación consideran sólo tres elementos de estudio: la composición florística, las formas de vida y la estructura de la comunidad. Granados y Tapia (1990) menciona que la descripción de las comunidades vegetales se realiza considerando dos aspectos: la flora (especies que la componen) y la fisonomía (la forma o fenotipo de la vegetación).

Las corrientes fisonómica y florística se utilizan de forma conjunta al analizar la vegetación, ya que los métodos fisonómicos poseen criterios cualitativos para la descripción y clasificación de la vegetación, que se complementa al realizar estudios florísticos más detallados (Granados y Tapia, 1990); mientras que los criterios estructurales aportan datos cuantitativos útiles en la clasificación de las comunidades vegetales.

2.5.1 Estructura de la comunidad

La estructura de la comunidad está conformada por la estructura física y la estructura biológica. La estructura física es la que se observa en la comunidad y está constituida por las plantas, los animales y el suelo. La estructura biológica comprende la composición, abundancia, los cambios y relaciones de las especies; y depende directamente de la estructura física, ambos componentes influyen en el funcionamiento de la comunidad, es decir, el procesamiento de energía y nutrientes (Krebs, 1978).

Las plantas constituyen la matriz biológica de toda comunidad, y las formas de crecimiento que presentan las diversas especies que la componen son una parte importante de su estructura, además de los patrones espaciales y verticales (Krebs,

1978). Kershaw (1973) menciona que la estructura de la vegetación se define por la estructura vertical, la estructura horizontal, y la abundancia.

a) Estructura vertical

La estructura vertical en una comunidad se define como la distribución de los individuos o de las especies en relación a sus alturas (Kershaw, 1973). La presencia de estratos bien definidos en los que se agrupan individuos de tamaños similares (estratificación) se evalúa y utiliza para describir la estructura vertical.

b) Estructura horizontal

La estructura horizontal de una comunidad se refiere a la existencia de patrones espaciales de distribución de las poblaciones presentes, y permiten entender mejor las interacciones entre las mismas, o hacer suposiciones sobre ellas.

c) Estructura cuantitativa

La estructura cuantitativa de la vegetación se refiere a la abundancia de cada especie. La abundancia puede ser expresada mediante diversas variables, que pueden ser continuas o discretas. Dentro de las primeras se encuentran, el área basal y la cobertura (como una medida bidimensional), mientras que entre las segundas se tienen la densidad y la frecuencia (Matteucci y Colma, 1982).

También existen variables que son el resultado de las combinaciones de las variables antes mencionadas; estas combinaciones se han denominado índices de importancia, y son variables sintéticas derivadas del análisis de los resultados (Matteucci y Colma, 1982).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1 LOCALIZACIÓN Y LÍMITES

El presente trabajo se realizó en los bosques de La Sierra Monteflor (SM) ubicados dentro de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (RBTC). La Sierra Monteflor es una cadena montañosa que se ubica al sureste de la reserva, específicamente al sureste del Valle de Cuicatlán en el estado de Oaxaca. Su localización geográfica corresponde a las siguientes coordenadas: entre los paralelos 17° 31' 30" y 17° 41' 45" de latitud Norte y los meridianos 96° 41' y 96° 50' 30" de longitud Oeste (Figura 1).

El área en estudio comprende una superficie aproximada de 18,500 hectáreas que pertenecen a los terrenos comunales del municipio de San Juan Bautista Atlatlahuca, Oaxaca.

La delimitación de la zona en estudio en los extremos norte, este y sur corresponde a los límites del polígono general de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (DOF, 1997). El extremo oeste se delimitó con base en la interpretación geológica y estructural en fotografías aéreas, con el fin de tener exclusivamente el área perteneciente a la Sierra Monteflor dentro de la RBTC (Figura 1).

El límite norte corresponde al curso de la corriente del río Grande, partiendo del punto de coordenadas UTM: $x=729907$; $y=1954591$, con rumbo general este hasta llegar al vértice 71 (coordenadas $x=745,439.688$; $y=1,953,016$), ubicado en la confluencia de los ríos La Calabaza y el río Grande.

El extremo este está delimitado a partir del vértice 71 con rumbo general suroeste por el río La Calabaza aguas arriba hasta llegar al vértice 72 (coordenadas $x=740,997.625$; $y=1,945,972$), ubicado en el parteaguas de la SM; partiendo de este punto con rumbo general sur siguiendo el parteaguas hasta llegar al vértice 73 (coordenadas; $x=741,985.875$; $y=1,940,852$), ubicado en el inicio del río El Chorro.

El borde sur se delimita a partir de vértice 71, siguiendo el curso del río El Chorro con rumbo general oeste hasta llegar al extremo noroeste del poblado de Santa Cruz de el Porvenir (coordenadas $x=732,629.82$; $y=1,939,324.17$).

El límite oeste del área se ubica a partir del punto cercano al poblado de Santa Cruz de el Porvenir y siguiendo el rumbo general norte por los bordes de las unidades geomorfológicas fotoidentificadas hasta el punto de coordenadas $x=729,907.61$; $y=1,954,589.93$; ubicado en el río Grande.



3.2 VÍA DE ACCESO

La principal vía de acceso hacia la cabecera municipal de San Juan Bautista Atlatlahuca es partiendo de la Ciudad de México por la autopista número 150 (México-Veracruz), pasando Puebla se toma la desviación hacia la autopista Cuacnopalan-Oaxaca hasta la Ciudad de Tehuacán, partiendo de este punto se conduce por la carretera 135 (hacia Oaxaca), en la desviación a Santiago Nacaltepec pasando por el poblado se toma la terracería hacia Atlatlahuca, de donde parte una terracería que comunica con los bosques de la Sierra Monteflor.

3.3 FISIOGRAFÍA

La Sierra Monteflor esta ubicada dentro de la Provincia Fisiográfica denominada Sistema Montañoso del norte de Oaxaca (Rzedowski, 1978), se caracteriza por su topografía muy accidentada con pocos terrenos planos o de pendiente suave, en la mayor parte del sistema prevalecen altitudes superiores a 1000 metros. Parte de este sistema montañoso puede ser considerado como una prolongación de la Sierra Madre Oriental que quedó interrumpida por el eje neovolcánico transversal.

La Sierra Monteflor está inmersa en la cadena montañosa denominada Sierra Madre de Oaxaca (Barrera, 1946) y se caracteriza por presentar montañas plegadas y falladas, dicha cadena montañosa de norte a sur recibe diferentes denominaciones, en la zona del presente estudio se denomina Sierra Cuicateca.

La Sierra Monteflor con sus 3150 metros de altitud es el segundo sistema montañoso de mayor elevación dentro de la Sierra Cuicateca, presenta una dirección general norte a sur, el parteaguas principal delimita las vertientes este y oeste, de las cuáles, sólo la vertiente oeste pertenece a la RBTC y a la zona en estudio (Figura 1).

La zona presenta una diferencia de 2260 metros, en un gradiente altitudinal que va de los 860 a los 3120 msnm, en dirección noroeste – sureste, en una distancia aproximada de 17 km (Figura 2).

3.4 GEOLOGÍA Y EDAFOLOGÍA

La carta geológica de Oaxaca escala 1:250,000 (INEGI, 1985b), muestra que en la Sierra Monteflor existen rocas sedimentarias calizas y unidades mixtas de calizas -lutitas, ambos del Cretácico Inferior; además de conglomerados y areniscas -conglomerados, del Terciario Inferior.

También existen rocas ígneas de tipo andesitas porfídicas del Terciario. Las rocas metamórficas de tipo cataclasita de edad Cretácica ocupan la mayor superficie en la zona (Figura 3).

En la carta edafológica del Atlas Nacional de Medio Físico (SPP, 1981) se indica que existen 4 diferentes tipos de suelos en el área en estudio (según el sistema de

clasificación FAO-UNESCO modificado por la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional). El tipo de suelo más abundante es el regosol eútrico con porciones secundarias de luvisol vértico y cambisol húmico, correspondientes a la clase textural media o limo. El segundo tipo de suelo es el luvisol vértico con porciones secundarias de litosol y regosol eútrico, todos de textura arcillosa y ubicados en la región central y noreste de la Sierra Monteflor. Los dos tipos de suelo restantes ocupan solo porciones muy pequeñas del área en estudio, en la parte oeste se presenta un fozem háptico con porciones de litosol, ambos de textura limosa; finalmente al suroeste, cerca del poblado de Santa Cruz de el Porvenir, el suelo corresponde a litosol con porciones de regosol eútrico y fozem háptico de textura limosa.

Tomando en cuenta la superficie que ocupan en la zona en estudio y el predominio en las porciones presentes de los diferentes tipos de suelo, las dos unidades de Suelo más abundantes son el Regosol y el Luvisol, el primero es un suelo sin una caracterización de horizontes definida, posee colores claros y algunas propiedades de la roca madre que le dio origen; el segundo muestra acumulación de arcilla en el subsuelo, su color es rojo o claro y son moderadamente ácidos; ambos tipos presentan una alta susceptibilidad a la erosión la cuál se puede acrecentar por las características topográficas del terreno (SPP, 1981).

3.5 CLIMA

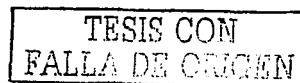
La información climática del área en estudio se obtuvo a partir de las cartas de climas de San Pedro Pochutla y Oaxaca, editada por la Secretaría de la Presidencia y el Instituto de Geografía (1970). En la Sierra Monteflor debido a la variación altitudinal se presenta un mosaico climático en el que se distinguen cuatro diferentes tipos (Figura 4).

El primero corresponde a un clima seco cálido con lluvias en verano, con oscilación térmica extremosa y marcha de temperatura de tipo Ganges que corresponde a la fórmula climática $Bs_0(h')w''(w)(e)g$ según el sistema de Koeppen modificado por García (1988), ubicado al noroeste.

El segundo tipo climático se representa por la fórmula $BS_1(h')w''(w)(i)g$ y equivale a un clima semiseco cálido con lluvias en verano, con oscilación térmica pequeña y marcha de temperatura de tipo Ganges, ubicado en la región centro-este y suroeste.

El tercer tipo climático va desde la parte norte hasta la región noreste y corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, isotermal y con marcha de temperatura de tipo Ganges ($C(w_1')(w)big$).

El último tipo corresponde a un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con oscilación térmica pequeña y marcha de temperatura de tipo Ganges, ($C(w_2)b(i')g$), ubicado del centro-este hacia el sureste.



3.6 HIDROLOGÍA

La Sierra Monteflor se encuentra dentro de la Cuenca del Río Papaloapan, en la región hidrológica de aguas superficiales número 28. Los Principales ríos que drenan la sierra son el río La Calabaza que nace en el parteaguas de la sierra y desemboca en el río Grande (una de las principales corrientes que recorre la Cuenca del Papaloapan), ambos ríos sirven como límites naturales de la zona en estudio en las secciones este y norte, respectivamente. El río El Chorro nace en el parteaguas de la sierra cerca del cerro Siempreviva y funciona como el límite sur de la zona, desemboca en el río Las Vueltas que es afluente del río Grande y se ubica al oeste de la sierra. Otros ríos que desembocan en el Río Las Vueltas y que se originan dentro de la sierra son El Monteflor y El Chiquihuitlán ubicados al oeste del área, finalmente el río El Carrizal tiene origen en el centro del área en estudio y desemboca en el río Grande (Figura 1).

3.7 VEGETACIÓN

La zona en estudio se ubica en las provincias florísticas de Tehuacán - Cuicatlán y de las Serranías Meridionales (Rzedowski, 1978), las cuales pertenecen a las Regiones Xerofítica Mexicana y Mesoamericana de Montaña, respectivamente.

La Provincia Florística de Tehuacán - Cuicatlán se localiza entre los estados de Puebla y Oaxaca, se caracteriza por un clima seco y por ser un importante centro de endemismo (Dávila *et al.*, 1993); la provincia de las Serranías Meridionales comprende el Eje Volcánico Transversal, la Sierra Madre del Sur y al complejo montañoso del norte de Oaxaca, en la provincia los bosques de pino y de encino son muy importantes e incluye las elevaciones más altas de México, así como muchas áreas montañosas aisladas, en las que se propicia el desarrollo de numerosos endemismos (Rzedowski, 1978).

El INEGI en la carta de uso de Suelo y Vegetación de Oaxaca escala 1:250,000 (1985c), muestra que en la Sierra Monteflor se presentan los siguientes tipos de vegetación: selva baja caducifolia, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque de pino, además, selva baja caducifolia y bosque de encino perturbados con vegetación secundaria arbustiva, y finalmente terrenos en los que se practica agricultura de temporal (Figura 5).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

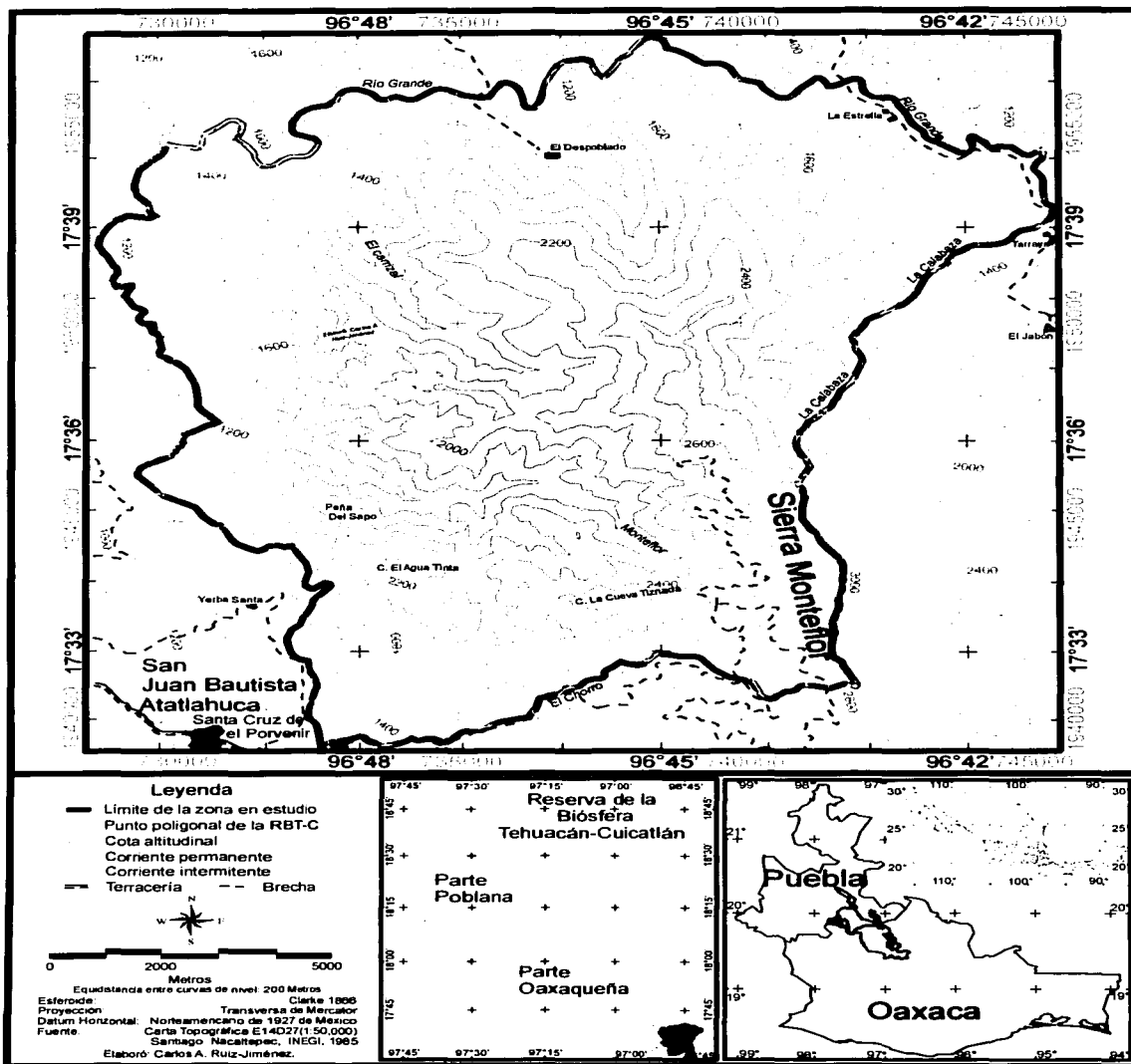


Figura 1. Localización del área en estudio (Sierra Monteflor, Cuicatlán, Oaxaca)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

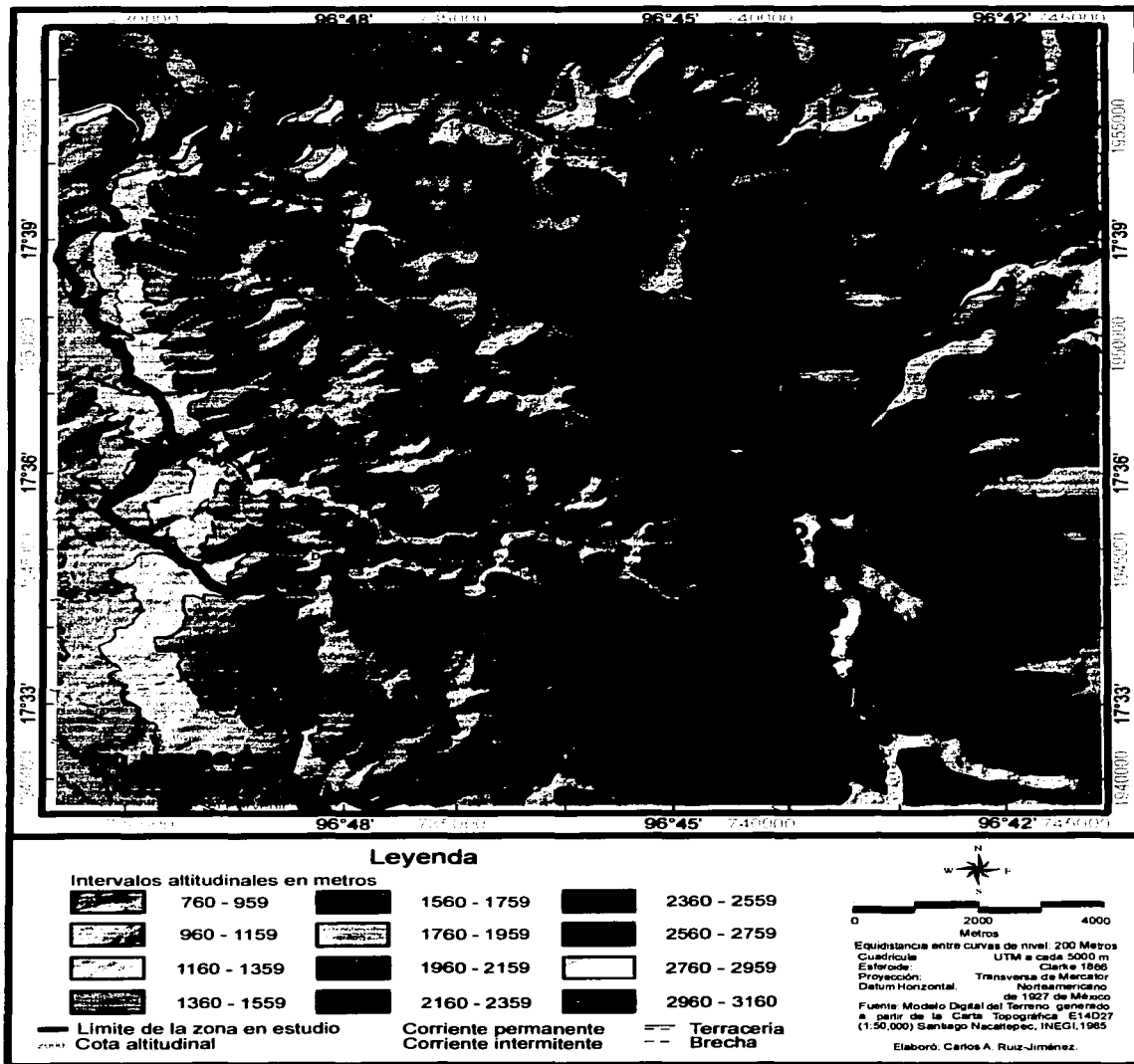


Figura 2. Mapa hipsométrico de la Sierra Monteflor

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

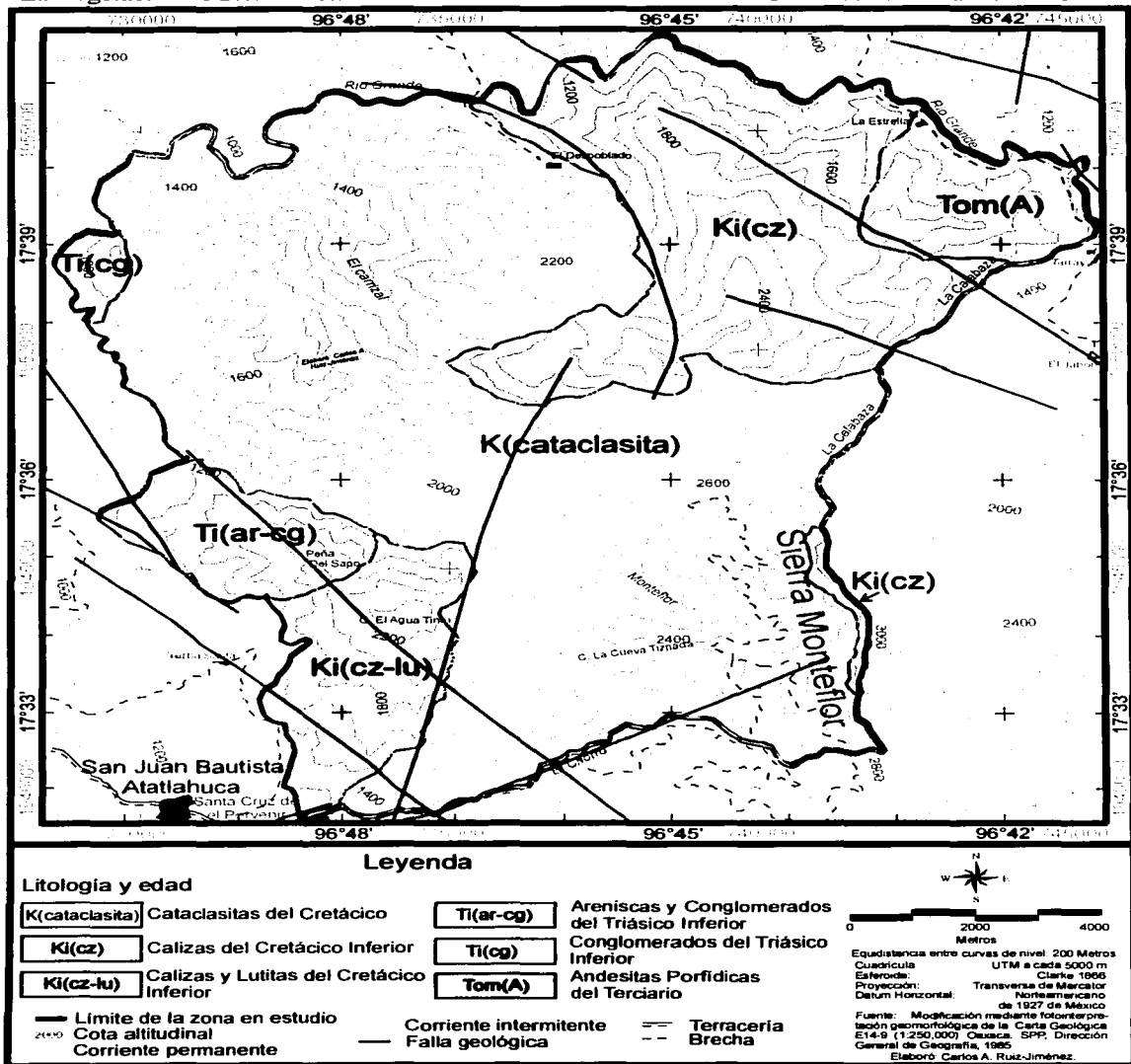


Figura 3. Mapa geológico de la Sierra Monteflor

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

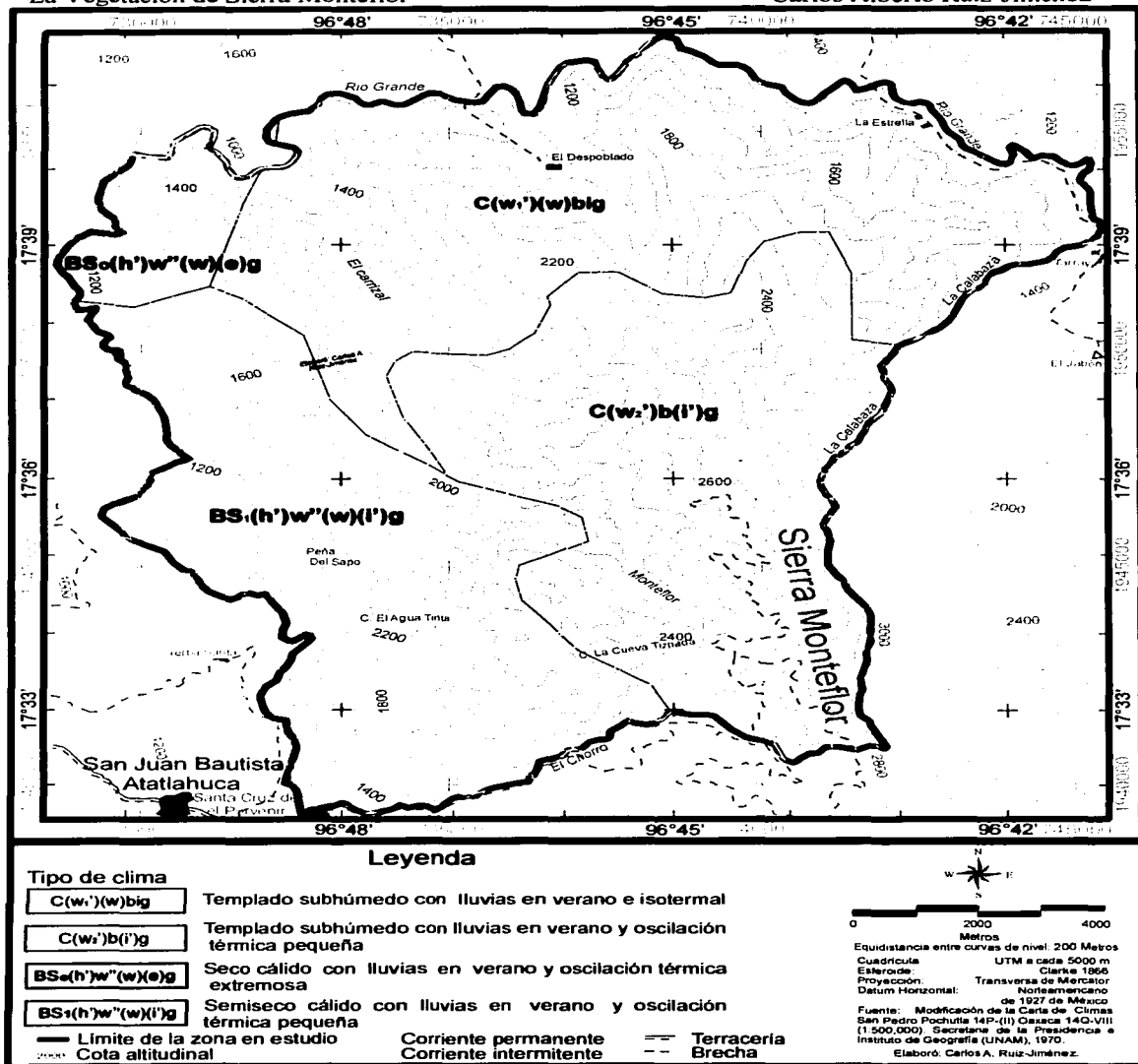


Figura 4. Mapa de climas de la Sierra Monteflor

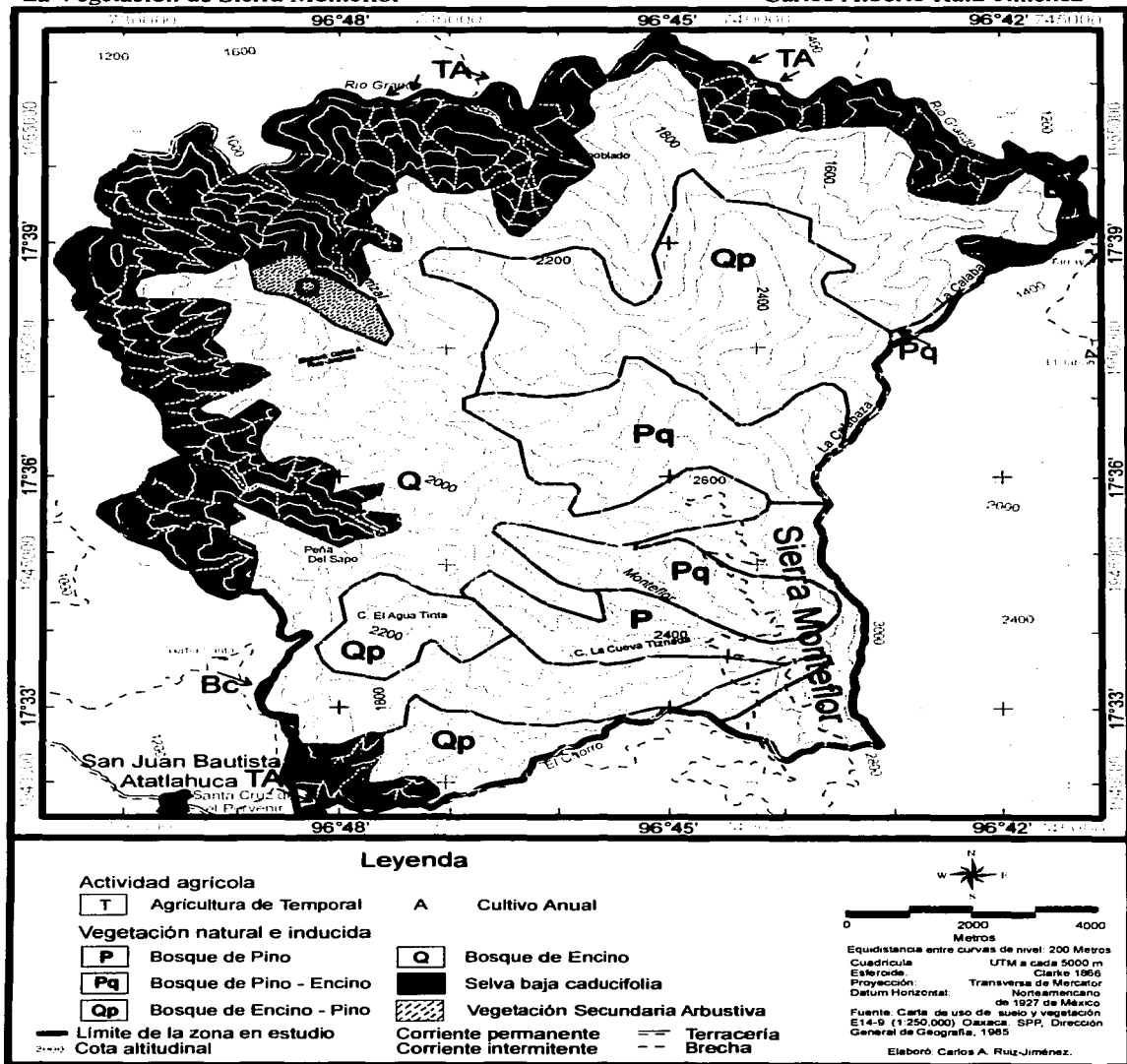


Figura 5. Mapa de uso de suelo y vegetación de la Sierra Monteflor (INEGI, 1985)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4. MÉTODO

El estudio comprende las siguientes fases (Figura 6):

4.1 TRABAJO DE GABINETE

Se hizo una revisión bibliográfica y se recopilaron los estudios previos realizados en la zona y áreas cercanas, que presentaran algún aspecto de interés para el presente trabajo.

Se recopiló el material cartográfico disponible de los siguientes temas: topografía a escala 1:50,000 (INEGI, 1985a); geología (INEGI, 1985b), uso de suelo y vegetación (INEGI, 1985c), ambas a escala 1:250,000; y climas a escala 1:500,000 (Secretaría de la Presidencia e Instituto de Geografía, 1970).

Se adquirieron las fotografías aéreas de la zona (INEGI, 1995, escala 1:75,000). Las fotografías están impresas en blanco y negro y pertenecen a las líneas de vuelo 185 y 186 que fueron tomadas en los meses de noviembre y diciembre de 1995. La línea 185 es en dirección sur a norte y comprende cinco fotos (9 a 13), la línea 186 es en dirección norte a sur y se compone de siete fotos (1 a 17).

Se obtuvo la escena de la imagen de satélite disponible para la zona, que fué proporcionada por el Instituto de Geografía de la UNAM.

4.2 DELIMITACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

Los límites norte, este y sur del área en estudio corresponden con los límites de una sección del polígono general de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (DOF, 1998), el extremo oeste corresponde al límite de las unidades geomorfológicas interpretadas en las fotografías aéreas.

4.3 FOTOINTERPRETACIÓN

La interpretación del material aerofotográfico se realizó cubriendo dos aspectos temáticos, la identificación de los tipos de vegetación y de las unidades geomorfológicas.

Las diferentes comunidades vegetales se interpretaron de acuerdo con la clasificación de la vegetación propuesta por Rzedowski (1978) y con base en el reconocimiento de áreas con características de textura y color homogéneo, en un principio auxiliándose de manera general con el mapa de uso de suelo y vegetación del

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

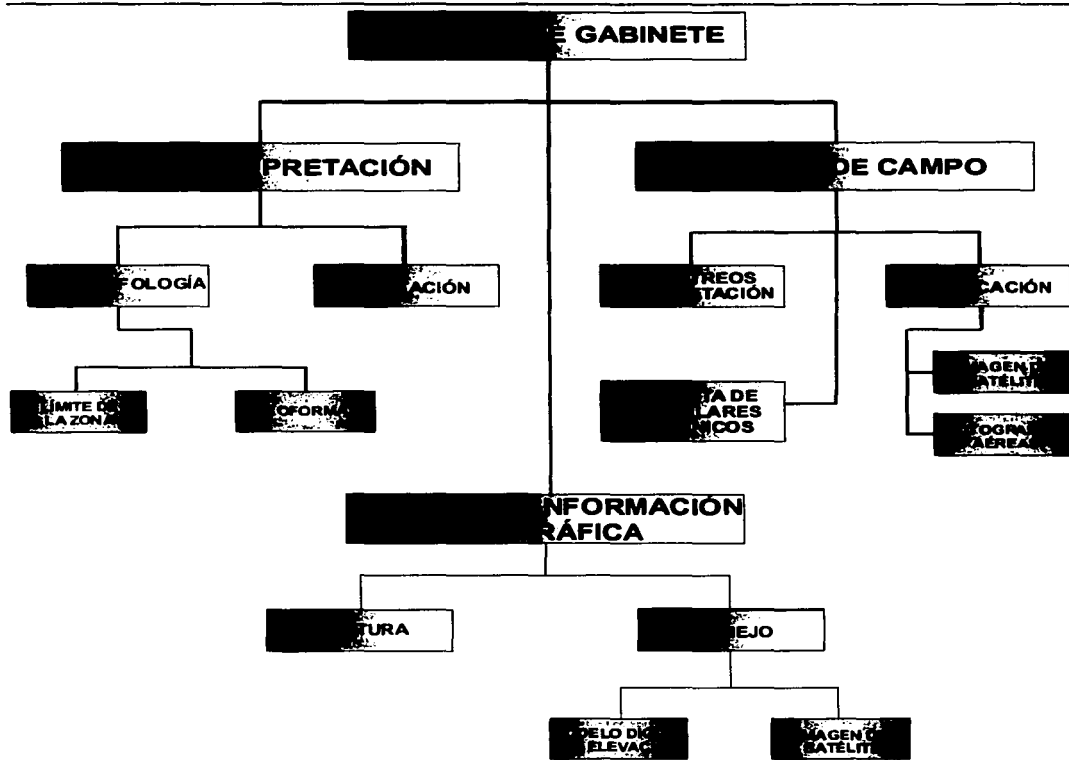


Figura 6. Diagrama de flujo

INEGI (1985) y posteriormente en el conocimiento del área que se fue adquiriendo en los recorridos en la zona en estudio.

La interpretación geomorfológica se realizó con base en la identificación de las geoformas principales (llanura aluvial, piedemonte, laderas montañosas bajas, laderas montañosas medias, laderas montañosas altas, cimas y valles intermontanos) con el apoyo de la carta geológica de INEGI (1985b); los modelos de drenaje y los modelos digitales de elevación sombreados. Los modelos de drenaje interpretados en las fotografías aéreas son indicativos de la presencia de diferentes tipos de roca y se

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

fundamentan en la resistencia diferencial a la erosión hídrica, infiltración y escurrimiento.

La preparación del material y el tratamiento de las fotografías aéreas antes de su fotointerpretación siguió las siguientes etapas:

Cálculo de la base instrumental del estereoscopio

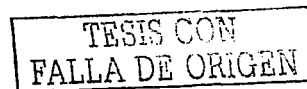
La base instrumental es la distancia entre el centro del campo de visión del ojo izquierdo y del centro del campo de visión del ojo derecho, sólo si se está observando con el eje de los ojos paralelo (a través del estereoscopio). La base instrumental depende de la distancia interpupilar del observador y del tipo de aparato del que se disponga, cada estereoscopio tiene su base instrumental exclusiva para cada usuario. La finalidad de este cálculo es que al observar el par fotográfico con el eje de los ojos paralelo se permite hacer una interpretación correcta y confiable, reduciendo el cansancio al no forzar la vista (Murillo, 1974).

El cálculo de la base instrumental se realiza en un área iluminada (de preferencia con luz natural) de la siguiente manera:

- a) En una mesa se fija una cartulina blanca con cinta adhesiva y se traza una línea recta de 40 centímetros paralela al borde de la mesa a una distancia de 20 a 25 centímetros.
- b) El estereoscopio de espejos se coloca sobre la mesa observando la recta marcada en la cartulina, se enfocan los binoculares independientemente para cada ojo y se ajusta la distancia interpupilar de los binoculares para el observador. Al observar la recta en el estereoscopio, si se observan dos rectas se debe de mover ligeramente el estereoscopio para lograr que solo aparezca una recta.
- c) En el centro del campo de visión del ojo izquierdo se marca una línea de 0.5 centímetros perpendicular a la recta, después observando con el ojo derecho se ve la línea marcada en el campo de visión izquierdo se marca la línea en el centro de visión derecho. Observando con ambos ojos se debe de ver una sola línea virtual resultado de la fusión de los dos campos de visión.
- d) Después de marcar ambas líneas, la primera y la transferida, la distancia entre ellas corresponde a la base instrumental, exclusiva del estereoscopio y del interprete (Murillo, 1974).

Orientación de las fotografías aéreas

En esta fase es necesario considerar la dirección de la línea de vuelo, es decir la secuencia real en que se tomaron las fotografías y la orientación respecto a la posición



del sol en el momento de la toma. Para lograr el acomodo correcto de las fotografías se deben de seguir los siguientes pasos (Murillo, 1974):

- a) Marcar los puntos principales en cada fotografía, tomando como base las marcas fiduciales (las paralelas al borde de la fotografía o las diagonales), se traza una línea central no mayor a 0.5 cm y se intercepta con el eje perpendicular (generado por marcas fiduciales) formando una cruz.
- b) Determinar la zona de recubrimiento, el área común fotografiada en dos fotografías continuas se obtiene al sobreponerlas haciendo coincidir dicha área, los puntos principales indican la dirección del vuelo.
- c) Determinar la posición de las fotografías (izquierda y derecha), manteniendo las fotos sobrepuestas se colocan paralelas a la mesa de trabajo, y se orientan colocando las sombras hacia el observador (para reproducir las condiciones originales en que las fotos se tomaron, normalmente la dirección de toma es de este a oeste y en el hemisferio norte las sombras presentan dirección norte).
- d) Transferir los puntos principales a las fotografías adyacentes: se aplican los pasos anteriores y observando a través del estereoscopio.
- e) Dibujar la línea de vuelo, utilizando una regla se hacen coincidir en un par estereoscópico los puntos principales y los transferidos en una sola línea ayudándose de la línea recta marcada en la cartulina con la que se calculó la base instrumental.
- f) Ajustar la orientación de las fotografías, verificando que la línea de vuelo se encuentre sobre la línea paralela al borde de la mesa de trabajo y la distancia entre las fotos sea igual a la base instrumental.
- g) Observar las fotografías en forma tridimensional: se logra moviendo el estereoscopio a través del par estereoscópico y manteniendo la base paralela a la línea de vuelo.

Preparación de las fotografías aéreas para la fotointerpretación

Se ordenan las fotografías de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, se marcan las zonas de sobreposición que delimitan el área interpretable de la fotografía. Dependiendo del tipo de terreno se seleccionan las fotografías para su interpretación, si se trata de terreno plano se ocupan fotografías alternas, si el terreno es montañoso se utilizan todas las fotografías.

Trazado de las áreas fotointerpretables

Primero se debe considerar la sobreposición longitudinal (entre fotos) y la sobreposición lateral (entre líneas de vuelo). La sobreposición longitudinal debe de ser entre 50 – 55% y 60 - 65%, y la lateral de 20 – 35%

El trazado de las áreas fotointerpretables se inicia de izquierda a derecha, en la primera fotografía se traza con una regla una línea perpendicular a la línea de vuelo a

partir del punto principal y otra perpendicular a la mitad entre el punto principal de la primera fotografía y el punto principal transferido de la fotografía derecha.

En la segunda fotografía se transfiere la línea perpendicular de la primera fotografía a la segunda, la transferencia de la línea no es recta por que existe distorsión debido al relieve (Murillo, 1974).

4.4 RESTITUCIÓN

Mediante este proceso se determina la posición verdadera de los objetos representados en las fotografías aéreas en un equipo fotogramétrico estereoscópico. La información contenida en el material fotointerpretado (tipos de vegetación y geomorfología) se transfirió a un mapa base del área en estudio (una reducción de la carta topográfica a escala 1:75,000) mediante un aparato denominado Stereosketch, este rectificador estereoscópico permite proyectar el modelo estereoscópico virtual sobre el mapa base mediante triangulación mecánica, rectificándolo por condiciones de toma y por desplazamientos topográficos, modificando la escala de forma mecánica y óptica (Moncayo y Astie, 1970).

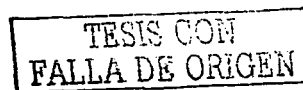
4.5 CAPTURA Y MANEJO DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica utilizados en la captura y procesamiento de la información fueron el ILWIS (The Integrated Land and Water Information System) version 2.1, y el sistema ArcView versión 3.2. A continuación se presenta el procedimiento seguido para el manejo de la información en formato vectorial y en formato raster:

4.5.1 Información vectorial

En el Sistema de Información Geográfica ILWIS (2.1) se digitalizaron los siguientes datos, con base en el sistema de coordenadas métricas de la proyección UTM (Universal Transversa de Mercator):

- a) Los límites de la zona en estudio.
- b) La información altimétrica a partir de las curvas de nivel de la carta topográfica clave E14D27 Santiago Nacaltepec, a escala 1:50,000 (INEGI, 1985a).
- c) La información climática a partir de la información contenida en la carta San Pedro Pochutla y Oaxaca a escala 1:500,000 (Secretaría de la Presidencia e Instituto de Geografía, 1970).
- d) La información sobre el Uso de Suelo y Vegetación (INEGI, 1985c).
- e) La información geológica (INEGI, 1985b).



- f) Los vectores restituidos de la fotointerpretación de los tipos de vegetación y la geomorfología.

4.5.2 Información raster

Modelo digital de elevación

La información vectorial resultante de la digitización de las curvas de nivel se rasterizó, es decir, la información vectorial lineal se convirtió a información en formato de celdas con un tamaño de pixel de 29 metros por lado (tamaño igual que los pixeles de las bandas de la imagen de satélite después de su georeferenciación y corrección geométrica), después se aplicó el algoritmo de interpolación (que calcula para cada pixel las dos distancias más cortas a las dos curvas de nivel más cercanas y calcula el valor altitudinal del pixel mediante una relación lineal); el mapa resultante se denomina modelo digital de elevación (MDE) ó modelo digital del terreno (MDT), y a partir de él se elaboraron los siguientes mapas:

- a) *MDT sombreado*. Al MDT se le aplican una serie de filtros constituidos por matrices de 3 x 3 pixeles para obtener las vistas ortogonales (verticales) sombreadas simulando ocho diferentes posiciones de la fuente de luz localizada a 45° sobre la horizontal. Las posiciones de la fuente de luz corresponden a las orientaciones norte, noreste, este, sureste, sur, suroeste, este y noroeste. Estas orientaciones se obtuvieron aplicando filtros direccionales de iluminación a partir del filtro lineal estándar SHADOW, modificando la posición de los valores en la matriz.
- b) *Mapa Hipsométrico*. El MDT se clasifica en intervalos de altura y se utiliza diferente coloración en cada intervalo.
- c) *Mapa de pendientes*. El modelo digital de elevación se utiliza para calcular las pendientes del terreno aplicando filtros (matrices de 3 x 3) que calculan la diferencia de altura entre cada pixel y su vecino en la dirección del eje X y del eje Y (filtros DFDX y DFDY, respectivamente); posteriormente se aplican ecuaciones que calculan el valor de la pendiente de cada pixel en grados. El mapa obtenido se clasifica con una tabla para obtener el mapa de intervalos de pendientes.
- d) *Mapa de orientación de laderas*. se calcula el arco tangente de los mapas de gradiente horizontal y vertical (DFDX y DFDY, respectivamente), el mapa obtenido tiene valores en radianes (entre -90 y 90); este mapa se utiliza para conocer la dirección de la pendiente en el cuadrante del compás geológico. En el mapa final se presentan las siguientes orientaciones: terreno plano, norte, este, sur, oeste, noreste, sureste, suroeste y noroeste.

Imagen de satélite

Las bandas de la imagen de satélite Landsat TM fueron proporcionadas y cortadas por el personal del Instituto de Geografía de la UNAM. La imagen corresponde a la escena 26-48 del año 1992 (Cuadro 1).

Las bandas analizadas fueron 6, de la 1 a la 5 y la 7, cada una de ellas se importó y desplegó dentro del SIG ILWIS, posteriormente las bandas se procesaron siguiendo las fases que a continuación se mencionan:

a) Georeferenciación y corrección geométrica

La georeferenciación se realizó con base en el sistema de coordenadas ortogonales UTM utilizando puntos de control identificados en el mapa topográfico y en las bandas. En la corrección geométrica de las seis bandas georeferenciadas se utilizó el algoritmo de convolución cúbica y se incorporaron los puntos de control de la georeferenciación para obtener una corrección con un error cuadrado medio menor al tamaño de un pixel.

Cuadro1. Características de la imagen de satélite empleada.

Dispositivo de obtención:	Mapeador temático 4 y 5
Tamaño del pixel:	29 x 29 m
Proyección usada:	Transversa de Mercator Zona 14
Elipsoide de Referencia:	Clarke 1866
Banda sin corregir geoméricamente	
Datos:	byte
Fecha de toma de la imagen:	18 de abril de 1992
Hora de toma de la imagen:	19 : 59 : 48
Longitud de onda:	
Banda 1	0.45 – 0.52 μm
Banda 2	0.52 – 0.60 μm
Banda 3	0.63 – 0.69 μm
Banda 4	0.76 – 0.90 μm
Banda 5	1.55 – 1.75 μm
Banda 7	2.08 – 2.35 μm

b) Corte de las bandas

Cada banda se cortó con el fin de cubrir exclusivamente el área en estudio, el tamaño final fue de 635 líneas por 614 columnas y el tamaño del pixel de 29 metros por lado (841 m²).

c) Análisis visual y estadístico

Posteriormente se realizó un análisis visual y estadístico de cada banda, con el fin de identificar áreas potencialmente no clasificables, como lo son nubes y áreas sombreadas.

d) Análisis de componentes principales

El análisis se aplicó a las seis bandas para determinar cuáles de ellas explican la mayor variabilidad de los datos, analizando las matrices de varianza y covarianza.

e) Elaboración de compuestos en color

Con ayuda del Índice de Factor Óptimo (OIF), resultado anexo al tratamiento estadístico de componentes principales, se obtienen las mejores combinaciones de bandas para la elaboración de los compuestos en color. Además se elaboraron los compuestos RGB432 y RGB321, el primero corresponde al utilizado por INEGI en la elaboración de sus espaciomapas y el segundo a la equivalente a una imagen fotográfica en color.

f) Clasificación no supervisada

La clasificación multispectral se realizó con el algoritmo de máxima verosimilitud utilizando las 3 mejores bandas recomendadas en el análisis de componentes principales. El etiquetado de los conglomerados resultado de la clasificación no supervisada se apoyó en la interpretación de los compuestos en falso color de la imagen, la carta de vegetación y uso de suelo (INEGI, 1985c), la interpretación de fotografías aéreas y el análisis de las firmas espectrales de las clases de píxeles.

g) Elaboración del mapa del índice de vegetación normalizado (NDVI), con la ayuda de las bandas roja e infrarroja.

h) Clasificación supervisada

Apoyándose en la cartografía disponible, la cartografía generada por el estudio, la fotointerpretación de las unidades de vegetación, y principalmente del conocimiento del área adquirido durante el trabajo de campo se realizó una clasificación multispectral supervisada.

4.6 TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo incluyó dos fases que se realizaron simultáneamente, los muestreos de vegetación y la verificación de la información resultado de la fotointerpretación y del procesamiento de la imagen de satélite.

4.6.1 Muestreos de Vegetación

Se visitaron las diferentes comunidades vegetales identificadas en la fotointerpretación y en el análisis de la imagen de satélite. En cada comunidad se realizó el método de muestreo sin área denominado punto central en cuadrante o cuadrantes centrados (Matteucci y Colma, 1982), en el cual se utilizan puntos como centro para trazar pares de coordenadas ortogonales, a partir de los cuales se mide la distancia hasta el árbol más cercano ubicado en cada cuadrante (Figura 7).

En cada sitio seleccionado los puntos se ubicaron a lo largo de una línea con orientación definida por la exposición de la zona. Sobre cada línea de 110 m se ubicaron 12 puntos de muestreo, con una separación de 10 m. En cada punto de muestreo se registraron diversos parámetros ecológicos de los individuos más cercanos al punto central que tuvieran un DAP (diámetro a la altura del pecho, es decir a 1.30 m del suelo) mayor o igual a 3.18 cm.; este límite inferior equivale a 10 cm de perímetro y

ha sido un criterio utilizado para considerar a un individuo como árbol en diversos muestreos forestales (Sarukhán, 1968; Meave del Castillo, 1990).

Los parámetros que se registraron para cada árbol en cada cuadrante fueron los siguientes:

- 1) Distancia (m) del punto central al punto medio de enraizamiento del árbol más cercano.
- 2) Altura total (m), se estimó por comparación con una garrocha de 3.5 m de altura con marcas cada 10 cm para los árboles bajos, y un clicímetro para los árboles altos. De estos últimos se realizaron tres mediciones y posteriormente se calculó el promedio de altura.
- 3) Perímetro a la altura del pecho (m), estos datos se transformaron posteriormente en valores de DAP.
- 4) Determinación taxonómica: si una especie aparecía por primera vez, o si se tenían dudas acerca de su identidad o ésta no se conocía, se colectaba un ejemplar para su posterior determinación.

Adicionalmente, en cada sitio se realizó una descripción fisonómica de la vegetación que incluyó a los estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo.

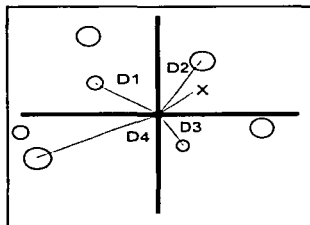


Figura 7. Método de muestreo de cuadrantes centrados (X: punto ubicado sistemáticamente; D: distancia; O: árbol).

4.6.2 Aspectos florísticos.

En cada sitio de muestreo así como durante los recorridos dentro del área en estudio, se colectaron ejemplares de plantas en estado de floración y/o fructificación, registrando para cada uno de ellos los datos para su posterior determinación.

4.6.3 Verificación de la fotointerpretación y clasificación

Durante los recorridos en el área en estudio para realizar los muestreos de vegetación se visitaron las diferentes comunidades vegetales identificadas en la

fotointerpretación y en el análisis de la imagen de satélite para verificar la identidad de las mismas, o para corregir la interpretación de los tipos de vegetación.

4.7 ANÁLISIS DE DATOS DE CAMPO

La información recopilada durante los muestreos de vegetación y en la colecta de ejemplares botánicos, se capturó y procesó en hojas de cálculo y en manejadores de bases de datos, respectivamente.

La base de datos de los ejemplares colectados se utilizó para elaborar las etiquetas para su posterior determinación y finalmente depositarlos en el Herbario de la Facultad de Ciencias de la UNAM (FCME).

La información de los muestreos de vegetación capturada en las hojas de cálculo se manejó conforme a los procedimientos descritos por Matteucci y Colma (1982) para el método de muestreo empleado en este estudio, para calcular las siguientes variables estructurales:

- a) Densidad (D). Matteucci y Colma (1982:42) definen la densidad como: "el número de individuos (N) en un área (A) determinada, y se estima a partir del conteo del número de individuos en un área dada". La fórmula que se utiliza es:

$$D = N / A$$

La densidad de cada sitio se obtuvo a partir de las distancias medidas en cada cuadrante (distancia del punto central al punto medio del árbol más cercano), para lo cual se calculó el área promedio por árbol (M) con la siguiente fórmula:

$$M = (\sum d / n)^2$$

Donde: $\sum d$ = suma de las distancias medidas; y n = número de medidas de distancia.

El valor obtenido por especie se extrapoló para una superficie de 10,000 m² (1 ha).

- b) Área Basal (AB). Matteucci y Colma (1982:47) definen el área basal de la siguiente manera: "...es la superficie de una sección transversal del tallo o tronco del individuo a determinada altura del suelo; se expresa en metros de material vegetal por unidad de superficie de terreno".

El área basal se obtuvo a partir de los perímetros medidos, se calculó el diámetro a la altura del pecho, utilizando la fórmula:

$$D = P / \pi$$

Donde: D = diámetro y P = perímetro.

Los valores de diámetro de los tallos se usaron para el cálculo del área basal (AB) por medio de la siguiente fórmula:

$$AB = \pi r^2$$

Considerando que el radio es $r = P / 2\pi$ y donde: P = perímetro y r = radio.

El área basal por planta se obtuvo sumando los valores individuales de área basal de todos sus tallos. El área basal por especie en el muestreo se obtuvo sumando el valor de área basal de los árboles pertenecientes a ésta. El área basal y la densidad de cada especie (por hectárea) se calculó de la siguiente manera:

- 1) El porcentaje que representa cada especie en relación al número total de árboles del sitio.
 - 2) El valor porcentual de cada especie se utilizó para calcular el número de individuos por hectárea (densidad absoluta) de la especie en relación a la densidad total calculada por sitio de muestreo.
 - 3) El área basal por hectárea (área basal absoluta) por especie se calculó con la ayuda del valor de densidad absoluta de la misma y a partir del número de individuos de la especie y el valor de área basal en el muestreo mediante un cálculo proporcional.
- c) Frecuencia (F). La frecuencia la definen Matteucci y Colma (1982:39) como "La probabilidad de encontrar un determinado atributo (uno o más individuos) en una unidad muestral particular" y exponen también que "se expresa como el porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece (mi) en relación con el número total de unidades muestrales (M)". Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Fi = (mi / M) \times 100$$

Dicha definición se aplicó en este estudio considerando que la frecuencia es el número de apariciones de la especie dividida entre el número total de puntos, donde el número de apariciones se refiere al número de puntos en los que se encontró la especie, sin importar las veces que se presentaba cada uno de ellos. Para el cálculo se utilizó la fórmula:

$$F = (\text{No. de apariciones de la especie en la línea} / \text{No. total de puntos}) \times 100$$

Los valores relativos de la densidad, el área basal y la frecuencia por sitio se calcularon utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Valor relativo de la variable} = \frac{\text{Valor absoluto de la variable de la } i\text{ava especie}}{\text{Sumatoria de los valores absolutos de la variable de todas las especies encontradas en el sitio}} \times 100$$

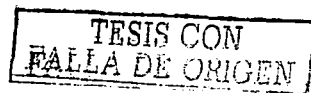
d) Valor de importancia relativa (VIR). El Valor de importancia relativa (VIR) es una combinación de diferentes variables que se utiliza para expresar de manera jerárquica la abundancia de las especies, se calculó con la siguiente fórmula: $VIR = \text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa} + \text{área basal relativa}$.

4.8 CARTOGRAFÍA FINAL

Finalmente se realizó la integración de la cartografía generada, de las corroboraciones en campo, del manejo e interpretación de la imagen de satélite para la elaboración y edición del mapa de vegetación del área en estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5. RESULTADOS



5.1 FOTOINTERPRETACIÓN

La interpretación del material aerofotográfico se realizó identificando los diferentes tipos de vegetación y las unidades geomorfológicas.

5.1.1 Tipos de Vegetación

Los tipos de vegetación identificados en las fotografías aéreas se clasificaron de acuerdo con Rzedowski (1978) y corresponden con los grandes tipos de comunidades vegetales de la sierra: bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, bosque de *Quercus*, bosques mixtos (bosque de *Quercus-Pinus* y de *Pinus-Quercus*), y bosque mesófilo de montaña.

5.1.2 Geomorfología

La interpretación geomorfológica se realizó con base en la identificación de las geoformas principales: llanura aluvial, piedemonte, laderas montañosas bajas, laderas montañosas medias, laderas montañosas altas, valles intermontanos y cimas (Figura 8).

Se identificaron 26 unidades geomorfológicas estructurales (Figura 8), subdivididas en diferentes geoformas (Cuadro 2). El tipo de relieve dominante corresponde a laderas montañosas medias que presentan una pendiente promedio de 27.89 y una altitud promedio de 1863 metros sobre el nivel del mar.

La descripción litológica, características topográficas (pendiente y altitud), y los tipos de vegetación de cada una de las diferentes unidades estructurales se presentan en el apéndice 1.

A continuación se presenta la descripción de la unidad geomorfológica estructural de mayor superficie en la Sierra Monteflor:

Esta unidad geomorfológica está constituida por las geoformas 11 a 15 (laderas montañosas bajas, medias, altas y valle intermontano, respectivamente), cubre 2180 hectáreas equivalentes al 11.78% del área total y se ubica al noreste de la zona en estudio (Figura 8).

Todas las geoformas de esta unidad geomorfológica estructural poseen una litología que corresponde a calizas del cretácico inferior. Las laderas montañosas bajas (Figura 8, geoforma 11) comprenden 888.6 ha y se encuentran a una altura relativa de 960 metros, el intervalo de pendiente varía entre 0 y 70°, con una pendiente promedio de 35.44°, el intervalo de pendiente dominante está entre 19 y 29° que corresponden al

42.39% de la superficie de la geoforma; la altitud promedio es de 1424 metros, en un intervalo de los 920 a 1897 metros, el intervalo de 1520 a 1680 metros está ocupando el 25.5% de las laderas. El tipo de vegetación dominante en esta geoforma es el bosque de *Quercus* (73.87%), seguido por el bosque tropical caducifolio (16.89%) y los bosques de *Quercus-Pinus*, vegetación riparia y terrenos de agricultura de temporal (Apéndice 1).

Cuadro 2. Resumen de características físicas de las geoformas.

Geoformas	Área ha (%)	Pendiente promedio (°)	Intervalo de pendiente (°)	Altitud promedio (m s.n.m.)	Intervalo de altitud (m)	Litología dominante
Llanura Aluvial	15.14 (0.08)	2.35	0 a 6	959	957 a 963	Tom(A) 1000%
Piedemonte	62.07 (0.34)	4.20	0 a 10	942	920 a 962	Tom(A) 1000%
Laderas Montañosas Bajas	6646.12 (35.92)	29.23	1 a 80	1530	760 a 2760	K (cataclasita) 64.15% Ki (cz) 18.50%
Laderas Montañosas Medias	7730.31 (41.79)	27.89	0 a 68	1863	1020 a 2693	K (cataclasita) 61.49% Ki (cz) 20.03%
Laderas Montañosas Altas	3867.80 (20.91)	26.65	0 a 69	2205	1280 a 3053	K (cataclasita) 57.88% Ki (cz) 27.87%
Valles Intermontanos	89.23 (0.48)	17.68	2 a 49	1533	1057 a 1840	Ki(cz) 57.02% Ti(ar-cg) 27.75
Cimas	89.31 (0.48)	27.82	0 a 63	2985	2787 a 3120	Ki(cz) 100%

Tom(A)= Areniscas y conglomerados del Triásico inferior; K (cataclasita)= Cataclasitas del Cretácico; Ki (cz)= Calizas del Cretácico inferior; Ti (ar-cg)= Areniscas y conglomerados del Triásico inferior.

En esta unidad geomorfológica estructural las laderas montañosas medias en conjunto comprenden 784.6 ha (Figura 8). Individualmente las laderas medias (geoforma 13) ubicadas al este de las laderas montañosas altas, comprenden 593.9 ha y se encuentran a una altura relativa de 623 metros, el intervalo de pendiente varía entre 2 y 63°, con una pendiente promedio de 31.75°, el intervalo de pendiente dominante está entre 14 y 29° que corresponden al 69.06% de la superficie de esta geoforma; la altitud promedio es de 2038 metros, en un intervalo de los 1697 a 2320 metros, el intervalo de 1880 a 1980 metros está ocupando el 32.3% de las laderas. El tipo de vegetación dominante en esta geoforma es el bosque de *Quercus-Pinus* (72.37%), seguido el bosque de *Quercus* (27.29%) y vegetación riparia.

Las laderas montañosas medias en el oeste de la unidad estructural (geoforma número 12) comprenden 191 ha y se encuentran a una altura relativa de 767 metros, el intervalo de pendiente varía entre 4 y 64°, con una pendiente promedio de 32.55°, el intervalo de pendiente dominante está entre 32 y 38° que corresponden al 25.1% de la superficie de estas laderas; la altitud promedio es de 1811 metros, en un intervalo de los 1433 a 2213 metros, el intervalo de 1880 a 2000 metros está ocupando el 25.93% de la geoforma. El tipo de vegetación dominante en las laderas es el bosque de *Quercus* (82.62%), seguido por el bosque de *Quercus-Pinus* (15.79%) y vegetación riparia (Apéndice 1).

Las laderas montañosas altas de esta unidad estructural (Figura 8, geoforma 14) comprenden 484 ha y se encuentran a una altura relativa de 613 metros, el intervalo de pendiente varía entre 0 y 59°, con una pendiente promedio de 30.42°, el intervalo de pendiente dominante está entre 19 y 29° que corresponden al 51.53% de la superficie de estas laderas; la altitud promedio es de 2336 metros, en un intervalo de los 1987 a 2600 metros, el intervalo dominante de altura va de 2280 a 2380 metros y ocupa el 25.6% de la geoforma. El tipo de vegetación dominante en las laderas es el bosque de *Quercus-Pinus* (62.94%), seguido por el bosque de *Pinus-Quercus* (26.99%) y bosques de *Quercus* (Apéndice 1).

Finalmente el valle intermontano (geoforma 15) ubicado al este de la unidad geomorfológica estructural, entre las ladera montañosas bajas y las laderas montañosas medias (Figura 8), comprende una superficie de 22.54 hectáreas a una altura relativa de 100 metros, el intervalo de pendiente varía entre 2° y 31°, con una pendiente promedio de 16.5°; el intervalo de pendiente dominante va de 6° a 16° y corresponde a 61.94% de la superficie del valle, la altitud promedio es de 1793 metros, en un intervalo de 1743 y 1840 metros, el intervalo de altitud dominante va de los 1760 a los 1800 metros y ocupa el 75.4% de la superficie. El tipo de vegetación dominante es el bosque de *Quercus* que ocupa el 95.25% del valle, la superficie restante la ocupa el bosque de *Quercus-Pinus*.

Además la interpretación de las unidades geomorfológicas sirvió de límite natural para delimitar la parte este del área estudiada.

5.2. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

La captura y manejo de la información dentro de los SIG's ILWIS (versión 2.1) y ArcView (versión 3.2) dió como resultado la creación de los siguientes mapas temáticos en formato digital: mapa topográfico (Figura 1), mapa geológico (Figura 3), mapa de climas (Figura 4) y mapa de vegetación de 1985 (Figura 5). A partir del mapa topográfico se elaboraron los siguientes mapas en formato raster: mapa del modelo digital de elevación (Figura 9), mapa hipsométrico (Figura 2), mapa de pendientes (Figura 10), mapa de orientación de laderas (Figura 11); y con base en las bandas de la imagen de satélite se elaboraron compuestos en color (Figuras 12 y 13), y el mapa final de vegetación de 2001 (Figura 14).

5.2.1 Mapa de pendientes

La tabla de clasificación utilizada para generar el mapa de pendientes consta de cinco clases, el intervalo de clase fue variable debido a las características topográficas y al amplio intervalo altitudinal de la zona en estudio (Cuadro 3).

En la Sierra Monteflor las pendientes dominantes varían entre 24 y 35 grados, ocupando el 35.3% de la superficie del área estudiada, seguidas por la clase de 12 a 24 grados (Cuadro 3); las áreas con menor pendiente (entre 0 y 12 grados) solo cubren el 7.14% de la sierra (Figura 10).

Cuadro 3. Descripción del Mapa de Pendientes para la Sierra Monteflor.

Clase	Intervalo en grados	Área (ha)	Porcentaje
1	0 - 6	392.20	2.12
2	6 - 12	928.70	5.02
3	12 - 24	6051.50	32.71
4	24 - 35	6530.50	35.30
5	> 35	4597.25	24.85

5.2.3 Mapa de orientación de laderas

La orientación dominante en la Sierra Monteflor corresponde a la Noroeste, la cuál comprende el 31.84% de su superficie, seguida por las orientaciones Suroeste (24.77%) y Noreste (21.62%); las orientaciones restantes solo cubren la quinta parte de la superficie de la sierra (20.59%) y las áreas planas son muy escasas (Cuadro 4 y Figura 11).

Cuadro 4. Orientación de laderas para la Sierra Monteflor.

Orientación	Área (ha)	Porcentaje
NO (293°-338°)	5890.40	31.84
N (338°-023°)	656.75	3.55
NE (023°-068°)	3999.70	21.62
O (248°-293°)	788.10	4.26
Plano (0° sin orientación)	218.30	1.18
E (068°-113°)	303.40	1.64
SO (203°-248°)	4582.45	24.77
S (158°-203°)	377.40	2.04
SE (113°-158°)	1683.50	9.10

5.2.4 Imagen de satélite

En la georeferenciación y corrección geométrica de las bandas de satélite (Landsat TM) el número de puntos de control identificados fue de 40 y el valor sigma o raíz del error medio cuadrático en la asignación de coordenadas fue de 0.3 píxeles, es decir de aproximadamente 8.7 metros.

Cada una de las bandas se preparó para el análisis visual mediante el estiramiento del histograma y aplicando un filtro de realce de borde para resaltar algunas características de la imagen.

El análisis visual de cada una de las bandas, de los compuestos en color, así como de sus respectivos histogramas, permitió identificar dos zonas con diferente iluminación, es decir dos zonas con diferente cantidad de sombras. Por tal razón las bandas originales de 635 líneas y 614 columnas se dividieron en dos secciones; la parte que comprende las regiones norte, noreste y este (sección 1), de 462 columnas y 419 líneas y la parte que comprende las regiones restantes (sección 2) de 459 columnas y 546 líneas (Figuras 12 y 13).

El análisis de Componentes Principales se aplicó para las seis bandas. Las matrices de varianza y de covarianza para la sección 1 indican que las bandas con mayor variabilidad de los valores digitales de los píxeles son la 5, 4 y 1; para la sección 2 las bandas con mayor variabilidad fueron la 5, 1 y 4 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Matriz de componentes principales (Cp) y porcentaje de varianza para las dos secciones de la imagen de la Sierra Monteflor.

Sección 1

Componentes	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 7	% de Varianza
1 ^{er} Cp	0.483	0.210	0.228	0.492	0.604	0.251	95.43
2 ^o Cp	-0.011	-0.028	-0.175	0.803	-0.403	-0.401	3.61
3 ^o Cp	-0.781	-0.221	-0.147	0.269	0.468	0.169	0.90
4 ^o Cp	0.104	-0.050	-0.180	-0.196	0.501	-0.815	0.03
5 ^o Cp	0.321	-0.249	-0.866	-0.022	0.055	0.286	0.03
6 ^o Cp	-0.207	0.917	-0.337	-0.040	0.005	0.004	0.00

Sección 2

Componentes	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 7	% de Varianza
1 ^{er} Cp	0.533	0.222	0.232	0.462	0.580	0.252	92.26
2 ^o Cp	0.159	0.033	-0.109	0.716	-0.483	-0.465	4.29
3 ^o Cp	-0.741	-0.191	-0.149	0.473	0.404	0.076	1.38
4 ^o Cp	0.202	-0.143	-0.449	-0.202	0.500	-0.668	0.05
5 ^o Cp	0.260	-0.269	-0.753	0.088	-0.130	0.518	0.03
6 ^o Cp	-0.183	0.906	-0.379	-0.045	0.002	0.020	0.01

Los compuestos en color se elaboraron siguiendo los resultados del Índice de Factor Óptimo (OIF), para la sección 1 las combinaciones estadísticas óptimas de bandas fueron la 1, 4 y 5 (31.89%), seguido por la combinación 4, 5 y 7 (28.40%); para la sección 2 las combinaciones recomendadas fueron la 1, 4 y 5 (33.05%) y la combinación 4, 5 y 7 (28.89%).

La clasificación supervisada se realizó en el SIG ILWIS (versión 2.1) de manera independiente para cada una de las dos secciones de la sierra (Figura 11 y 12). Para la sección 1 se identificaron 65 sitios de entrenamiento de 14 clases diferentes (equivalente al doble de los tipos de coberturas del suelo identificadas en campo, 6 tipos de coberturas vegetales, incluyendo las áreas de nubes y de sombras identificadas en la imagen) se utilizó el algoritmo de Máxima verosimilitud (Maximum likelihood) y la distancia de Mahalanobis como el factor de agrupamiento. Para la sección 2 se identificaron 125 sitios de entrenamiento y se mantuvieron las mismas clases que en la sección 1 y se utilizó el mismo algoritmo de clasificación y distancia de agrupamiento (ITC, 1993).

Los sitios de entrenamiento corresponden a 126 zonas identificadas durante los recorridos en campo y las 64 áreas en las que se realizaron los muestreos de vegetación.

Para poder tener una clasificación más confiable, esta fase se apoyó en diferentes fuentes para la asignación de categorías espectrales a categorías de uso de suelo (sitios de entrenamiento), dichas fuentes fueron, la cartografía de uso de suelo y vegetación disponible (INEGI, 1985c), el mapa del índice de vegetación normalizado, los diversos compuestos en color, el mapa de vegetación resultado de la fotointerpretación y principalmente en el conocimiento adquirido durante los recorridos y el trabajo de campo en la Sierra Monteflor.

El mapa resultante de la clasificación supervisada se postclasificó, se le aplicó un filtro de mayoría para reducir el número de píxeles aislados y de esta manera incluirlos en grupos mayores, además se unieron algunas de las clases registradas originalmente y se delimitó la distribución de las clases de acuerdo a el intervalo altitudinal en el que se distribuyen los diferentes tipos de vegetación (Figura 14).

La clasificación supervisada se evaluó mediante una matriz de confusión (de error), obtenida por el cruce del mapa raster de los sitios de entrenamiento con el mapa derivado de la postclasificación del mapa de la clasificación supervisada (Chuvieco, 1995).

La matriz de error (Lillesand y Kiefer, 1987) se compone de 1607 píxeles clasificados (Cuadro 6), los cuáles corresponden al 0.73% del total de píxeles que constituyen la imagen del a zona en estudio. Los píxeles clasificados correctamente fueron 1459 y se ubican en la zona diagonal de la tabla.

Para la categoría bosque de *Quercus* 1 (encinares secos - BQS) se clasificaron correctamente 320 píxeles, 47 fueron omitidos por que se clasificaron erróneamente en otra clase, 17 en el bosque de *Quercus* 2 (corresponde a encinares húmedos - BQH),

11 como bosque de *Quercus-Pinus* (BQP), 7 en el bosque de *Pinus-Quercus* (BPQ) y 12 como agricultura de temporal (AT). Los píxeles de otras clases y que se incluyeron en esta clase fueron 29, 8 corresponden al BQH, 9 del BQP, 8 del bosque tropical caducifolio (BTC) y 4 de AT.

En la categoría BQH se clasificaron correctamente 189 píxeles, se clasificaron erróneamente 48 píxeles, 8 del BQH, 27 del BQP, 4 del BPQ y 9 de AT; los píxeles incluidos de otras clases son 17 del BQH y 2 de AT.

En la categoría del BQP se clasificaron correctamente 243 píxeles y se omitieron 20, 9 del BQS, 6 del BPQ, 4 del bosque mesófilo de montaña (BMM) y 1 de AT; los píxeles de inclusión fueron 47, 11 del BQP, 27 del BQH y 9 del BPQ.

La categoría BPQ los píxeles clasificados correctamente fueron 49, se omitieron 9 píxeles del BQP; en total se incluyeron 17 píxeles, 7 del BQS, 4 del BQH y 6 del BQP.

En la categoría BTC se clasificaron correctamente 405 píxeles, los píxeles omitidos suman 15, 8 del BQS y 7 de la AT; no se registraron píxeles incluidos.

En la categoría BMM se clasificaron correctamente 26 píxeles, no hubo omisiones y los píxeles incluidos fueron 4 del BQP.

En la categoría AT se clasificaron correctamente 205 píxeles, erróneamente se clasificaron 4 píxeles del BQS y 2 del BQH; los píxeles incluidos de otras clases fueron 12 del BQS, 9 del BQH, 1 del BQP, 7 del BTC y 2 del bosque espinoso (BE).

En la categoría BE se clasificaron correctamente 22 píxeles, erróneamente se clasificaron dos píxeles de la AT.

Cuadro 6. Matriz de error de la clasificación supervisada.

Clase	BQ1	BQ2	BQP	BPQ	BTC	BMM	AT	BE	$\Sigma +$ Inclusión
BQ1	320	8	9	0	8	0	4	0	349
BQ2	17	189	0	0	0	0	2	0	208
BQP	11	27	243	9	0	0	0	0	290
BPQ	7	4	6	49	0	0	0	0	66
BTC	0	0	0	0	405	0	0	0	405
BMM	0	0	4	0	0	26	0	0	31
AT	12	9	1	0	7	0	205	2	236
BE	0	0	0	0	0	0	0	22	22
$\Sigma +$	367	237	263	58	420	26	211	24	1607
Omisión									

BQ1 = bosque de *Quercus* (encinares húmedo - BQH), BQ2 = bosque de *Quercus* (encinares húmedo - BQH), BQP = bosque de *Quercus-Pinus*, BPQ = bosque de *Pinus-Quercus*, BTC = bosque tropical caducifolio, BMM = bosque mesófilo de montaña, AT = Agricultura de temporal, BE = bosque espinoso.

Además, como forma de evaluar la clasificación realizada se calcularon las probabilidades de omisión e inclusión (Cuadro 7), la exactitud de la clasificación para todas las clases evaluadas fue superior al 79%. La probabilidad de omisión (porcentaje de píxeles muestreados que pertenecen a la clase y se clasificaron en otra) presentó valores bajos en la mayoría de las clases, menores al 20.25%. El porcentaje de exactitud de los píxeles clasificados es la medición de la representación de las clases sobre el terreno y la probabilidad de cometer un error de inclusión. La probabilidad de clasificar correctamente un píxel como BTC es de 96.43% y el porcentaje de probabilidad de muestrear y obtener una clasificación correcta de esta clase es del 100%. La exactitud total de la clasificación supervisada fue de 90.85%.

Los porcentajes de exactitud de la clasificación más altos se obtuvieron para las clases BTC y BE fue del 100%, por el contrario, para la clase BPQ el porcentaje fue el más bajo (74.24%).

Cuadro 7. Evaluación de la clasificación supervisada.

Clase	Probabilidad de la clasificación (%)	Probabilidad de omisión	Exactitud de la clasificación (%)	Probabilidad de inclusión
BQ1	87.19	12.81	91.69	8.31
BQ2	79.75	20.25	90.87	9.13
BQP	92.40	7.60	83.79	16.21
BPQ	84.48	15.52	74.24	25.76
BTC	96.43	3.57	100.00	0.00
BMM	100.00	0.00	86.67	13.33
AT	97.16	2.84	86.86	13.14
BE	91.67	8.33	100.00	0.00
Exactitud total = $((320+189+243+49+405+26+205+22)/1607)*100= 90.85$				

5.3 ANÁLISIS SINECOLÓGICO

Se realizaron un total de 64 líneas de muestreo en los principales tipos de vegetación y en sitios clave identificados durante la fotointerpretación y la interpretación y clasificación de la imagen de satélite (Figura 9).

Los muestreos se ubicaron en zonas con vegetación conservada y representativa de las principales comunidades vegetales de la sierra, cubrieron un intervalo altitudinal que va de los 1180 a los 2640 metros sobre el nivel del mar (Cuadro 8 y Apéndice 2); el intervalo de pendiente en el que se ubicaron los sitios va de los 11 a los 56°, en una pendiente promedio de 27.5°. Dichos sitios se ubicaron en laderas montañosas, y de acuerdo con las clases geomorfológicas corresponden a laderas montañosas bajas, medias y altas, en las que se realizaron 13, 31 y 20 muestreos respectivamente.

Los sitios de muestreo se encuentran en laderas con diferentes exposiciones, tratando de cubrir las 8 orientaciones principales, las exposiciones en las que se ubicaron la mayor cantidad de muestreos corresponden a laderas suroeste (14), este

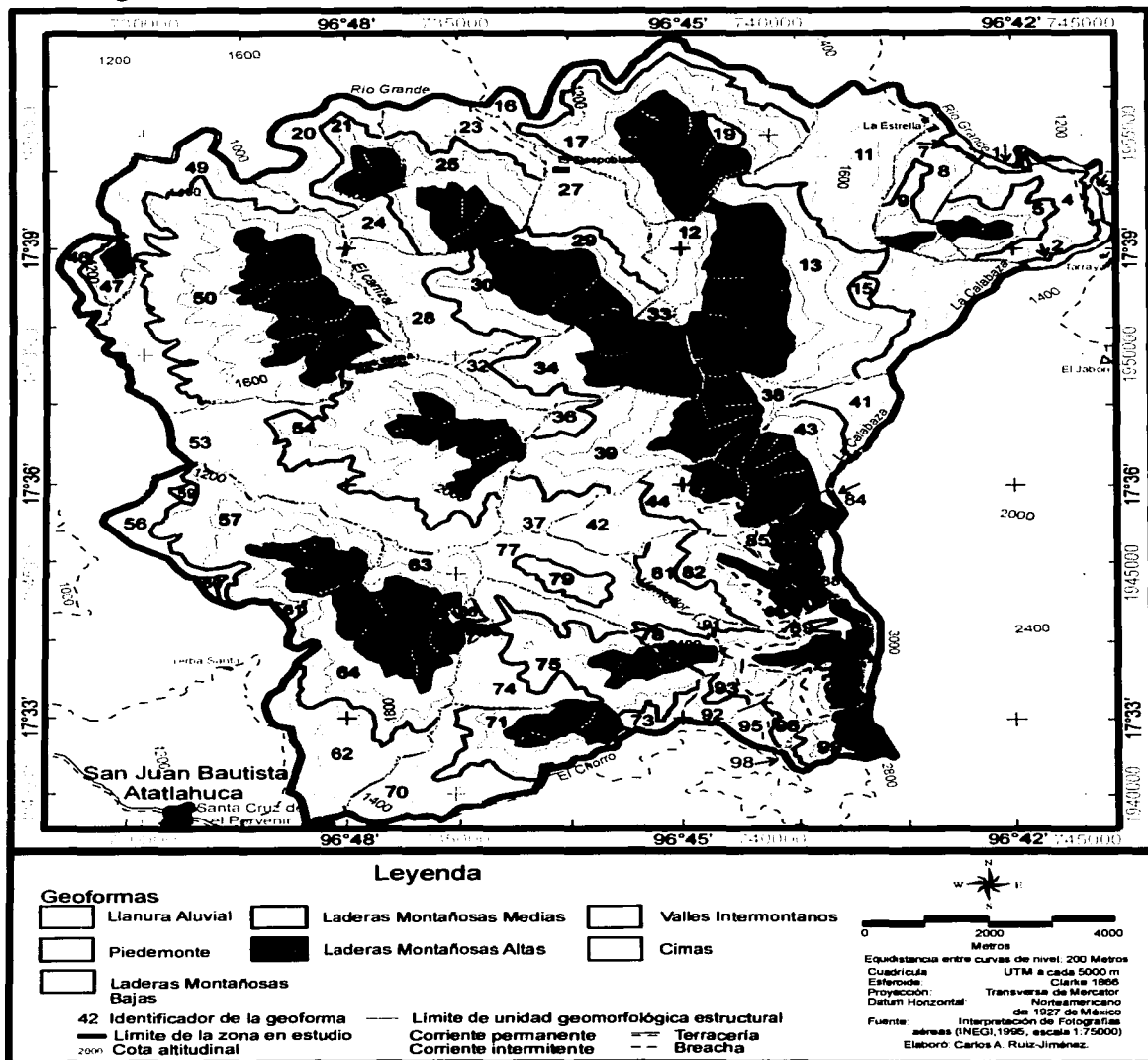


Figura 8. Mapa geomorfológico de la Sierra Monteflor

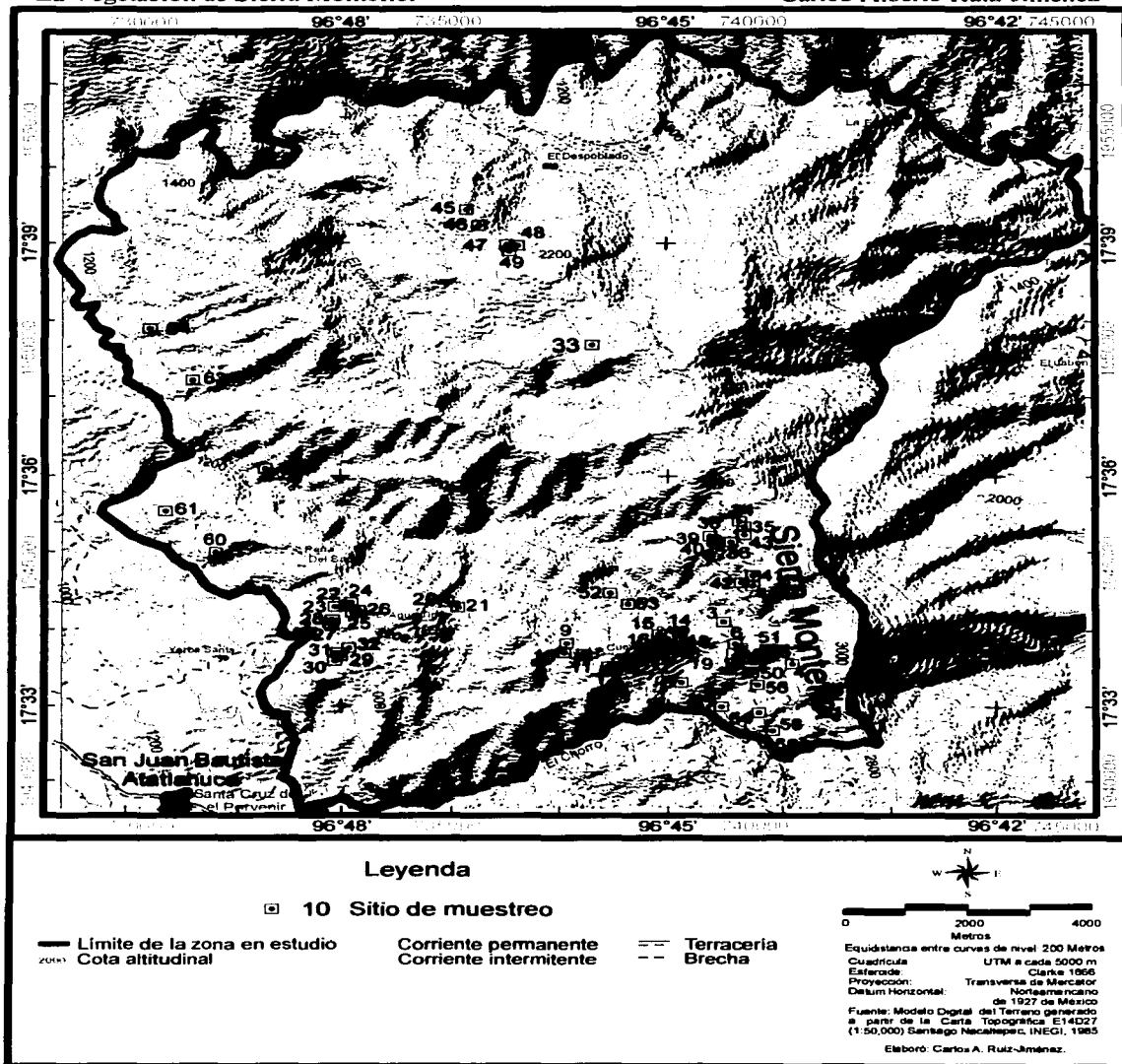


Figura 9. Modelo digital del terreno de la Sierra Monteflor y sitios de muestreo

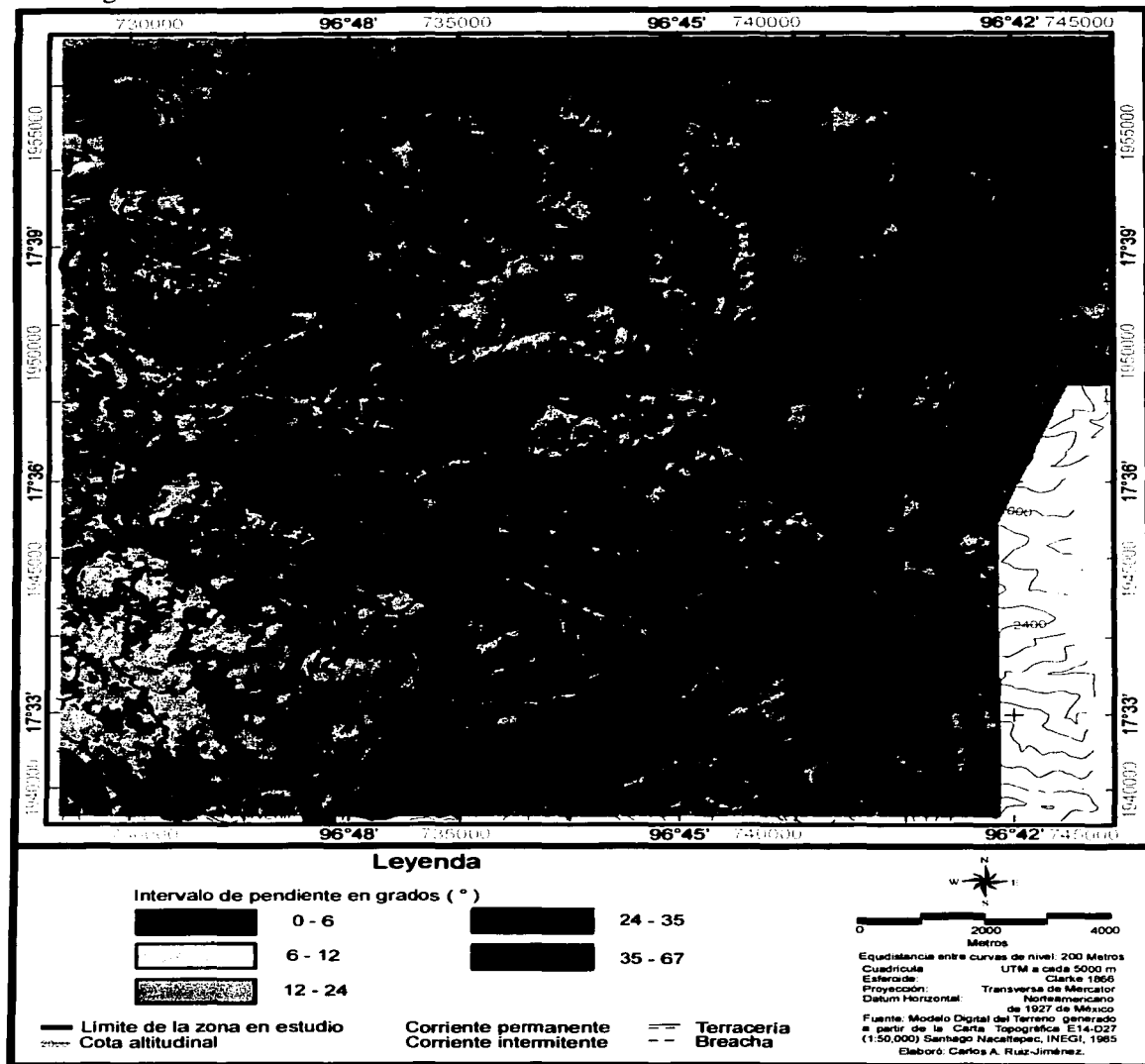


Figura 10. Mapa de pendientes de la Sierra Monteflor

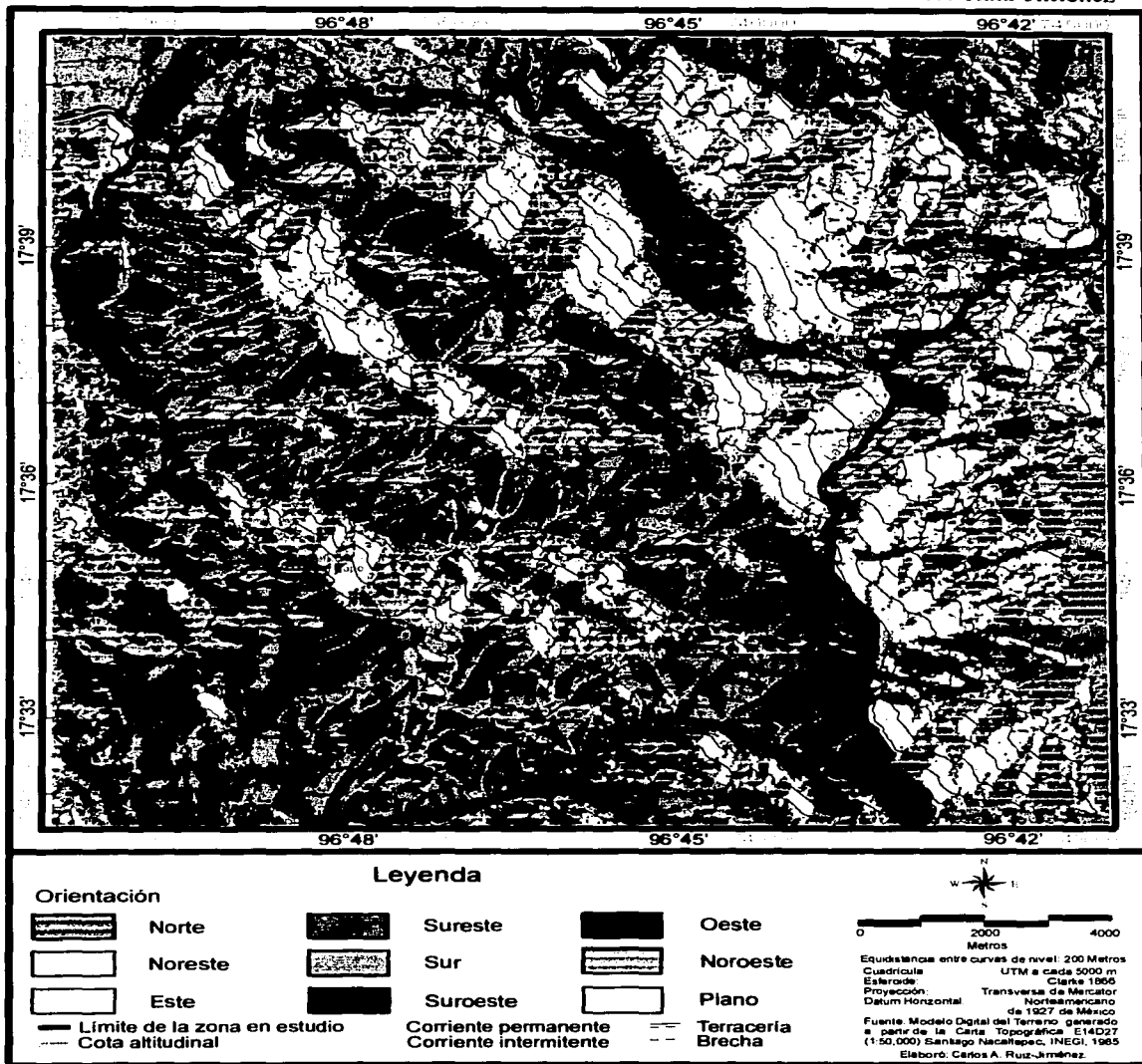


Figura 11. Mapa de orientación de laderas de la Sierra Monteflor

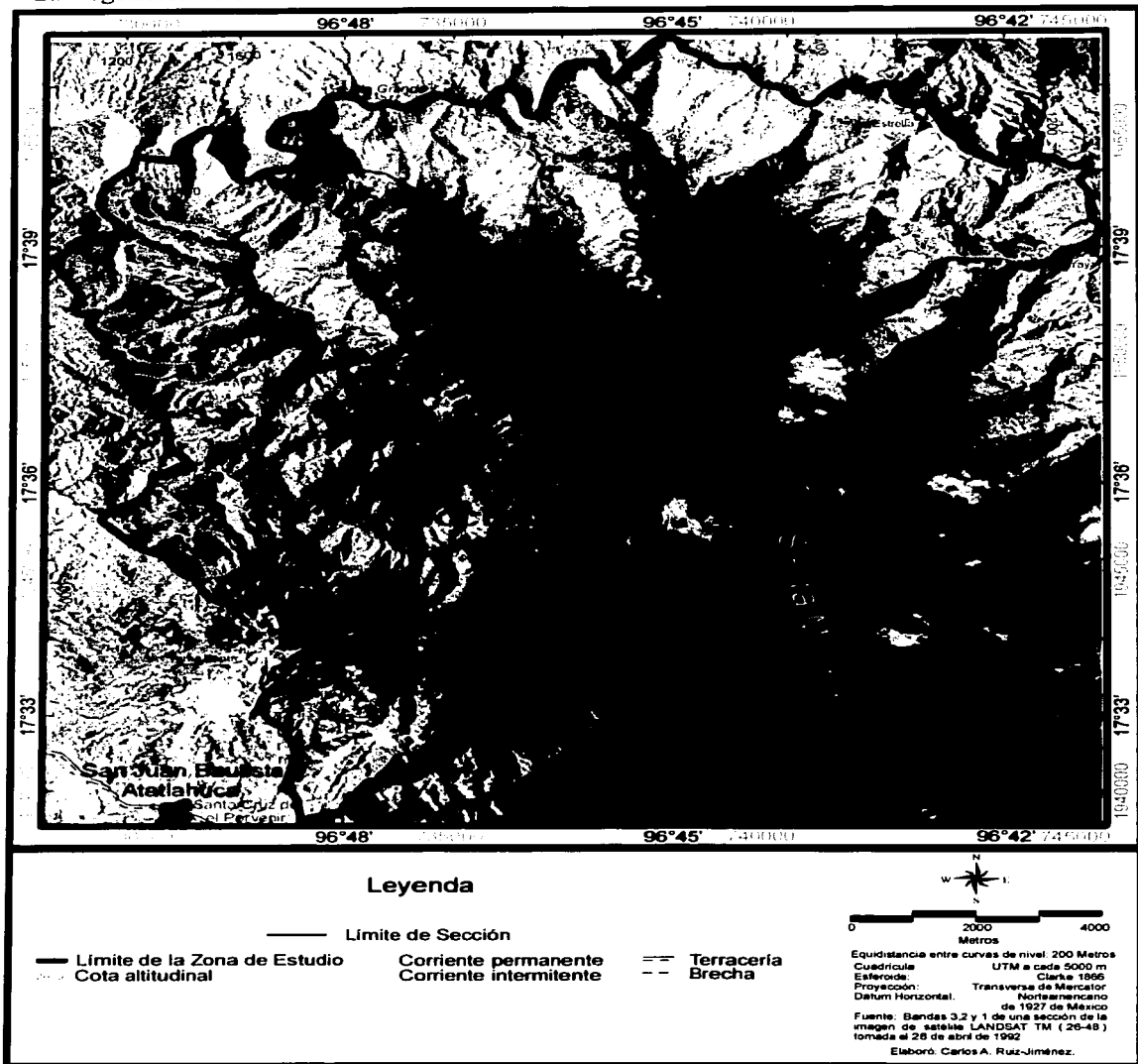


Figura 12. Compuesto en color (RGB321) de la Sierra Monteflor

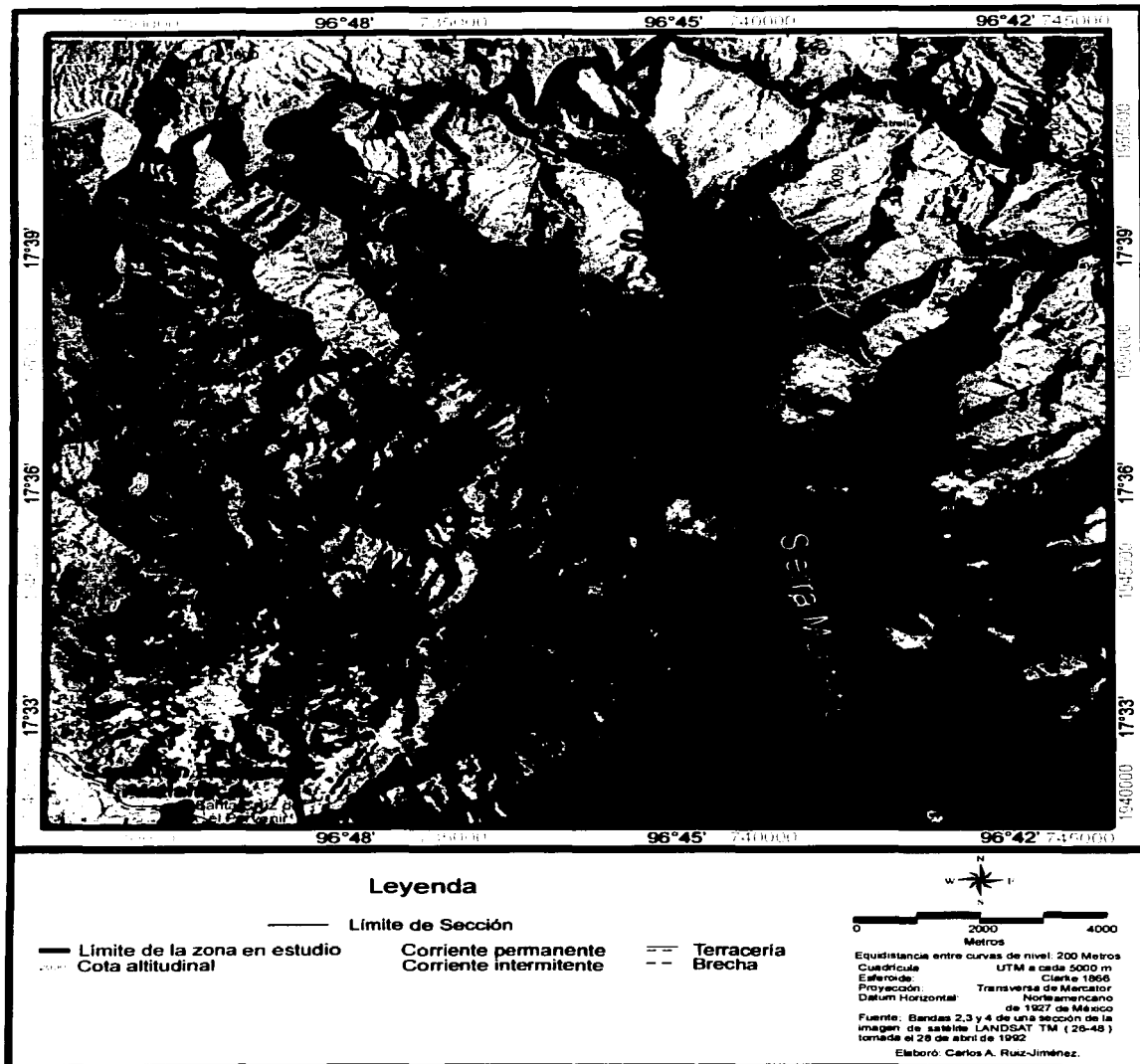


Figura 13. Compuesto en color (RGB432) de la Sierra Monteflor

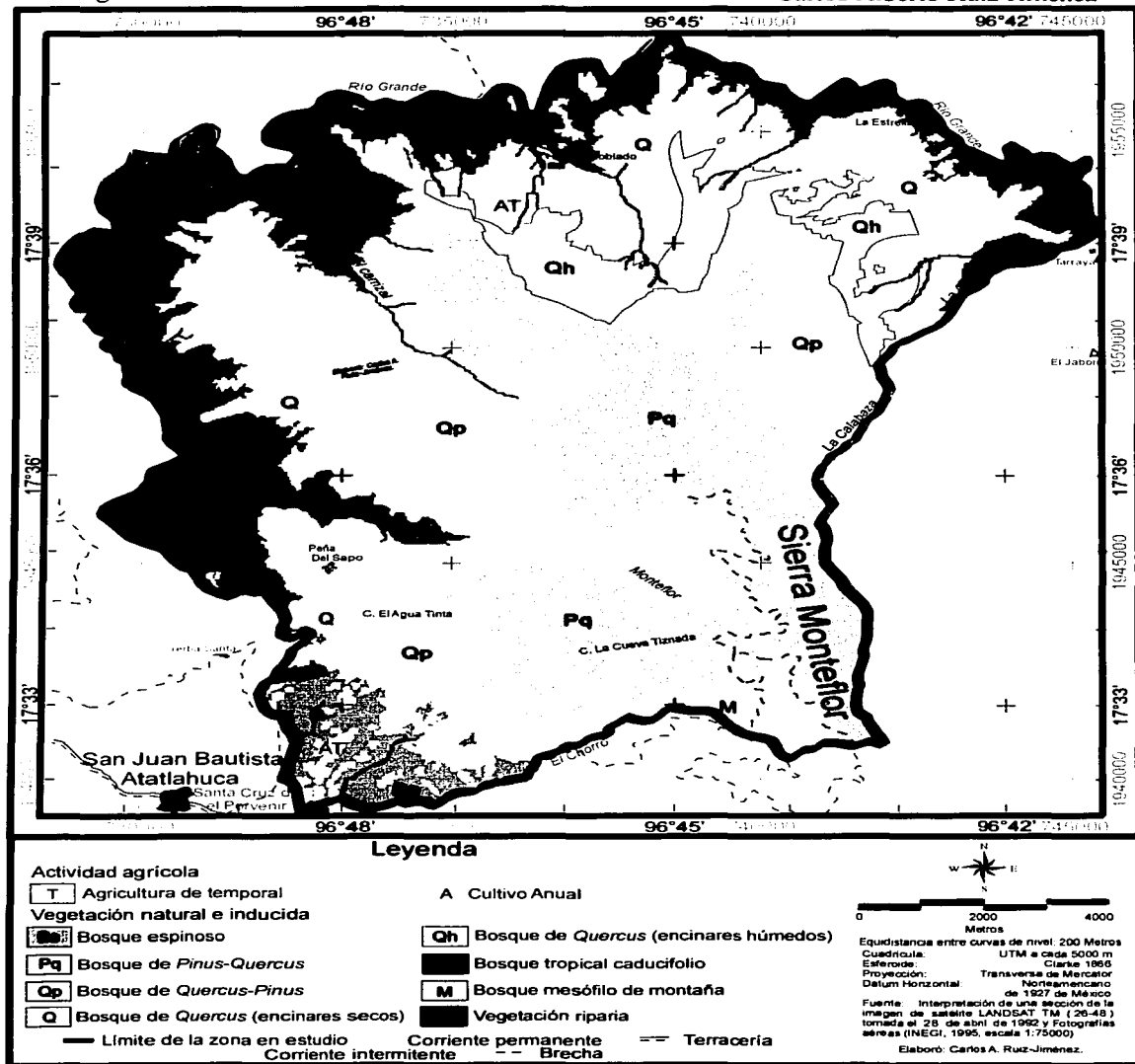


Figura 14. Mapa final de uso de suelo y vegetación de la Sierra Monteflor

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

(10) y oeste (9). Se muestrearon 5 diferentes tipos de vegetación, midiendo en total 3072 árboles (240 de bosque tropical caducifolio, 384 de encinares, 1392 de bosques de encino-pino y 144 de bosque mesófilo de montaña).

Cuadro 8. Características generales de los sitios muestreados.

Tipo de vegetación	No. de muestreos	Intervalo altitudinal (m s.n.m.)	Intervalo de Pendiente	Orientaciones
Bosque tropical caducifolio	5	1180 – 1452	11 – 32	ne, no, se, so
Bosque de <i>Quercus</i>	8	2000 – 2110	15 – 29	O, s, so
Bosque de <i>Quercus-Pinus</i>	29	1848 – 2640	14 – 56	n, ne, no, s, se, so, e
Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	19	2060 – 2440	12 – 38	no, s, se, so, e, o
Bosque mesófilo de montaña	3	2107 – 2231	18 - 26	n, ne

El análisis de datos se realizó de manera independiente para cada sitio de muestreo y solamente se trataron conjuntamente para el análisis por tipo de vegetación general, en la elaboración de los cuadros de las características generales de cada tipo de vegetación. El valor de importancia relativa se obtuvo mediante la suma de los valores relativos de área basal, densidad y frecuencia, los cuáles se obtuvieron a partir del cálculo de las variables absolutas correspondientes.

El área basal promedio en los tipos de vegetación identificados en la Sierra Monteflor (Cuadros 9 a 13), varía entre 32.72 y 40.14 m²/ha; el valor más bajo lo presentan los bosques de *Quercus*, las otras formaciones vegetales presentan valores alrededor de 40 m²/ha (Figura 15).

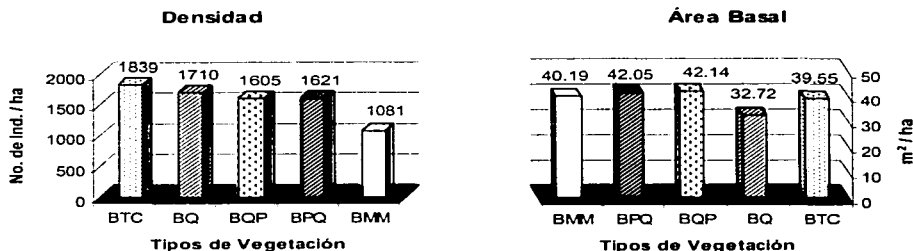


Figura 15. Densidad y área basal por tipo de vegetación

La densidad de árboles para los diferentes tipos de vegetación varía entre 1081 y 1839 individuos por hectárea (Cuadros 9 a 13 y Figura 15). El valor de densidad más

Pinus y *Pinus-Quercus* tienen densidades similares, el bosque de tropical caducifolio presenta la mayor densidad (1839 individuos), seguido por el bosque de *Quercus* (1710).

En relación al número total de especies muestreadas en los diferentes tipos de vegetación (Figura 16), el bosque de *Quercus-Pinus* tiene el mayor número con 38 especies, seguido por el bosque de *Pinus-Quercus* con 24 especies; en las otras formaciones vegetales el número de especies es similar (entre 13 y 14).

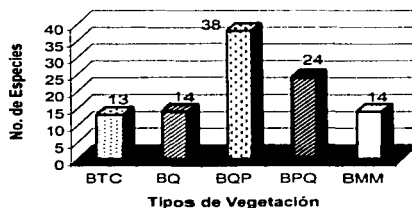


Figura 16. Número de especies muestreadas por tipo de vegetación.

Los bosques tropicales caducifolios de Sierra Monteflor son densos, en promedio su densidad es de 1838.8 individuos por hectárea (Cuadro 9), los valores de área basal son variables y presentan un promedio de 39.55 m²/ha; el intervalo de altura va de los 2.5 a los 8 metros y los diámetros de los troncos son pequeños (de 2.2 a 33 cm).

Las especies más importantes de esta vegetación por su valor de importancia relativo fueron: *Parkinsonia praecox*, *Neobuxbamia tetetzo*, *Acacia farnesiana*, *Bursera bipinnata*, *B. fagaroides*, *A. cochliacantha*, *B. submoniliformis*, *Caesalpinia velutina* y *Randia capitata* (Apéndice 3).

Cuadro 9. Resumen de los parámetros estructurales de los bosques tropicales caducifolios de la Sierra Monteflor.

No. de muestreo	Densidad (ind./ha)	Área basal (m ² /ha)	No. de especies	Intervalo de altura (m)	Altura promedio (m)	Intervalo de diámetro (m)
60	719	12.17	6	2.5 – 8.0	5.64	0.031 – 0.30
61	1523	39.96	9	1.5 – 8.0	5.26	0.031 – 0.27
62	2435	51.48	10	1.2 – 8.0	4.96	0.028 – 0.30
63	2675	48.05	5	2.0 – 8.0	4.55	0.022 – 0.23
64	1842	46.10	4	1.35 – 7.1	4.89	0.028 – 0.33
Promedio	1838.8	39.55	7	*****	*****	*****

Los bosques de *Quercus* son densos con un promedio de 1710 individuos por hectárea (Cuadro 10), y varía entre 1121 y 2446 árboles por hectárea. El área basal de los encinares varía ampliamente (entre 16.85 y 59.78 m²/ha). Los encinares son bosques bajos con un intervalo de altura variable, generalmente va de los 2 a los 16 m, con troncos de diámetros pequeños que van de los 1.9 a 58 cm.

En los encinares se muestrearon 8 diferentes especies del género *Quercus*. Las especies más importantes con respecto a su valor de importancia relativo fueron: *Quercus obtusata*, *Cercocarpus macrophyllus*, *Q. candicans*, *Q. glaucoides*, *Q. crassifolia*, *Arbutus xalapensis*, *Pinus devoniana*, *Q. castanea*, *Pinus herrerae*, y *Pinus teocote* (Apéndice 3).

Cuadro 10. Resumen de los parámetros estructurales de los bosques *Quercus* de la Sierra Monteflor.

No. de muestreo	Densidad (ind./ha)	Área basal (m ² /ha)	No. de especies	Intervalo de altura (m)	Altura promedio (m)	Intervalo de diámetro (m)
22	2066.51*	22.78*	5 ⁿ	2.5 – 11	4.13	0.025 – 0.34
23	1684.54*	23.00*	6 ⁿ	2.0 – 9.0	5.90	0.031 – 0.32
24	1463.53*	17.20*	3 ⁿ	2.5 – 12.0	5.96	0.019 – 0.35
25	1121.21*	17.11*	3 ⁿ	3.0 – 11.0	7.13	0.035 – 0.25
26	1224.34*	16.85*	3 ⁿ	2.5 – 11.0	6.61	0.022 – 0.22
47	2093.38**	46.33**	9 ^{na}	4.0 – 16.0	9.08	0.035 – 0.30
48	1578.36**	59.78**	8 ^{na}	2.0 – 16.0	8.98	0.038 – 0.58
49	2445.69**	58.74**	8 ^{na}	2.0 – 13.0	7.31	0.035 – 0.40
Promedio	1709.70	32.72	5.63	*****	*****	*****
	1512.02*	19.39+	4 ⁿ			
	2039.14**	54.95**	8 ^{na}			

El bosque de *Quercus-Pinus* es una comunidad muy variable en cuanto a la densidad y área basal. Los promedios de densidad y de área basal son de 1605 ind/ha y 42.14 m²/ha, respectivamente; la altura de estos bosques generalmente no excede los 15 m de altura y pueden llegar hasta los 26 m. Los diámetros de los troncos de los árboles se distribuyen en un intervalo que va de los 1.6 a 83 cm (Cuadro 11).

En este bosque se muestrearon 14 especies del género *Quercus* y 6 especies del género *Pinus*. Las especies más importantes con respecto a su valor de importancia relativo fueron: *Arbutus xalapensis*, *Quercus obtusata*, *Pinus lawsoni*, *Q. crassifolia*, *Alnus acuminata* ssp *arguta*, *Q. acatenangensis*, *P. teocote*, *P. oaxacana*, *P. devoniana*, *Q. castanea*, *Q. greggii*, *P. herrerae*, *Q. scytophylla*, *P. hartwegii*, *Nolina parviflora* y *Abies guatemalensis* var. *jaliscana* (Apéndice 3).

Otros encinos de este tipo de vegetación que no son muy importantes estructuralmente y que se muestrearon fueron: *Quercus affinis*, *Q. candicans*, *Q. conspersa*, *Q. glabrescens*, *Q. glaucoides*, *Q. laeta*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*.

El bosque de *Pinus-Quercus* es un tipo de vegetación denso con un promedio de 1620 ind/ha, el intervalo de área basal es muy amplio va de los 14.28 a los 81.19 m²/ha, y el promedio es de 42.05 m²/ha. (Cuadro 12). Este valor extremo de área basal se debe a la presencia dominante de pinos con diámetros grandes. El intervalo de diámetros es de 1.5 a 89 cm, la altura máxima del bosque no excede los 28 metros, generalmente fluctúa entre 10 y 15 m.

En este tipo de vegetación se registraron en los muestreos 5 especies del género *Piunus* y 9 especies del género *Quercus*. Las especies más importantes con respecto a su valor de importancia relativo fueron: *Arbutus xalapensis*, *Pinus oaxacana*, *P. herrerae*, *Q. crassifolia*, *P. devoniana*, *Alnus acuminata* ssp *arguta*, *Q. obtusata*, *Pinus hartwegii*, *Q. scytophylla* y *Nolina parviflora* (Apéndice 3).

Cuadro 11. Resumen de los parámetros estructurales de los bosques *Quercus-Pinus* de la Sierra Monteflor.

No. de muestreo	Densidad (ind./ha)	Área basal (m ² /ha)	No. de especies	Intervalo de altura (m)	Altura promedio (m)	Intervalo de diámetro (m)
1	1743.37	67.55	7	2.5 – 25.0	8.54	0.016 – 0.76
2	1902.06	51.74	8	2.5 – 23.0	9.60	0.019 – 0.39
3	1528.37	51.37	6	3.0 – 15.0	8.80	0.025 – 0.72
6	1976.41	45.92	6	3.0 – 15.30	6.78	0.019 – 0.46
7	1219.00	35.54	9	3.0 – 20.5	7.93	0.031 – 0.53
18	2320.21	24.30	6	3.0 – 10.0	6.26	0.025 – 0.25
19	2012.40	47.37	5	2.5 – 22.0	10.73	0.025 – 0.59
20	991.74	29.68	7	2.5 – 21.0	7.03	0.022 – 0.54
27	584.27	26.24	6	2.5 – 13.0	8.46	0.025 – 0.41
28	447.05	14.60	6	2.5 – 13.0	6.63	0.025 – 0.46
29	619.18	29.34	6	2.0 – 12.0	7.23	0.028 – 0.50
30	553.31	22.36	7	2.5 – 12.0	6.37	0.025 – 0.51
31	663.05	33.34	7	3.0 – 12.0	7.26	0.019 – 0.58
32	584.03	24.12	6	3.0 – 15.0	7.63	0.025 – 0.58
33	1358.71	32.68	12	1.8 – 15.0	6.49	0.031 – 0.58
34	1559.71	36.08	10	3.0 – 13.0	6.70	0.028 – 0.39
35	3658.30	56.97	13	3.0 – 15.0	6.17	0.031 – 0.40
36	3314.84	57.77	6	2.5 – 11.0	5.83	0.035 – 0.60
37	2334.72	62.93	9	1.8 – 12.0	6.37	0.025 – 0.59
38	2740.56	51.84	8	2.5 – 13.0	5.60	0.025 – 0.47
39	1407.35	54.28	7	3.0 – 14.0	6.65	0.028 – 0.83
40	891.18	56.37	10	3.0 – 14.0	6.57	0.019 – 0.08
41	1763.87	53.63	12	1.5 – 15.0	5.45	0.019 – 0.66
43	1962.21	55.01	12	2.2 – 13.0	5.14	0.025 – 0.72
45	1077.19	38.02	13	1.65 – 16	6.15	0.031 – 0.59
46	841.48	32.13	8	2.0 – 26.5	7.16	0.028 – 0.67
51	2887.92	56.45	8	2.0 – 13.0	6.76	0.019 – 0.44
54	2639.83	48.73	8	2.0 – 15.0	7.82	0.022 – 0.56
56	950.02	25.82	4	2.2 – 15.0	6.20	0.020 – 0.28
Promedio	1604.56	42.14	8	*****	*****	*****

Otras especies presentes en el muestreo pero que no son estructuralmente importantes son: *Pinus teocote*, *Quercus acatenangensis*, *Q. castanea*, *Q. conspersa*, *Q. glabrescens*, *Q. greggii*, *Q. laurina*, *Q. rugosa* y *Q. splendens*.

Cuadro 12. Resumen de los parámetros estructurales de los bosques *Pinus-Quercus* de la Sierra Monteflor

No. de muestreo	Densidad (ind./ha)	Área basal (m ² /ha)	No. de especies	Intervalo de altura (m)	Altura promedio (m)	Intervalo de diámetro (m)
4	1567.18	66.05	5	2.3 – 17.0	8.28	0.025 – 0.73
5	2259.05	37.34	6	3.0 – 14.0	7.24	0.015 – 0.36
8	1413.09	32.22	7	2.5 – 23.0	8.79	0.031 – 0.47
9	1815.60	37.92	6	2.5 – 27.4	7.53	0.022 – 0.73
10	2066.90	26.00	9	3.0 – 20.0	7.49	0.019 – 0.48
11	1535.11	21.02	8	2.5 – 15.0	6.58	0.019 – 0.40
12	1391.64	14.28	5	2.0 – 10.0	4.83	0.022 – 0.31
13	1570.55	81.19	5	3.0 – 20.0	7.28	0.022 – 0.89
14	1695.83	25.80	5	3.0 – 12.0	7.27	0.031 – 0.44
15	1731.90	63.95	8	4.0 – 16.0	7.69	0.035 – 0.62
16	2741.15	76.20	7	3.5 – 18.0	8.11	0.031 – 0.59
17	1557.15	20.85	7	3.0 – 13.0	6.32	0.022 – 0.34
21	799.44	26.75	6	2.5 – 15.0	8.99	0.025 – 0.39
42	1079.40	32.30	8	2.5 – 13.0	5.53	0.028 – 0.50
44	2492.72	52.87	10	2.3 – 11.0	5.89	0.025 – 0.54
50	961.98	27.84	7	3.0 – 16.0	8.67	0.022 – 0.52
52	823.86	42.48	9	2.5 – 25.0	8.81	0.022 – 0.86
53	987.07	41.73	8	2.0 – 25.0	7.96	0.031 – 0.83
55	2300.00	72.21	7	2.5 – 21.0	8.21	0.035 – 0.65
Promedio	1620.50	42.05	7	*****	*****	*****

El bosque mesófilo de montaña es abierto, presenta un promedio de 1081 ind/ha (Cuadro 13), el área basal es variable de 37.2 a 53.5 m²/ha, es uno de los bosques de mayor altura de la sierra y los troncos presentan una gran amplitud diamétrica (3.1 a 71 cm).

Las especies más importantes por su valor de importancia relativa son: *Ternstroemia tepezapote*, *Myrsine juergensenii*, *Cornus excelsa*, *Saurauia conzattii*, *Fraxinus uhdei*, *Alnus acuminata* spp. *arguta*, *Clethra mexicana*, *Quercus candicans* y *Q. crassifolia* (Apéndice 3).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 13. Resumen de los parámetros estructurales del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Monteflor.

No. de muestreo	Densidad (ind./ha)	Área basal (m ² /ha)	No. de especies	Intervalo de altura (m)	Altura promedio (m)	Intervalo de diámetro (m)
57	700.00	37.20	6	3.0 – 20.0	10.5	0.031 – 0.50
58	1318.00	29.88	8	5 – 18	9.54	0.031 – 0.37
59	1226.00	53.50	8	4.5 – 20.0	8.77	0.044 – 0.71
Promedio	1081.33	40.19	7	*****	*****	*****

5.4 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

A pesar de que la elaboración de una lista florística de la Sierra Monteflor no fue uno de los objetivos principales dentro de este estudio, en los diferentes tipos de vegetación, en los sitios de muestreo y durante los recorridos dentro del área en estudio se colectaron un total de 481 ejemplares de plantas, cuya determinación dio como resultado una lista representativa de la zona que contiene un total de 302 especies distribuidas en 181 géneros y 88 familias (Apéndice 4), la cuál incluye árboles, arbustos, hierbas, lianas, epifitas y parásitas.

La composición florística de la Sierra se resume en el Cuadro 14. Las dicotiledóneas dominan con una proporción específica de 75.83%, equivalente a 229 especies, 141 géneros y 68 familias. Con una menor proporción le siguen las monocotiledóneas con 14.24% de las especies, las pteridofitas con 6.29%, y por último las gimnospermas con 3.64%.

Cuadro 14. Composición florística de la Sierra Monteflor (Oaxaca), México. Entre paréntesis se muestran los porcentajes.

Plantas Vasculares	No. de Familias	No. de Géneros	No. de Especies
Angiospermas			
Monocotiledóneas	10 (11.36%)	23 (12.71%)	43 (14.24 %)
Dicotiledóneas	68 (77.27%)	141 (77.90%)	229 (75.83%)
Gimnospermas	3 (3.41%)	4 (2.21%)	11 (3.64%)
Pteridofitas	7 (7.95%)	13 (7.18%)	19 (6.29%)
TOTALES	88 (100.00 %)	181 (100.00%)	302 (100.00%)

Las familias mejor representadas en cuanto al número de especies (Cuadro 15) son las Leguminosae (41), Compositae (30), Orchidaceae (23), Fagaceae (18), Labiatae (9) y Pinaceae (9), las cuales representan el 43.05% del total de especies de

la sierra con 58 géneros y 130 especies. En el cuadro 15 se muestran las familias con cuatro o más especies presentes, éstas incluyen 82 géneros y 176 especies y corresponden al 58.28% del total de especies de la sierra; las especies restantes (126) corresponden al 41.72% del total y se distribuyen en 74 familias.

Respecto a las formas de crecimiento se incluyen en la lista 81 especies arbóreas, 55 arbustivas, 126 herbáceas, 28 epífitas, 5 bejucos, 4 enredaderas y 3 parásitas. En el tipo de vegetación en el que se registraron más especies arbóreas fue el bosque de *Quercus-Pinus* (38), seguido por el bosque de *Pinus-Quercus* (27), el bosque mesófilo de montaña (23) y el bosque tropical caducifolio (22). La forma de vida arbustiva esta mejor representada en el bosque de *Pinus-Quercus* con 23 especies. Las hierbas presentan 55 y 67 especies en los bosques de *Pinus-Quercus* y *Quercus-Pinus*, respectivamente. Las epífitas presentan 15 y 11 especies en el bosque de *Quercus-Pinus* y el bosque de *Quercus*. En total los tipos de vegetación con mayor número de especies son los bosques *Pinus-Quercus* y *Quercus-Pinus* con 129 y 125.

Cuadro 15. Distribución de las especies en las diferentes familias.

Familia	No. géneros	No. de especies	% del total de especies
Leguminosae	20	41	13.58
Compositae	22	30	9.93
Orchidaceae	10	23	7.62
Fagaceae	1	18	5.96
Labiatae	3	9	2.98
Pinaceae	2	9	2.98
Bromeliaceae	3	7	2.32
Ericaceae	5	7	2.32
Polypodiaceae	4	7	2.32
Crassulaceae	2	6	1.99
Onagraceae	3	6	1.99
Adiantaceae	3	5	1.66
Lobeliaceae	1	4	1.32
Rhamnaceae	3	4	1.32
Familias restantes	99	126	41.72
Totales	181	302	100.00

De las 302 especies registradas para la Sierra Monteflor, solamente 2 se encuentran en la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001, en la cuál se enlistan las especies de flora y fauna silvestres en alguna de las categorías de riesgo, así como las especificaciones para su inclusión, exclusión y cambio en la lista. De la familia Ericaceae, la especie *Comarostaphylis discolor* se ubica en la categoría denominada "Sujeta a Protección Especial" (Pr) y de la familia Lauraceae, la especie *Litsea glaucescens* se cataloga como una especie "En Peligro de Extinción" (P).

5.5 TIPOS DE VEGETACIÓN

En la Sierra Monteflor se identificaron los siguientes tipos de vegetación templada y cálida, de acuerdo con la clasificación de Rzedowski (1978):

Bosque tropical caducifolio
 Bosque espinoso
 Bosque de *Quercus*
 Bosque de *Quercus-Pinus*
 Bosque de *Pinus-Quercus*
 Bosque mesófilo de montaña
 Vegetación riparia

La clasificación y descripción de las comunidades vegetales se basó en los criterios fisonómico-florísticos y estructurales-florísticos con base en las áreas en las que se realizaron los muestreos de vegetación; es decir la fisonomía, la identidad de las especies presentes en el sitio de muestreo y sus parámetros estructurales se utilizaron para clasificar la vegetación, también las zonas de muestreo se utilizaron como sitios de entrenamiento (puntos de control) en la clasificación de la imagen de satélite.

5.5.1 Bosque tropical caducifolio

Esta comunidad en la Sierra Monteflor comprende 3750 hectáreas que representan el 20.26% de la superficie de la zona en estudio (Cuadro 16 y Figura 14), se desarrolla en las partes norte y oeste, en un intervalo altitudinal que va de los 760 a los 1883 metros, a una altitud promedio de 1315 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal ($C(w_1')(w)$ big), semiseco cálido $BS_1(h')w''(w)(i)g$ y el seco cálido $Bs_0(h')w''(w)(e)g$ (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas bajas (60.36%) y medias (36.03%), con una pendiente promedio de 40 grados, en un intervalo que va de 0 a 80 grados, y constituidas por cataclasitas de edad cretácica (54.56%), calizas del cretácico inferior (15.03%) y en un complejo de areniscas y conglomerados del terciario inferior (15.36%).

Los bosques tropicales caducifolios de Monteflor son densos y de baja altura (Cuadro 8), oscilan entre los 2.5 y 8 m. Están compuestos por un estrato arbóreo, otro arbustivo y uno herbáceo escaso, existen pocas epifitas y trepadoras. Los troncos son comúnmente ramificados y presentan diámetros máximos de 33 cm. La característica más importante de esta comunidad es la pérdida casi total de su follaje durante cerca de seis meses, en el periodo de sequía.

Entre los elementos arbóreos registrados están: *Acacia cochliacantha*, *A. farnesiana*, *A. macracantha*, *A. pennatula*, *A. subangulata*, *A. tequilana*, *Bursera bipinnata*, *B. fagaroides*, *B. submoniliformis*, *Caesalpinia velutina*, *Capparis incana*, *Ceiba parvifolia*, *Euphorbia schlechtendalii*, *Guazuma ulmifolia*, *Lysiloma acapulcensis*, *L. divaricatum*, *Neobuxbaumia tetetzo*, *Parkinsonia praecox*, *Pithecellobium dulce*, *Rhus sp.*, *Salix taxifolia*, *Sideroxylon celastrinum*.

En el estrato arbustivo se registraron: *Brahea dulcis*, *Carlwrightia neesiana*, *Castela erecta*, *Fouquieria formosa*, *Gymnolaena oaxacana*, *Haplophyton cimidum*, *Ipomoea pauciflora*, *Justicia aff. mexicana*, *Karwinskia mollis*, *Mimosa mollis*, *Plumeria rubra*, *Randia capitata*, *Ruellia sp.* y *Trixis haenki*.

Las hierbas presentes fueron: *Brickellia diffusa*, *Hechtia podantha*, *Mirabilis viscosa*, *Selaginella lepidophylla* y *Selaginella pallescens*.

Las trepadoras y epífitas colectadas son: *Ipomoea sp.*, *Tillandsia sp.*, *Serjania sp.* y *Catopsis sp.*

Ocasionalmente se intercala este tipo de vegetación con el bosque espinoso y con los bosques de encino. La densidad de esta comunidad puede variar por el grado de perturbación debido a la influencia humana, trayendo como consecuencia la desaparición de especies características y el establecimiento y predominio de especies indicadoras de perturbación como las pertenecientes al género *Acacia cochliacantha*, *A. famesiana*, *A. macracantha*, *A. pennatula*, *A. subangulata*.

5.5.2 Bosque espinoso

En la Sierra Monteflor se desarrolla en la parte suroeste en una superficie de 516 hectáreas equivalentes al 2.79% de la superficie de la sierra (Cuadro 16 y Figura 14), se encuentra en un intervalo altitudinal que va de los 1078 a los 2005 metros, a una altitud promedio de 1508 metros, el tipo climático en el que se desarrolla es el semiseco cálido $BS_1(h)w''(w)(i)g$ (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas bajas (85.59%) y medias (13.54%), con una pendiente promedio de 31 grados, en un intervalo que va de 0 a 63 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas: en un complejo calizas y lutitas del cretácico inferior (59.80%), y cataclasitas de edad cretácica (39.33%).

Es una comunidad densa de hasta 8 metros de altura en la que sus elementos dominantes poseen espinas y durante la temporada seca del año la mayoría de las especies pierden sus hojas.

En el estrato arbóreo se registraron: *Acacia macracantha*, *Acacia pennatula*, *Quercus conspersa*, el arbusto presente fue *Senna pallida*; y en las hierbas se tiene: *Brahea dulcis* y *Hechtia podantha*; la epífita presente fue *Catopsis sp.*

Este tipo de vegetación se favorece con las perturbaciones antrópicas y prospera en sitios donde existía bosque tropical caducifolio que se eliminó para establecer campos de cultivo que posteriormente son abandonados.

5.5.3 Bosque de *Quercus* (Encinares)

Los bosques de *Quercus* dentro de la Sierra Monteflor se desarrollan en una franja que va desde la parte sur hacia la parte suroeste, oeste, noroeste, norte y termina

en la zona noreste (Figura 14), comprenden 4982 hectáreas (27.46% de la superficie de la sierra), se ubican en un intervalo altitudinal que va de los 1040 a los 2330 metros, a una altitud promedio de 1741 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal ($C(w_1)(w)big$), semiseco cálido $BS_1(h')w''(w)(i')g$ y templado subhúmedo con lluvias en verano de poca oscilación térmica ($C(w_2)b(i')g$) (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas medias (45.79%), bajas (33.41%) y altas (19.85%), con una pendiente promedio de 33.93 grados, en un intervalo que va de 0 a 69 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas, cataclasita de edad cretácica (48.04) y calizas del cretácico inferior (32.71).

Los encinares son bosques densos y de baja altura, esta oscila entre los 2.0 y 16 m (Cuadro 10). Están compuestos por un estrato arbóreo, otro arbustivo y uno herbáceo escaso, existen pocas epífitas y trepadoras. Los troncos son comúnmente ramificados y presentan diámetros máximos de 58 cm.

Los elementos arbóreos registrados fueron: *Acacia macracantha*, *A. pennatula*, *Juniperus monticola*, *Pistacia mexicana*, *Quercus candicans*, *Q. laeta*, *Q. liebmannii*, *Q. segoviensis* y *Rhus sp.*

Las especies arbustivas presentes fueron: *Baccharis sp.*, *Brahea dulcis*, *Fuchsia parviflora*, *Mimosa aculeaticarpa* y *Rhamnus pringlei*.

Las especies herbáceas colectadas fueron: *Adiantum poiretti*, *Asplenium monanther*, *Cyperus sp.*, *Desmodium strobilaceum*, *Echeveria aff. gibiflora*, *Equisetum myriochaetum*, *Lobelia laxiflora*, *Macromeria pringlei*, *Maianthemum scilloideum*, *Mimulus glabratus*, *Phlebodium araneosum*, *Salvia misella* y *Selaginella pallescens*.

Las epífitas y bejucos corresponden a: *Encyclia aff. concolor*, *E. tenuisima*, *E. vitellina*, *Epidendrum longipetalum*, *Lemboglossum apterum*, *Pecluma sp.*, *Pleopeltis mexicana*, *Prosthechea concolor*, *Prosthechea semiaperta*, *Tillandsia dugesii*, *T. usneoides* y *Bomarea acutifolia*.

Los encinares de la Sierra Monteflor se dividieron en dos tipos, "encinares secos" y "encinares húmedos", esta clasificación se basa en la diferencia de las condiciones climáticas en las que se desarrollan. Los "encinares secos" se encuentran principalmente en áreas en las que el tipo de clima es semiseco cálido con lluvias en verano y oscilación térmica pequeña (Figura 4 y 13), también se pueden presentar en zonas con altitud menor a 1600 metros que tienen un clima templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal. Los "encinares húmedos" se distribuyen en la parte norte de la zona en estudio, la cuál presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal; en esta área las condiciones de humedad se favorecen por las condiciones topográficas del terreno, las geoformas constituyen las laderas de una cañada muy grande y protegida de la insolación.

Adicionalmente, esta clasificación se apoya en las diferencias fisonómicas, de composición florística y de los parámetros estructurales de las especies dominantes. Fisonómicamente los "encinares húmedos" presentan una gran abundancia de epífitas

(principalmente de la familia Bromeliaceae); florísticamente, en éstos bosques se pueden presentar especies consideradas como "elementos del bosque mesófilo de montaña"; estructuralmente, las especies dominantes son diferentes.

a) Encinares secos

Estos encinares se distribuyen dentro de la Sierra Monteflor en una franja que va desde la parte sur hacia la parte suroeste, oeste, noroeste, norte y termina en la zona noreste, en un intervalo altitudinal que va de los 1040 a los 2280 metros, a una altitud promedio de 1622.18 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal ($C(w_1')(w)big$), semiseco cálido $BS_1(h')w'(w)(i)g$ (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas medias (47.45%), bajas (36.13%) y altas (15.68%), con una pendiente promedio de 35.18 grados, en un intervalo que va de 0 a 69 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas, cataclasita de edad cretácica (50.67%), calizas del cretácico inferior (26.70) y andesitas porfídicas del terciario (10.56%).

b) Encinares húmedos

Este tipo de bosques se desarrolla en la zona norte y noreste de la sierra, en un intervalo altitudinal que va de los 1360 a los 2330 metros, a una altitud promedio de 1908 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal ($C(w_1')(w)big$) y templado subhúmedo con lluvias en verano de poca oscilación térmica ($C(w_2)b(i)g$) (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas medias (39.17%), altas (36.49%) y bajas (22.57%), con una pendiente promedio de 32.57 grados, en un intervalo que va de 0 a 68 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas, calizas del cretácico inferior (56.70%) y cataclasita de edad cretácica (37.53%).

Con respecto a las características estructurales de estos encinares, existen diferencias marcadas, en relación con la densidad se presenta una diferencia aproximada de 500 individuos más en los "encinares húmedos" (Cuadro 10, muestreos 47 a 49); el área basal también presenta un comportamiento similar, es 2.8 veces mayor en los "encinares húmedos" que en los "encinares secos" (Cuadro 10, muestreos 22 a 26). El número de especies muestreadas, la altura máxima de los árboles y los intervalos de diámetros de los árboles también son mayores en los encinares húmedos.

Con relación a la composición florística, en los encinares secos la especie más importante (por su valor de importancia relativa) es *Quercus obtusata*, para los encinares húmedos la especie importante es *Q. glaucoides*, la cual forma parte de un grupo de encinos ampliamente distribuidos en el bosque (*Q. obtusata*, *Q. crassifolia*, y *Q. candicans*).

5.5.4 Bosque de *Quercus-Pinus*

Los bosques mixtos de *Quercus-Pinus* se desarrollan en las partes sureste, centro y noroeste, también en otro parche localizado en el este con dirección noreste

(Figura 14). Se distribuyen en un área de 4600 hectáreas (24.86% de la sierra) y en un intervalo altitudinal que va de los 1413 a los 2680 metros, a una altitud promedio de 2045 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano de poca oscilación térmica (C(w₂)b(i')g), semiseco cálido BS₁(h')w''(w)(i')g y templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal (C(w₁')(w)big) (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas medias (48.40%), altas (27.40) y bajas (24%), con una pendiente promedio de 33.6 grados, en un intervalo que va de 0 a 69 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas, cataclasis de edad cretácica (65.17%), calizas del cretácico inferior (23.48%) y en un complejo de calizas y lutitas del cretácico inferior (9.84%).

Los bosques de *Quercus-Pinus* debido a la gran extensión que cubren y las condiciones ambientales en que se presentan en la sierra, su densidad y área basal son muy variables, la altura máxima del dosel y los diámetros de los árboles también son variables, y en algunos sitios puede llegar a los 26 metros de altura y a diámetros de 83 cm.

Las especies arbóreas son numerosas, entre estas están: *Alnus acuminata* subsp. *arguta*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos pungens*, *Buddleja cordata*, *B. parvifolia*, *Buddleja* sp., *Cercocarpus macrophyllus*, *Clethra pringlei*, *Cornus disciflora*, *C. excelsa*, *Fuchsia arborescens*, *Nolina parviflora*, *Oreopanax xalapensis*, *Pinus devoniana*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. lawsoni*, *P. oaxacana* (x *montezumae*), *P. teocote*, *Prunus brachybotrya*, *Pistacia mexicana*, *Quercus acatenanguensis*, *Q. affinis*, *Q. castanea*, *Q. conspersa*, *Q. crassifolia*, *Q. glabrescens*, *Q. glaucoides*, *Q. grahami*, *Q. greggii*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. obtusata*, *Q. scytophylla*, *Saurauia conzattii*, *Taxodium mucronatum*, *Ternstroemia sylvatica* y *T. tepezapote*.

Los arbustos registrados fueron: *Baccharis* sp., *Calliandra anomala*, *Ceanothus coeruleus*, *Fuchsia parviflora*, *Gaultheria erecta*, *Litsea glaucescens*, *L. neesiana*, *Monnina xalapensis*, *Phytolacca rugosa*, *Rhamnus* aff. *mucronata*, *Senna pallida*, *Vaccinium leucanthum*, *Wigandia urens* var. *urens* y *Witheringia stellata*.

Las hierbas colectadas fueron: *Adiantum capillus-veneris*, *Asclepias* aff. *otarioides*, *A. circinalis*, *Asplenium monanthes*, *Atorima erubescens*, *Bouvardia* sp., *Calea* sp., *Cheilanthes lendigera*, *Chimaphila maculata*, *Cirsium* sp., *Crotalaria mollicula*, *Dalea* cf. *lutea*, *Delphinium bicornatum*, *Desmodium sericophyllum*, *Dryopteris wallichiana*, *Encyclia* aff. *linkiana*, *E. varicosa*, *Eragrostis* sp., *Erigeron* sp., *Geranium* sp., *Gnaphalium* sp., *Govenia* sp., *Hackelia stricta*, *Hechtia podantha*, *Heuchera orizabensis*, *Indigofera jamaicensis*, *Iresine celosia*, *I. diffusa*, *Lantana hirta*, *Lobelia berlandieri*, *L. laxiflora*, *Lopezia miniata*, *Macromeria exserta*, *Muhlenbergia* sp., *Oxalis* spp., *Penstemon gentianoides*, *Penstemon* sp., *Peperomia galioides*, *Peperomia* sp., *Pinguicula heterophylla*, *Pinguicula moranensis*, *Polypodium plebeium*, *P. pleolepis*, *Ranunculus* sp., *Russelia* sp., *Salvia mexicana*, *S. patens*, *Schiedella eriophora*, *Sisyrinchium* aff. *angustissimum*, *Stachys coccinea*, *Stachytarpheta* sp., *Stellaria cuspidata*, *Trixis* sp. y *Woodwardia spinulosa*.

Las epífitas, enredaderas y bejucos registrados fueron: *Cheilanthes notholaenoides*, *Encyclia citrina*, *E. concolor*, *E. vitellina*, *Epidendrum ledifolium*, *E.*

propinquum, *Euchile karwinskii*, *Isochillus* sp., *Pellaca cordifolia*, *Peperomia deppeana*, *Pleopeltis mexicana*, *Polypodium* sp., *Rhynchostele maculata*, *Tillandsia bourgaei* y *T. usneoides*, *Canavalia hirsuta*, *Phaseolus vulgaris*, *Polygonum convolvulus*; *Clematis dioica*, *Desmodium bellum*.

5.5.5 Bosque de *Pinus-Quercus*

Los bosques mixtos de *Pinus-Quercus* en la Sierra Monteflor se desarrollan en la parte sur hacia el sureste, este, pasando por la zona central hasta la parte norte (Figura 13), comprenden el 20.54% de la superficie de la zona con 3802 hectáreas. El intervalo altitudinal en el que se ubican va de los 1660 a los 3120 metros, a una altitud promedio de 2340 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano de poca oscilación térmica (C(w₂)b(i')g), semiseco cálido BS₁(h')w''(w)(i')g y templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal (C(w₁')(w)big) (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas medianas (38.33%), altas (38.14%) y medias (21.20%), con una pendiente promedio de 32.2 grados, en un intervalo que va de 0 a 66 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas cataclasita de edad cretácica (86.03%) y calizas del cretácico inferior (13.47%).

El bosque de *Pinus-Quercus* es un tipo de vegetación denso y el área basal y los diámetros de los troncos son muy variables, pudiendo alcanzar hasta valores de 81.19 m²/ha y 89 cm de grosor, la altura máxima puede ser de hasta 28 metros.

Los elementos arbóreos registrados fueron: *Abies guatemalensis* var. *jaliscana*, *Alnus acuminata* subsp. *arguta*, *Arbutus xalapensis*, *Calliandra grandiflora*, *Cercocarpus macrophyllus*, *Clethra mexicana*, *C. pringlei*, *Cleyera* sp., *Cornus excelsa*, *Nolina parviflora*, *Oreopanax xalapensis*, *Pinus ayacahuite*, *P. devoniana*, *P. hartwegii*, *P. herrerae*, *P. oaxacana*, *P. patula*, *Prunus brachybotrya*, *P. serotina* subsp. *capuli*, *Quercus crassifolia*, *Q. glabrescens*, *Q. obtusata*, *Q. rugosa*, *Q. scytophylla*, *Q. splendens*, *Saurauia conzattii* y *Ternstroemia tepezapote*.

Las especies del estrato arbustivo son: *Ageratina bellidifolia*, *Arctostaphylos lucida*, *Baccharis* sp., *Comarostaphylis discolor*, *Ceanothus coeruleus*, *Dalea zimapanica*, *Desmodium* sp., *Eysenhardtia polystachya*, *Fuchsia tacanensis*, *Hemichaena fruticosa*, *Lagascea helianthifolia* var. *helianthifolia*, *Mimosa* aff. *guatemalensis*, *Monnina xalapensis*, *Myrica cerifera*, *Phytolacca rugosa*, *Myrsine juergensenii*, *Rhamnus* aff. *mucronata*, *Rumfordia floribunda*, *Senecio* sp., *Stevia lucida*, *Vaccinium confertum*, *Vernonia karwinskiana* y *Wigandia urens* var. *urens*.

Los elementos herbáceos fueron numerosos y corresponden a las siguientes especies: *Anagallis arvensis*, *Arenaria lanuginosa*, *Arracacia* sp., *Bouvardia* sp., *Brickellia* sp., *Castilleja arvensis*, *C. tenuiflora*, *Cirsium conspicuum*, *Cologania procumbens*, *Conyza* sp., *Cosmos* sp., *Crotalaria rotundifolia*, *Cuphea cyanea*, *Cyperus aggregatus*, *C. hermaphroditus*, *Delphinium bicornatum*, *Dressleiana* sp., *Echeveria secunda*, *Echeveria* spp., *Encyclia* aff. *linkiana*, *Eragrostis* sp., *Erygeron* sp., *Eryngium* sp., *Eupatorium bellidifolium*, *Euphorbia* sp., *Galega* sp., *Glandularia bipinnatifida*,

capitata, *Hackelia stricta*, *Heuchera orizabensis*, *Hypericum pauciflorum*, *Indigofera miniata*, *Iresine celosia*, *I. diffusa*, *Iostephane trilobata*, *Juncus sp.*, *Lobelia cf. graina*, *L. guerrerensis*, *Lotus repens*, *Lupinus glabratus*, *L. mexicanus*, *L. montanus*, *L. sp.*, *L. versicolor*, *Muhlenbergia robusta*, *Oenothera rosea*, *Penstemon aff. hartwegii*, *Peperomia galioides*, *Pinguicula sp.*, *Polypodium madrense*, *Salvia fulgens*, *S. patens*, *S. sp.*, *Satureja macrostema*, *S. seleriana*, *Sedum praealtum*, *Sedum sp.*, *Senecio conzattii*, *Stellaria cuspidata*, *Stevia ovata*, *S. sp.*, *Tigridia sp.*, *Trifolium amabile*, *Verbena bipinnatifida*, *Verbena carolina* y *Tagetes foetidissima*.

Las trepadoras y epífitas colectadas fueron: *Bomarea acutifolia*, *Clematis dioica*, *Encyclia sp.*, *Peperomia deppeana*, *Pleopeltis mexicana*, *Rhynchosstele cervantesii var. membranaceum*, *Tillandsia erubescens*, *T. prodigiosa* y *T. usneoides*; las parásitas registradas fueron *Arceuthobium vaginatum*, *Conopholis alpina* y *Phoradendron sp.*

5.5.6 Bosque Mesófilo de Montaña

El bosque mesófilo se desarrolla en la parte sureste de la Sierra Monteflor (Figura 13), cubre una superficie de 71 hectáreas (0.38 % de la superficie de la zona en estudio), se presenta en un intervalo altitudinal que va de los 2055 a los 2387 metros, a una altitud promedio de 2197 metros, el tipo climático en el que se desarrolla es el templado subhúmedo con lluvias en verano de poca oscilación térmica (C(w₂)b(i)g) (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas bajas (76.1%) y medias (23.89%), con una pendiente promedio de 26.26 grados, en un intervalo que va de 0 a 56 grados, y constituidas por rocas cataclásita de edad cretácica (100%).

El bosque mesófilo de montaña es abierto y uno de los tipos de vegetación con mayor altura en la sierra, los troncos pueden alcanzar diámetros grandes (71 cm).

Las especies arbóreas registradas fueron: *Alnus acuminata* subsp. *arguta*, *Arbutus xalapensis*, *Buddleja cordata*, *Cestrum cf. anagyris*, *Clethra mexicana*, *C. pringlei*, *Cleyera sp.*, *Cornus excelsa*, *Fraxinus uhdei*, *Fuchsia arborescens*, *Hedyosmum mexicanum*, *Oreopanax echinops*, *O. peltatus*, *O. xalapensis*, *Pinus ayacahuite*, *P. patula*, *Prunus brachybotrya*, *P. serotina* subs. *capuli*, *Quercus candicans*, *Q. crassifolia*, *Saurauia conzattii*, *Ternstroemia tepezapote* y *Turpinia sp.*

El estrato arbustivo comprende: *Ageratina bellidifolia*, *Baccharis sp.*, *Eupatorium hebebotryum*, *Fuchsia microphylla*, *Litsea glaucescens*, *Myrica cerifera*, *Phytolacca rugosa*, *Myrsine juergensenii*, *Roldana sp.*, *Senecio sp.*, *Solanum pubigerum*, *Ureca caracasana* y *Witheringia stellata*.

El estrato herbáceo esta constituido por: *Arenaria lanuginosa*, *Brickellia sp.*, *Dryopteris wallichiana*, *Echeveria sp.*, *Iresine celosia*, *I. diffusa*, *Lupinus montanus*, *Llavea cordifolia*, *Oenothera rosea*, *Penstemon gentianoides*, *Salvia fulgens*, *Salvia spp.*, *Sedum praealtum*, *Sedum sp.*, *Sigesbeckia jorullensis* y *Stevia sp.*

Las epífitas, enredaderas y bejuco presentes fueron: *Tillandsia prodigiosa*, *Vitis bloodwothiana*, *Bomarea acutifolia*, *Clematis dioica*, *Desmodium bellum*, *Passiflora foetida* y *Serjania sp.*; también se registró la parásita de raíces *Conopholis alpina*.

En numerosas cañadas de la sierra se pueden encontrar especies que también se distribuyen en el bosque mesófilo de montaña, en la cañada cercana a la ranchería "Agua Fría" se registraron elementos del bosque mesófilo, entre los cuáles se encuentran: *Hedyosmum mexicanum*, *Myrsine juergensenii* y *Ternstroemia tepezapote*.

5.5.7 Vegetación Riparia

Este tipo de vegetación en la Sierra Monteflor se desarrolla en las principales corrientes fluviales permanentes, desde el suroeste hacia el oeste, noroeste, norte y noreste (Figura 13), en un intervalo altitudinal que va de los 800 a los 1960 metros, a una altitud promedio de 1360 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal (C(w₁'')(w)big) y semiseco cálido BS₁(h')w''(w)(i')g (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas bajas (71.08%) y medias (25.53%), con una pendiente promedio de 32.54 grados, en un intervalo que va de 0 a 70 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas, cataclasita de edad cretácica (57.32%) y calizas del cretácico inferior (28.14%).

La superficie que ocupa es de 227.57 hectáreas equivalentes al 1.23% del área de la sierra. Su composición florística esta estrechamente relacionada con el tipo de vegetación que la circunda, en la sierra se observó la asociación principalmente con el bosque tropical caducifolio, bosques de *Quercus* y bosques de *Quercus-Pinus*.

Entre los elementos arbóreos registrados y asociados al bosque tropical caducifolio están: *Guazuma ulmifolia*, *Salix taxifolia* y *Sideroxylon celastrinum*.

5.5.8 Zonas agrícolas

Los terrenos de agricultura de temporal se ubican en la zona suroeste, norte y noreste (Figura 13), en un intervalo altitudinal que va de los 880 a los 2302 metros, a una altitud promedio de 1468 metros, los tipos climáticos en los que se desarrolla son el templado subhúmedo con lluvias en verano e isotermal (C(w₁'')(w)big) y semiseco cálido BS₁(h')w''(w)(i')g (García, 1988). Preferentemente se desarrolla en laderas montañosas medias (49.04%) y bajas (39.78%), con una pendiente promedio de 31.49 grados, en un intervalo que va de 0 a 69 grados, y constituidas por los siguientes tipos de rocas, cataclasita de edad cretácica (35.63%), un complejo de calizas y lutitas del cretácico inferior (31.35%) y calizas del cretácico inferior (28.52%).

Generalmente, se desmontan áreas cercanas al pueblo o a las rancherías para destinarlas a la agricultura de temporal durante tres o cuatro años y posteriormente se abandonan. En este estudio se calculó que la superficie dedicada a esta actividad fue de 557.67 hectáreas que equivalen al 3% de la zona en estudio.

5.6 CARTOGRAFÍA DE LA VEGETACIÓN

Se realizó la integración de la cartografía generada a partir de las bases de datos de los sitios de muestreo, corroboraciones en campo, manejo, interpretación y clasificación de la imagen de satélite para la elaboración del mapa de vegetación del área en estudio.

El mapa final de vegetación (Figura 14) está clasificado en ocho diferentes tipos de vegetación y en una clase de uso de suelo (agricultura de temporal). En el cuadro 16 se observa que el tipo de vegetación que cubre mayor superficie es el bosque de *Quercus-Pinus* (24.86 % de la superficie total), seguido por el bosque de *Quercus* (seco) con el 21.53%, bosque de *Pinus-Quercus* (20.54%) y el bosque tropical caducifolio (20.26%); no obstante, si consideramos como un solo tipo de vegetación el bosque de *Quercus*, incluyendo los dos tipos (seco y húmedo), esté tipo de vegetación sería el que cubre mayor área (26.92%).

El mapa final de vegetación (Figura 14 y Cuadro 15) muestra que en la Sierra Monteflor los tipos de vegetación templada y de zonas cálidas cubren superficies equivalentes, la vegetación templada que comprende a los bosques mixtos (*Quercus-Pinus* y *Pinus-Quercus*), los encinares húmedos y el bosque mesófilo se distribuyen en un área que corresponde al 51.17% de la superficie y los bosques secos cubren el 44.58%, finalmente solo el 3% del área estudiada se utiliza para la agricultura de temporal

Cuadro 16. Tipos de vegetación de la Sierra Monteflor.

Tipo de vegetación / uso de suelo	Area (ha)	Porcentaje (%)
Bosque de <i>Quercus-Pinus</i>	4600.19	24.86
Bosque de <i>Quercus</i> (S)	3984.24	21.53
Bosque de <i>Pinus-Quercus</i>	3801.91	20.54
Bosque tropical caducifolio	3750.27	20.26
Bosque de <i>Quercus</i> (H)	998.44	5.39
Agricultura de temporal	557.67	3.01
Bosque espinoso	515.95	2.79
V. Riparia	227.57	1.23
Bosque mesófilo de montaña	70.98	0.38

6. DISCUSIÓN

Aspectos metodológicos

Los resultados derivados de la fotointerpretación geomorfológica y de la vegetación en el material aerofotográfico dependen directamente de la experiencia del interprete en el reconocimiento de geoformas, de áreas con características de textura y color homogéneo y principalmente en el conocimiento del área en estudio. La preparación del material fotográfico para su interpretación es una etapa muy importante en el proceso de fotointerpretación debido a que el correcto cálculo de la base intrumental del estereoscopio y el trazado de las áreas fotointerpretables permiten realizar una interpretación correcta y confiable, al no forzar la vista e interpretar en cada foto exclusivamente el área interpretable (Murillo, 1974).

La interpretación de las fotografías aéreas también se utilizó para delimitar la zona en estudio en su parte oeste, la cuál corresponde a las unidades geomorfológicas que funcionan como un límite físico natural. Los límites norte, este y sur del área en estudio corresponden con los límites de una sección del polígono general de la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán (DOF, 1998). Dichos límites son administrativos y no se ajustan completamente a una delimitación natural en la que se considere como una unidad a la reserva (incluyendo sus características físicas y bióticas).

La captura y manejo de datos en el sistema de información geográfica es una fase muy importante debido a que el correcto ingreso de datos con buen estandar de calidad, permite la obtención de buenos productos en el SIG; es decir la calidad de la información que se ingrese al sistema se ve reflejada en la calidad de los productos que se obtienen.

La fase de verificación en campo de la interpretación del material aerofotográfico y del procesamiento y análisis de la imagen de satélite es una etapa interactiva en la que se corrige o verifica la interpretación y además es la fase en la que al recorrer la zona en estudio se adquiere el conocimiento del comportamiento de la vegetación (en este caso).

El método utilizado en los muestreos de vegetación (punto central en cuadrante o cuadrantes centrados) es una técnica sin área que proporciona mayor cantidad de información por unidad de esfuerzo (en cada punto se registran cuatro árboles con sus respectivos parámetros), además de que proporciona la ventaja de ser de rápida aplicación, requiere de poco equipo y de pocos trabajadores, y es flexible en cuanto al tamaño de la unidad muestral del número de puntos (Matteucci y Colma, 1982).

Aspectos geomorfológicos

La interpretación geomorfológica se basó en la identificación de las geoformas principales, y permitió el análisis de la distribución de la vegetación con relación a las unidades físicas naturales; este proceso permitió conocer los parámetros físicos (altitudinales y de pendiente), geológicos y climáticos de las áreas en las que se distribuyen los diferentes tipos de vegetación, dicho proceso se llevó a cabo de manera eficiente dentro del sistema de información geográfica.

Aspectos sinecológicos

Los parámetros estructurales calculados para cada uno de los sitios de muestreo, se utilizaron para realizar la clasificación de la vegetación de acuerdo con el sistema de clasificación de Rzedowski (1978), en algunos casos se reubicó la categoría de vegetación asignada mediante los criterios fisonómico-florísticos en campo, por la clase de vegetación producto del análisis y cálculo de los parámetros estructurales y del valor de importancia relativo de las especies presentes en los muestreos.

Los parámetros estructurales obtenidos, de manera general, se encuentran dentro de los valores normales citados en la literatura, sin embargo es necesario resaltar que los valores del área basal obtenidos para algunos de los sitios de muestreo que pertenecen al bosque de *Pinus-Quercus*, son muy altos (sitio 13 - 81.19 m²/ha, sitio 16 - 76.20 m²/ha y sitio 55 - 72.21 m²/ha), debido a que se presentaron individuos del género *Pinus* con diámetros a la altura del pecho (DAP) muy grandes.

Los valores del área basal promedio de los cinco tipos de vegetación muestreados en la Sierra Monteflor son menores al valor medio reportado para diversos tipos de vegetación. En general el área basal presenta valores cercanos a 40 m²/ha y el bosque de *Quercus* tiene el valor más bajo de área basal de la sierra (32.72 m²/ha).

Los valores de densidad de los tipos de vegetación muestreados son altos (entre 1605 y 1839 ind./ha), excepto para el bosque mesófilo de montaña que presenta una densidad baja, sin embargo, el valor de densidad para este tipo de vegetación está dentro de los reportados para esta comunidad en el país.

Al analizar los valores de importancia relativa de las especies de cada tipo de vegetación y resumiéndolas, se tiene que las especies más importantes son: *Parkinsonia praecox* y *Neobuxbamia tetetzo* en el bosque tropical caducifolio; *Quercus obtusata* y *Cercocarpus macrophyllus* en el bosque de *Quercus*; *Arbutus xalapensis* y *Quercus obtusata* en el bosque de *Quercus-Pinus*; *Arbutus xalapensis* y *Pinus oaxacana* en el bosque de *Pinus-Quercus*; finalmente para el bosque mesófilo de montaña, *Ternstroemia tepezapote* y *Myrsine juergensenii*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Aspectos florísticos

A pesar de que en el estudio no se planteó como un objetivo la elaboración de la lista florística, se obtuvo una lista representativa de la Sierra Monteflor, principalmente para el estrato arbóreo de los principales tipos de vegetación identificados.

De acuerdo con la composición de especies arbóreas en los diferentes muestreos y la obtenida a partir de las colectas de ejemplares en los diferentes tipos de vegetación, para los bosques templados se identificaron especies exclusivas de cada tipo de vegetación y especies de amplia distribución.

La especie exclusiva del bosque de *Quercus* es *Quercus liebmannii*, en el bosque de *Quercus-Pinus* son *Quercus affinis*, *Quercus laeta*, *Pinus lawsoni* y *Cornus disciflora*; en el bosque de *Pinus-Quercus* es *Quercus rugosa*; para el bosque mesófilo de montaña son *Fraxinus uhdei*, *Saurauia conzatti*, *Cestrum anagyris*, *Solanum pubigerum*, *Turpinia sp.*, *Oreopanax echinops*, *Oreopanax peltatus* y *Litsea glaucescens*.

La especie de amplia distribución en los bosques templados de la Sierra Monteflor es: *Quercus crassifolia*. Además se pudieron identificar las siguientes especies exclusivas de los bosques mixtos (*Quercus-Pinus* y *Pinus-Quercus*): *Abies guatemalensis* var. *jaliscana*, *Nolina parviflora*, *Pinus devoniana*, *Pinus hartwegii*, *Pinus oaxacana*, *Quercus glabrescens*, *Quercus greggii*, *Quercus laurina*, *Quercus rugosa* y *Quercus scytophylla*.

Los tipos de vegetación más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad florística arbórea fueron los bosques mixtos (*Quercus-Pinus* y *Pinus-Quercus*), y el bosque de *Quercus* (encinares secos).

Comparando la lista florística obtenida con la que presenta Dávila *et al.* (1993) de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, así como en los fascículos por familia publicados por el Instituto de Biología de la UNAM, para los encinos se registraron 8 especies no reportadas (*Quercus acatenanguensis*, *Q. affinis*, *Q. candicans*, *Q. conspersa*, *Q. grahami*, *Q. liebmannii*, *Q. scytophylla*, y *Q. segoviensis*) y para los pinos 9 especies no reportadas; sin embargo es necesario mencionar que en las listas de Dávila *et al.* (1993) y de Vázquez-Villagrán (2000) se enfocan al estudio del valle del a porción xerofítica de la reserva y su límite no comprendía la Sierra Monteflor, y en este trabajo el enfoque fue hacia los tipos de vegetación, principalmente de tipo templado.

En la lista florística de la Sierra Monteflor se encuentran dos especies incluidas en la norma oficial mexicana NOM-059-ECOL-2001, en la que se enlistan las especies nativas de México de flora y fauna silvestre en diferentes estatus de vulnerabilidad. La detección de dichas especies en la zona es importante y debe de ser considerada por las autoridades a cargo de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán. Las especies son: *Comarostaphylis discolor* (Ericaceae) y *Litsea glaucescens* (Lauraceae), catalogadas como especie sujeta a protección especial y en peligro de extinción, respectivamente.

Aspectos de la vegetación

Los estudios descriptivos de la vegetación en la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán son escasos, la mayoría de éstos se han enfocado a la descripción a nivel tipos de vegetación. Son muy pocos los estudios en los que la descripción de la vegetación define las asociaciones vegetales. Aunado a esta problemática, las descripciones de la vegetación se han basado en diferentes sistemas de clasificación, haciendo complicada su comparación.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio, para la Sierra Monteflor se pueden realizar análisis más detallados en los que se definan las asociaciones vegetales para los diferentes tipos de vegetación.

La distribución de la vegetación en la Sierra Monteflor depende estrechamente de las condiciones climáticas, de la variación altitudinal, de las características topográficas particulares del terreno (geología, geoforma, pendiente y orientación de la ladera). En las zonas con climas secos se desarrollan tipos de vegetación que presentan una marcada estacionalidad, que se ve reflejada en la pérdida del follaje en la temporada de sequía (bosque tropical caducifolio, bosque espinoso y encinares secos).

Aspectos del sistema de información geográfica

La aplicación del SIG para la organización, manejo y análisis de la información de la sierra fue útil para cumplir con los objetivos planeados, el uso del SIG puede mejorar el análisis de información por técnicas de reagrupamiento y solapamiento (Aronoff, 1989).

Generalmente los estudios en los que se trata la cartografía de la vegetación, se utilizan fotografías aéreas o imágenes de satélite, en este estudio se propone el uso de ambos materiales en la elaboración del mapa de vegetación, se plantea la fotointerpretación de la vegetación y el análisis (procesamiento y clasificación) de la imagen de satélite de manera integral y simultánea, en un proceso interactivo de clasificación y verificación de campo.

También se utilizaron los sitios de muestreo como sitios de entrenamiento en la clasificación supervisada de la imagen de satélite; los resultados de este método son bastante satisfactorios en relación a que se obtuvo un porcentaje de confiabilidad de la clasificación de un 90.85%.

Los errores de omisión fueron bajos, los errores de inclusión mayores correspondieron a las clases de bosques templados (*Pinus-Quercus* y de *Quercus-Pinus*), las probabilidades de clasificar correctamente los píxeles dentro de las clases de vegetación fueron altas (no menores al 79.75%), los tipos de vegetación que obtuvieron un alto porcentaje de confiabilidad en la clasificación correspondieron al bosque tropical caducifolio y al bosque espinoso, ambos de distribución en climas secos, por el contrario, los porcentaje menores de exactitud en la clasificación fueron

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FALLA DE ORIGEN

para los tipos de vegetación con distribución en climas templados; esto es debido a que en conjunto las especies arbóreas que se distribuyen en las zonas templadas presentan firmas espectrales cercanas. La agricultura de temporal también presentó valores altos de confiabilidad debido principalmente a que la gran mayoría de éstas áreas se ubican en zonas de clima seco.

Se menciona que en el sistema de la percepción remota es muy importante la fase de verificación de campo para evaluar los datos obtenidos a distancia. Esta evaluación debe de ser cualitativa y cuantitativa de áreas identificadas por métodos visuales o estadísticos, también se postula que no tendría sentido hacer evaluaciones exhaustivas que elevarían los costos y el tiempo de ejecución, sin embargo en este estudio se realizó una verificación exhaustiva que va de acuerdo con la compleja topografía y amplitud altitudinal de la zona; además de que en estas verificaciones se evaluaron las interpretaciones y se adquirió el conocimiento del área en estudio.

En el tratamiento y análisis de la imagen de satélite se identificaron dos áreas con diferente iluminación resultado del relieve accidentado y de la posición del sol en el momento en el que se registró la imagen, cada una de las zonas se manipuló y analizó independientemente, al final del proceso ambas secciones se integraron. Este tratamiento fue decisivo para obtener un alto porcentajes de confiabilidad en la clasificación supervisada.

El mapa final de la vegetación de Sierra Monteflor (Figura 13) no presenta el tipo de vegetación bosques de Pino, que si es reportado por INEGI para 1985. Esto se debe a que en los últimos años en éstos bosques se ha estado extrayendo madera de pino para su venta en rollo, esta explotación ha traído como resultado la modificación de la composición florística y estructural del bosque, de tal forma que en el área que INEGI reporta al bosque de pino, se muestreó y clasificó la vegetación como bosque de *Pinus-Quercus* y en algunas áreas bosque de *Quercus-Pinus*; aunado a esto también se debe de considerar la diferencia de escalas entre ambos mapas.

La información generada como resultado de este estudio constituye una base de datos espacial temática de aspectos físicos y biológicos (vegetación) de la sierra y su integración constituye la parte estructural básica del sistema de información geográfica de la Sierra Monteflor.

7. CONCLUSIONES

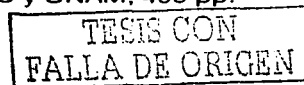
A continuación se enlistan las conclusiones finales derivadas del presente trabajo:

1. La metodología empleada en la generación del mapa de vegetación de la Sierra Monteflor resultó ser eficaz al incorpora la utilización de fotografías aéreas e imágenes de satélite de manera integral y simultánea, mediante un proceso interactivo de clasificación de la vegetación y verificación de campo. Además la clasificación de los principales tipos de vegetación incorporando criterios florísticos y estructurales permitió elaborar un descripción de la vegetación confiable al considerar gran cantidad de puntos de verificación con datos fisonómicos y estructurales.
2. Los altos porcentajes de confiabilidad en la clasificación de la imagen de satélite se obtuvieron debido al tratamiento y análisis de la imagen de satélite que consistió en la división de la zona en estudio en dos áreas con diferente iluminación y al proceso de clasificación y verificación de campo.
3. El conocimiento del área en estudio fue la base para realizar una buena interpretación de las fotografías aéreas y la clasificación de una imagen de satélite.
4. La lista florística de Sierra Monteflor que consta de 302 especies pertenecientes a 88 géneros y 302 familias, puede ser considerada como un inventario florístico preliminar de la sierra.
5. Los resultados constituyen una base de datos espacial (física y de vegetación) integrada en un sistema de información geográfica que deben de ser utilizados por la administración de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán para apoyar la toma de decisiones e implementación de políticas concernientes al manejo de los recursos naturales por los poblados cercanos a la Sierra Monteflor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

8. LITERATURA CITADA

- Aronoff, S. 1989. Geographic information systems: a management perspective. WDL Publications, Canada. 294 pp.
- Barrera, 1946. Guía Geológica de Oaxaca. Instituto de Geología. UNAM. 120 pp.
- Bravo, H. H. 1930. Las cactáceas de Tehuacán. Anales del Instituto de Biología. UNAM. Serie Botánica 1:87-124.
- Bravo, H. H. 1931. Contribución al conocimiento de las cactáceas de Tehuacán. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 51 pp.
- Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. Vol. I. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 743 pp.
- Bravo, H. H. 1991a. Las cactáceas de México. Vol. II. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 404 pp.
- Bravo, H. H. 1991b. Las cactáceas de México. Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 643 pp.
- Chuvieco, 1995. Fundamentos de Teledetección Espacial. RIALP Madrid. 543 pp.
- Dávila, A. P. 1983. Flora genérica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 694 pp.
- Dávila, A.P., Villaseñor, R.J.L., Medina, L.R., Ramírez, R.A., Salinas, T.A., Sánchez-Ken, J. y Tenorio, L.P. 1993. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Listados Florísticos de México X. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 195 pp.
- Diario Oficial de la Federación. 1998. Decreto por el que se declara área natural protegida, con carácter de reserva de la biosfera la región denominada Tehuacán-Cuicatlán, ubicada en los estados de Oaxaca y Puebla. Publicado el 18 de Septiembre de 1998. México. 8-20 p.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM 059-ECOL-2001. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Publicada el 6 de marzo de 2002. México. 95-190 p.
- ESRI, 2000. ArcView Gis Ver. 3.2^a. Environmental Systems Research Institute, Inc., USA.
- Flores-Villela, O. y Gerez, P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. CONABIO y UNAM, 493 pp.



García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koeppen. Offset Larios, México D.F. 220 pp.

Granados, S.D. y Tapia, V.R. 1990. Comunidades Vegetales. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 235 p.

Herrera, H.B. 1983. Elementos de Fotogrametría Uso de Materiales Aerofotográficos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 173 p.

ITC, 1993. ILWIS the integrated land and water information system. User's manual. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, Netherlands.

ITC, 2001. ILWIS Ver. 3.0 Academic. International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences. Enschede, Netherlands.

INEGI. 1985a. Carta Topográfica. 1:50,000. Santiago Nacaltepec. E14D27. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.

INEGI. 1985b. Carta Geológica. 1:250,000. Oaxaca. E14-9. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F.

INEGI. 1985c. Carta de Uso de Suelo y Vegetación. 1:250,000. Oaxaca. E14-9. Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F.

IUCN-WWF-PNUMA. 1980. Estrategia mundial para la conservación. UICN. Gland.

Jaramillo, L.V. y González, M.F. 1983. Análisis de la vegetación arbórea de la Provincia Florística de Tehuacán-Cuicatlán. Boletín de la Sociedad Botánica de México 45:49-64.

Kershaw, K.A. 1973. Quantitative and Dynamic Plant Ecology. 2a. ed., Arnold, Londres. 308 p.

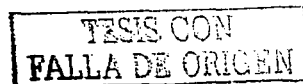
Krebs, C. 1978. Ecología. Estudio de la Distribución y la Abundancia. Harla, México D.F. 753 p.

Lillesand, T.M. and Kieffer, R.W. 1987. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. U.S.A. 721 p.

Lira, J. 1987. La percepción remota: nuestros ojos desde el espacio. SEP. México. 150 p.

Matteucci, S. y Colma, A. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Organización de los Estados Americanos, Washington D.C. 168 p.

Martínez, M. 1948. Algunas Observaciones Relativas a la Flora de Cuicatlán, Oaxaca. Anales del Instituto de Biología XXI(2):365-391.



Meave del Castillo, J. 1990. Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. Serie Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 147 pp.

Mendoza, R.E. 1997. Análisis de la deforestación de la Selva Lacandona: patrones, magnitud y consecuencias. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 99 pp.

Miranda, F. 1948. Datos sobre la vegetación en la cuenca alta del Papaloapan. Anales del Instituto de Biología 19:333-364.

Mittermeier, R.A. 1988. Primate diversity and the tropical forest: case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries. En: E.O. Wilson (Ed.) Biodiversity. National Academy Press. Washington, pp 145-154.

Mittermeier, R.A. y Goettsch de Mittermeier, C. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. En: J. Sarukhán y R. Dirzo. (Eds.) México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 63-73.

Moncayo, F.R. y Astie, W.B. 1970. Manual para uso de Fotografías Aéreas en Dasonomía. Dirección General del Inventario Nacional Forestal. México, 120 p.

Murillo, F.J.A. 1974. Ejercicios prácticos de fotogrametría elemental. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Bogotá, Colombia. p 11-20

Osorio, B.O., Valiente-Banuet, A., Dávila, P. y Medina, R. 1996. Tipos de Vegetación y Diversidad β en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 59:35-58

Richards, J.A. 1986. Remote sensing digital image analysis. An introduction. Springer-Verlag. Alemania. 281 pp.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 pp.

Sarukhán, J. 1968. Análisis sinecológico de las selvas de Terminalia amazonia en la planicie costera del Golfo de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo.

Sarukhán, J. 1992. La coordinación de los avances en torno a la biodiversidad en México: una propuesta de prioridad nacional. En: J. Sarukhán y R. Dirzo. (Eds.) México ante los retos de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 291-299.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1997. Propuesta de decreto federal de área natural protegida carácter de reserva de la biósfera Tehuacán-Cuicatlán. 50 pp.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1989. Información básica sobre Arreas Naturales Protegidas de México. Dirección General de Conservación de los Recursos Naturales. México. 82 p.

Secretaría de la Presidencia e Instituto de Geografía, 1970. Carta de Climas. 1:500,000. San Pedro Pochutla y Oaxaca.

Secretaría de Programación y Presupuesto, 1981. Carta Edafológica. 1:500,000. Atlas Nacional del Medio Físico. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F. 224 p.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1997. Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán. Fundamentación. México. 50 pp.

Sociedad para el Estudio de los Recursos Bióticos de Oaxaca. Asociación Civil. 1993. Estudio Biológico y Socioeconómico de La Cañada de Cuicatlán. Oaxaca. México. 154 pp.

Soulé, M.E. y Simberloff, D. 1986. What do genetics and ecology tell us about the design of natural reserves?. Biological Conservation. 35:19-40 pp.

Star, J.L., Estes, J.E., McGwire, K.C. 1997. Integration of geographic information systems and remote sensig. Camdridge University Press. USA. 225 p.

Vázquez-Villagrán, M.L. 2000. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 28. Fagaceae Dumort. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 38 pp.

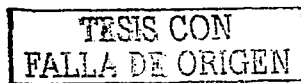
Verruette, F.J. 1994. Notas sobre fotogrametría y fotointerpretación. Editado por el autor, México. 68 p.

Villaseñor, J.L. 1982. Las Compositae del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Flora Genérica. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 174 pp.

Whittaker, R.H. 1975. Communities and Ecosystems. 2a. ed. Mcmillan, Nueva York. 385 p.

Zavala, H.J.A. 1982. Estudios en el Valle semiarido de Zapotitlán, Puebla I. Clasificación numérica de la vegetación basada en atributos binarios de presencia o ausencia de las especies. Biotica 7:99-120.

Zavala-Hurtado, J.A. 1986. Introducción al Enfoque Multivariado en Estudios de Vegetación. Cuadernos de divulgación INIREB. No. 26. Xalapa, Veracruz. 28 p.



APÉNDICE 1.**Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales.**

E No.	Tipo de relieve	Litología	Edad	Área (ha)	Área (%)
1	Piedemonte	Andesitas porfídicas	Terciario	0.84	0.00
2	Piedemonte	Andesitas porfídicas	Terciario	1.68	0.01
3	Llanura Aluvial	Andesitas porfídicas	Terciario	6.81	0.04
4	Laderas Montañosas Bajas	Andesitas porfídicas	Terciario	331.94	1.79
5	Laderas Montañosas Medias	Andesitas porfídicas	Terciario	159.62	0.86
6	Laderas Montañosas Altas	Andesitas porfídicas	Terciario	40.12	0.22
8	Laderas Montañosas Bajas	Andesitas porfídicas	Terciario	173.08	0.94
9	Laderas Montañosas Medias	Andesitas porfídicas	Terciario	119.00	0.64
10	Laderas Montañosas Altas	Andesitas porfídicas	Terciario	21.61	0.12
7	Piedemonte	Andesitas porfídicas	Terciario	0.76	0.00
11	Laderas Montañosas Bajas	Calizas	Cretácico Inferior	888.60	4.80
12	Laderas Montañosas Medias	Calizas	Cretácico Inferior	190.65	1.03
13	Laderas Montañosas Medias	Calizas	Cretácico Inferior	593.91	3.21
14	Laderas Montañosas Altas	Calizas	Cretácico Inferior	484.25	2.62
15	Valle Intermontano	Calizas	Cretácico Inferior	22.54	0.12
16	Laderas Montañosas Bajas	Calizas	Cretácico Inferior	245.66	1.33
17	Laderas Montañosas Medias	Calizas	Cretácico Inferior	574.99	3.11
18	Laderas Montañosas Altas	Calizas	Cretácico Inferior	319.92	1.73
19	Valle Intermontano	Calizas	Cretácico Inferior	28.34	0.15
20	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	217.82	1.18
21	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	106.55	0.58
22	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	84.27	0.46
23	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	213.87	1.16
24	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	82.59	0.45
25	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	329.34	1.78
26	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	149.70	0.81
27	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	299.82	1.62
28	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	357.51	1.93
29	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	133.80	0.72
30	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	196.37	1.06
31	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	264.75	1.43
32	Laderas Montañosas Bajas	Calizas	Cretácico Inferior	107.82	0.58
33	Laderas Montañosas Medias	Calizas	Cretácico Inferior	24.81	0.13
34	Laderas Montañosas Medias	Calizas	Cretácico Inferior	163.66	0.88
35	Laderas Montañosas Altas	Calizas	Cretácico Inferior	273.58	1.48
36	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	50.96	0.28
37	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	120.68	0.65
38	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	55.17	0.30
39	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	407.13	2.20
40	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	208.82	1.13
41	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	159.54	0.86
42	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	193.60	1.05
43	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	154.91	0.84
44	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	154.83	0.84
45	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	276.86	1.50

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E No.	Tipo de relieve	Litología	Edad	Área (ha)	Área (%)
46	Laderas Montañosas Bajas	Conglomerado	Terciario Inferior	75.35	0.41
47	Laderas Montañosas Medias	Conglomerado	Terciario Inferior	64.08	0.35
48	Laderas Montañosas Altas	Conglomerado	Terciario Inferior	24.22	0.13
49	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	530.50	2.87
50	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	1035.10	5.60
51	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	417.72	2.26
52	Valle Intermontano	Cataclasita	Cretácico	10.60	0.06
53	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	628.56	3.40
54	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	834.61	4.51
55	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	193.60	1.05
56	Laderas Montañosas Bajas	Areniscas - Conglomerado	Terciario Inferior	164.08	0.89
57	Laderas Montañosas Medias	Areniscas - Conglomerado	Terciario Inferior	530.59	2.87
58	Laderas Montañosas Altas	Areniscas - Conglomerado	Terciario Inferior	130.36	0.70
59	Valle Intermontano	Areniscas - Conglomerado	Terciario Inferior	13.62	0.07
60	Valle Intermontano	Areniscas - Conglomerado	Terciario Inferior	14.13	0.08
61	Laderas Montañosas Bajas	Caliza - Lutita	Cretácico Inferior	15.14	0.08
62	Laderas Montañosas Bajas	Caliza - Lutita	Cretácico Inferior	404.61	2.19
63	Laderas Montañosas Medias	Caliza - Lutita	Cretácico Inferior	162.48	0.88
64	Laderas Montañosas Medias	Caliza - Lutita	Cretácico Inferior	392.49	2.12
65	Laderas Montañosas Altas	Caliza - Lutita	Cretácico Inferior	334.80	1.81
66	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	14.04	0.08
67	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	6.06	0.03
68	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	18.84	0.10
69	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	2.44	0.01
70	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	327.57	1.77
71	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	237.33	1.28
72	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	116.81	0.63
73	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	51.30	0.28
74	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	321.09	1.74
75	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	350.61	1.90
76	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	63.92	0.35
77	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	309.15	1.67
78	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	60.22	0.33
79	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	81.66	0.44
80	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	31.03	0.17
81	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	159.20	0.86
82	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	218.24	1.18
83	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	43.82	0.24
84	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	10.93	0.06
85	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	35.66	0.19
86	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	4.79	0.03
87	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	159.12	0.86
88	Cima	Calizas	Cretácico Inferior	89.31	0.48

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E No.	Tipo de relieve	Litología	Edad	Área (ha)	Área (%)
89	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	59.04	0.32
90	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	39.44	0.21
91	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	22.45	0.12
92	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	57.61	0.31
93	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	179.97	0.97
94	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	60.22	0.33
95	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	57.61	0.31
96	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	135.23	0.73
97	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	55.09	0.30
98	Laderas Montañosas Bajas	Cataclasita	Cretácico	14.63	0.08
99	Laderas Montañosas Medias	Cataclasita	Cretácico	63.66	0.34
100	Laderas Montañosas Altas	Cataclasita	Cretácico	71.15	0.38

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E No.	A (m)	Pp (°)	Pm (°)	PM (°)	Id P (°)	%	Alt (m)	Alt m (m)	Alt M (m)	Id Alt (m)	%
1	160	5.40	2	5	4 a 5	80.00	920	920	920	920	100
2	188	3.30	0	5	2 a 4	60.00	961	961	962	961-962	100
3	63	2.08	0	5	0 a 2	70.77	959	957	963	957 - 959	68
4	440	33.10	0	70	16 a 29	48.17	1129	920	1360	1040-1240	64.35
5	377	31.67	2	63	23 a 37	65.75	1393	1240	1620	1320 - 1400	42.7
6	187	34.63	2	70	23 a 37	46.75	1590	1480	1680	1600 - 1640	40.3
8	660	32.05	0	63	24 a 40	61.86	1242	920	1580	1280 - 1400	34
9	468	31.25	2	67	18 a 30	52.93	1565	1310	1778	1480 - 1560	30.9
10	173	24.43	2	47	19 a 30	46.69	1763	1667	1853	1720 - 1800	61.9
7	120	9.44	0	5	3 a 5	55.55	981	922	923	920 - 923	100
11	960	35.44	0	70	19 a 29	42.39	1424	920	1897	1520 - 1680	25.5
12	767	32.55	4	64	32 a 38	25.10	1811	1433	2213	1880 - 2000	25.9
13	623	31.75	2	63	14 a 29	69.06	2038	1697	2320	1880 - 1980	32.3
14	613	30.42	0	59	19 a 29	51.53	2336	1987	2600	2280 - 2380	25.6
15	100	16.50	2	31	6 a 16	61.94	1793	1743	1840	1760 - 1800	75.4
16	360	40.94	0	80	35 a 46	25.50	1041	840	1212	1000 - 1060	34.1
17	600	35.30	0	67	18 a 29	50.27	1357	1100	1720	1240 - 1280	14.8
18	594	34.53	0	68	18 a 27	35.78	1800	1440	2028	1680 - 1720	14.7
19	160	17.55	2	31	23 a 29	27.60	1607	1500	1663	1560 - 1600	31.8
20	525	36.50	0	75	44 a 53	25.52	1025	800	1320	1080 - 1200	36.9
21	253	30.91	0	60	24 a 38	49.64	1358	1200	1460	1240 - 1340	48.2
22	286	30.41	0	59	23 a 33	37.12	1564	1415	1698	1480 - 1520	24.2
23	480	35.93	0	69	19 a 29	42.27	1107	840	1337	1160 - 1240	28.2
24	497	32.42	2	59	19 a 29	50.51	1339	1080	1577	1400 - 1480	34.1
25	556	32.67	4	66	20 a 29	41.24	1520	1264	1840	1580 1680	26.4
26	320	31.45	0	63	24 a 29	33.93	1970	1780	2120	1840 - 1920	34.4
27	750	29.55	0	60	19 a 29	59.55	1503	1097	1840	1440 - 1560	23.9
28	808	30.09	0	63	14 a 27	58.82	1620	1160	1960	1640 - 1740	25.1
29	483	34.11	12	59	24 a 39	64.49	1965	1760	2183	1840 - 2040	73.4
30	280	27.54	2	57	12 a 26	68.48	1999	1871	2160	1920 - 1960	23.6
31	200	27.91	0	52	14 a 27	72.55	2180	1940	2320	2220 - 2320	38
32	347	29.52	0	59	19 a 29	42.51	1809	1633	1980	1840 - 1920	39.6
33	347	31.30	14	49	32 a 40	51.52	2052	1860	2212	2040 - 2160	48.8
34	320	29.98	0	59	23 a 32	39.05	2053	1880	2200	2040 - 2120	37.3
35	495	30.57	0	63	16 a 29	55.46	2384	2120	2640	2240 - 2340	31.4
36	212	29.07	3	58	16 a 29	70.30	1953	1852	2060	1960 - 2040	59.6
37	430	30.52	0	60	32 a 40	30.87	1754	1548	1960	1800 - 1920	40.8
38	500	32.48	2	59	19 a 29	45.12	2093	1853	2340	2200 - 2270	40.7
39	610	29.46	0	58	19 a 29	50.32	2249	1920	2538	2120 - 2200	25.9
40	420	31.02	0	66	17 a 29	55.70	2569	2300	2720	2560 - 2600	26.8
41	533	28.60	2	59	14 a 26	62.94	1858	1560	2093	1920 - 2000	25.5
42	620	30.98	0	60	23 a 36	58.95	1899	1598	2220	1840 - 1920	20.2
43	400	29.41	4	54	15 a 27	71.82	2211	2012	2400	2160 - 2240	30.2
44	372	30.55	2	59	23 a 29	34.60	2351	2160	2520	2360 - 2440	29.4
45	440	29.93	0	59	16 a 29	58.02	2603	2360	2800	2520 - 2640	44.5

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E No.	A (m)	Pp (°)	Pm (°)	PM (°)	Id P (°)	%	Alt (m)	Alt m (m)	Alt M (m)	Id Alt (m)	%
46	231	27.27	4	52	19 a 29	59.04	1099	1008	1249	1040 - 1080	25.2
47	217	25.00	6	44	12 a 27	81.50	1258	1150	1377	1240 - 1280	32
48	167	34.31	0	67	35 a 46	38.19	1360	1280	1440	1320 - 1360	36.5
49	660	35.94	0	71	19 a 29	35.13	1160	760	1423	1260 - 1360	30
50	900	34.15	0	68	19 a 27	35.65	1552	1020	1920	1420 - 1520	27.8
51	532	32.00	0	66	23 a 29	30.96	1835	1560	2080	1880 - 1920	20
52	122	21.13	6	42	11 a 16	59.52	1690	1628	1750	1680 - 1700	40.5
53	580	34.08	0	69	32 a 40	27.92	1471	1080	1817	1420 - 1520	22.1
54	684	32.50	0	66	19 a 30	43.94	1843	1520	2169	1840 - 1920	33.2
55	297	32.53	0	66	19 a 28	38.75	2161	2020	2320	2080 - 2120	33.6
56	461	28.41	0	55	23 a 29	27.37	1120	939	1400	1080 - 1160	32.5
57	693	33.97	0	68	19 a 29	36.14	1409	1080	1760	1360 - 1440	20.8
58	378	33.45	0	66	18 a 29	48.06	1805	1620	2000	1760 - 1840	34
59	143	19.75	0	28	14 a 19	66.67	1128	1057	1200	1150 - 1173	26.5
60	103	16.26	2	32	10 a 21	66.67	1245	1194	1293	1241 - 1255	31.5
61	220	28.25	6	48	14 a 25	49.44	1583	1480	1700	1560 - 1640	52.8
62	602	31.08	0	63	16 a 29	61.48	1381	1078	1690	1460 - 1560	34
63	370	33.48	0	67	32 a 39	32.71	1618	1354	2012	1640 - 1760	34.1
64	658	31.55	0	63	14 a 29	63.14	1824	1630	2006	1720 - 1840	45.7
65	540	35.04	0	69	12 a 21	41.70	2109	1720	2320	2040 - 2080	18.8
66	337	35.47	17	53	35 a 39	48.50	1926	1780	2097	1980 - 2040	34.7
67	157	28.43	16	47	17 a 27	79.17	2089	2013	2160	2080 - 2120	45.8
68	145	27.60	0	58	18 a 26	39.29	2126	2040	2170	2080 - 2120	41.5
69	44	19.36	6	52	8 a 19	75.86	2177	2160	2192	2168 - 2170	20.7
70	733	31.92	0	62	33 a 39	26.14	1500	1120	1860	1640 - 1720	18.4
71	492	32.02	0	66	32 a 39	28.77	1962	1720	2200	1880 - 1960	30.8
72	330	29.96	0	59	23 a 29	32.04	2187	1987	2320	2200 - 2240	26.1
73	211	24.87	0	51	19 a 29	53.28	2052	1944	2167	2000 - 2080	54.4
74	660	32.47	0	66	23 a 29	31.25	2025	1640	2292	2000 - 2080	25.6
75	420	29.96	0	59	19 a 29	50.83	2279	2080	2520	2240 - 2320	43
76	192	25.23	0	52	14 a 24	48.16	2428	2320	2520	2500 - 2520	27.5
77	780	33.95	0	67	24 a 38	53.21	1896	1480	2260	1880 - 2000	32.5
78	252	33.16	7	61	23 a 35	45.25	2311	2180	2450	2240 - 2300	35.3
79	200	30.43	0	60	24 a 30	31.20	2093	1980	2200	2040 - 2080	38.8
80	171	19.72	0	40	19 a 29	55.83	2414	2320	2491	2425 - 2445	35.2
81	488	30.91	0	60	24 a 37	50.50	1969	1736	2200	2040 - 2120	30.3
82	488	32.05	4	60	24 a 37	58.15	2366	2120	2600	2280 - 2360	29.2
83	228	28.59	0	59	23 a 32	44.15	2621	2520	2747	2560 - 2580	28.6
84	228	35.31	14	56	25 a 34	33.85	2379	2252	2500	2360 - 2440	48.5
85	262	28.24	2	53	19 a 29	46.23	2442	2315	2580	2480 - 2520	33
86	160	27.54	11	46	16 a 28	59.65	2595	2535	2657	2600 - 2640	61.4
87	560	30.44	0	58	23 a 30	40.38	2670	2400	2920	2700 - 2760	23.6
88	333	30.88	0	63	23 a 35	37.76	2984	2787	3120	3000 - 3040	22.7

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E No.	A (m)	Pp (°)	Pm (°)	PM (°)	Id P (°)	%	Alt (m)	Alt m (m)	Alt M (m)	Id Alt (m)	%
89	488	32.64	6	60	24 a 33	41.45	2545	2273	2760	2680 - 2720	19.9
90	300	36.00	12	58	32 a 40	42.00	2847	2733	3040	2800 - 2840	26.7
91	300	34.17	4	58	35 a 45	34.08	2117	1960	2260	2160 - 2200	29.2
92	255	25.87	0	49	16 a 29	62.77	2131	2013	2268	2120 - 2160	26
93	400	29.98	0	59	23 a 29	33.74	2372	2160	2570	2400 - 2480	31.6
94	560	28.52	0	58	19 a 29	42.04	2707	2500	3040	2540 - 2600	39.9
95	221	27.46	0	56	14 a 26	60.15	2180	2069	2292	2160 - 2200	26.3
96	505	27.98	3	53	19 a 29	54.48	2417	2188	2693	2520 - 2600	18.8
97	373	34.59	11	59	19 a 29	41.37	2829	2680	3053	2800 - 2880	25.6
98	140	26.93	2	52	17 a 29	54.60	2233	2177	2280	2200 - 2240	44.3
99	292	26.72	2	50	23 a 29	42.14	2411	2268	2560	2380 - 2440	27.9
100	368	30.08	0	57	24 a 29	27.77	2712	2503	2888	2720 - 2840	35

No. E= Número de estructura; A= Altura relativa (m); Pp= Pendiente promedio (grados); Pm= Pendiente menor; Pm= Pendiente mayor; Id P= Intervalo de Pendiente dominante; %= Porcentaje que cubre el Id P; Alt= Altitud promedio (m); Alt m= Altitud menor (m); Alt M= Altitud mayor (m); Id alt= Intervalo de altitud dominante (m); %= Porcentaje que cubre el Id de Alt.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E	Tipo de Vegetación; Área (ha) y Porcentaje (%)
No.	
1	BTC: 0.59 (100.00)
2	BTC: 1.43 (100)
3	BTC: 6.39 (100.00)
4	BTC: 259.28 (78.13); BQ: 69.80 (21.03); VR: 277 (0.84)
5	BTC: 27.85 (17.44); BQ: 131.34 (82.24); VR: 0.50 (0.32)
6	BQ: 40.13 (100.00)
8	BTC: 52.90 (30.56); BQ: 98.48 (56.90); VR: 2.19 (1.26); AT: 19.26 (11.13)
9	BQ: 116.78 (98.09); VR: 1.26 (1.06); AT: 1.01 (0.85)
10	BQ: 21.62 (100.00)
7	BTC: 0.67 (100)
11	BTC: 150.19 (16.89); BQ: 656.69 (73.87); VR: 14.30 (1.61); BQP: 64.79 (7.29); AT: 3.03 (0.34)
12	BQ: 157.59 (82.62); VR: 3.03 (1.59); BQP: 30.12 (15.79)
13	BQ: 162.13 (27.29); VR: 2.02 (0.34); BQP: 430.03 (72.37)
14	BQ: 48.80 (10.07); BQP: 304.91 (62.94); BPQ: 130.75 (26.99)
15	BQ: 22.38 (99.25); BQP: 0.17 (0.75)
16	BTC: 204.62 (83.26); BQ: 6.82 (2.77); VR: 13.55 (5.51); AT: 20.78 (8.46)
17	BTC: 200.33 (34.83); BQ: 242.99 (42.24); VR: 22.89 (3.98); AT: 109.04 (18.96)
18	BTC: 8.41 (2.63); BQ: 288.42 (90.12); VR: 3.53 (1.10); AT: 19.69 (6.15)
19	BQ: 22.46 (79.23); AT: 5.89 (20.77)
20	BTC: 203.02 (93.17); VR: 13.38 (6.14); AT: 1.51 (0.69)
21	BTC: 87.76 (82.32); BQ: 0.08 (0.08); VR: 2.02 (1.89); AT: 16.74 (15.71)
22	BTC: 44.68 (52.99); BQ: 18.76 (22.26); VR: 0.34 (0.40); AT: 20.53 (24.35)
23	BTC: 172.90 (80.81); BQ: 23.31 (10.89); VR: 14.64 (6.84); AT: 3.11 (1.45)
24	BTC: 60.24 (72.91); BQ: 14.64 (17.72); VR: 5.72 (6.92); BQP: 2.02 (2.44)
25	BTC: 84.56 (25.66); BQ: 93.56 (28.40); VR: 11.95 (3.63); BQP: 45.69 (13.87); BPQ: 4.88 (1.48); AT: 88.85 (26.97)
26	BQ: 63.19 (42.19); VR: 1.09 (0.73); BQP: 60.58 (40.45); BPQ: 12.96 (8.65); AT: 11.95 (7.98)
27	BTC: 7.91 (2.64); BQ: 261.50 (87.18); VR: 15.40 (5.13); AT: 15.14 (5.05)
28	BTC: 20.36 (5.69); BQ: 184.35 (51.54); VR: 9.76 (2.73); BQP: 114.43 (31.99); BPQ: 28.78 (8.05)
29	BQ: 126.80 (94.72); VR: 0.34 (0.25); BQP: 4.63 (3.46); AT: 2.10 (1.57)
30	BQP: 27.51 (14.00); BPQ: 168.95 (86.00)
31	BQ: 190.66 (71.98); BQP: 0.42 (0.16); BPQ: 73.12 (27.60); AT: 0.67 (0.25)
32	BQ: 5.72 (5.30); VR: 4.21 (3.90); BQP: 62.93 (58.35); BPQ: 35.00 (32.45)
33	BQP: 24.82 (100.00)
34	BQP: 91.46 (55.86); BPQ: 72.27 (44.14)
35	BQ: 16.24 (5.93); BQP: 71.52 (26.13); BPQ: 185.94 (67.94)
36	BQP: 1.60 (3.14); BPQ: 49.39 (96.86)
37	BQ: 20.95 (17.35); BQP: 92.72 (76.79); BPQ: 7.07 (5.85)
38	BQP: 54.18 (98.17); BPQ: 1.01 (1.83)
39	BQP: 66.97 (16.44); BPQ: 340.34 (83.56)
40	BQP: 3.28 (1.57); BPQ: 205.63 (98.43)
41	BQP: 159.61 (100.00)
42	BQP: 113.00 (58.34); BPQ: 80.69 (41.66)
43	BQP: 134.37 (86.70); BPQ: 20.61 (13.30)
44	BQP: 45.35 (29.28); BPQ: 109.55 (70.72)
45	BQP: 7.66 (2.76); BPQ: 269.32 (97.24)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E	Tipo de Vegetación
No.	Área (ha) y Porcentaje (%)
46	BTC: 75.39 (100.00)
47	BTC: 64.11 (100.00)
48	BTC: 24.23 (100.00)
49	BTC: 517.61 (97.53); BQ: 3.03 (0.57); VR: 10.10 (1.90)
50	BTC: 428.76 (41.40); BQ: 486.31 (46.96); VR: 9.93 (0.96); BQP: 110.56 (10.68)
51	BTC: 22.72 (5.44); BQ: 180.39 (43.16); BQP: 214.80 (51.40)
52	BQ: 1.85 (17.46); BQP: 8.75 (82.54)
53	BTC: 363.47 (57.80); BQ: 220.27 (35.03); VR: 18.93 (3.01); BQP: 26.17 (4.16)
54	BTC: 26.34 (3.15); BQ: 281.19 (33.68); VR: 1.18 (0.14); BQP: 525.10 (62.89); BPQ: 1.18 (0.14)
55	BQ: 21.88 (11.29); BQP: 171.81 (88.71)
56	BTC: 154.31 (94.00); VR: 8.58 (5.23); AT: 1.26 (0.77)
57	BTC: 394.27 (74.27); BQ: 129.82 (24.46); VR: 1.35 (0.25); BQP: 5.30 (1.00); AT: 0.08 (0.02)
58	BTC: 4.46 (3.42); BQ: 57.47 (44.06); BQP: 64.03 (49.10); BE: 4.46 (3.42)
59	BTC: 12.79 (93.83); VR: 0.84 (6.17)
60	BTC: 8.92 (63.10); VR: 1.85 (13.10); AT: 3.37 (23.81)
61	BTC: 8.67 (57.22); BQ: 5.81 (38.33); AT: 0.67 (4.44)
62	BTC: 8.33 (2.06); BQ: 12.20 (3.01); VR: 12.45 (3.08); BE: 250.73 (61.94); AT: 121.07 (29.91)
63	BTC: 5.55 (3.42); BQ: 87.84 (54.04); VR: 1.18 (0.72); BQP: 63.27 (38.92); BPQ: 4.71 (2.90)
64	BTC: 26.59 (6.77); BQ: 156.16 (39.77); BQP: 100.71 (25.65); BPQ: 0.17 (0.04); BE: 56.54 (14.40); AT: 52.50 (13.37)
65	BQ: 31.80 (9.50); BQP: 288.84 (86.23); BPQ: 14.30 (4.27)
66	BPQ: 14.05 (100.00)
67	BQP: 0.67 (11.11); BPQ: 5.38 (88.89)
68	BQP: 0.17 (0.89); BPQ: 18.68 (99.11)
69	BPQ: 2.44 (100.00)
70	BQ: 73.79 (22.52); VR: 15.14 (4.62); BQP: 14.56 (4.44); BE: 189.06 (57.69); AT: 35.17 (10.73)
71	BQ: 112.16 (47.24); BQP: 94.99 (40.00); BPQ: 15.06 (6.34); BE: 13.04 (5.49); AT: 2.19 (0.92)
72	BQ: 10.18 (8.71); BQP: 51.41 (43.99); BPQ: 55.28 (47.30)
73	BQP: 37.78 (73.61); BPQ: 13.55 (26.39)
74	BQP: 55.70 (17.34); BPQ: 265.54 (82.66)
75	BQP: 17.33 (4.94); BPQ: 333.44 (95.06)
76	BPQ: 63.94 (100.00)
77	BQ: 7.82 (2.53); BQP: 122.00 (39.45); BPQ: 179.47 (58.03)
78	BPQ: 60.24 (100.00)
79	BQP: 3.20 (3.91); BPQ: 78.50 (96.09)
80	BPQ: 31.05 (100.00)
81	BQP: 156.75 (98.42); BPQ: 2.52 (1.58)
82	BQP: 166.68 (76.34); BPQ: 51.66 (23.66)
83	BQP: 17.75 (40.50); BPQ: 26.08 (59.50)
84	BQP: 5.47 (50.00); BPQ: 5.47 (50.00)
85	BQP: 17.67 (49.53); BPQ: 18.01 (50.47)
86	BPQ: 4.80 (100.00)
87	BPQ: 159.19 (100.00)
88	BPQ: 89.35 (100.00)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Descripción de las unidades geomorfológicas estructurales. Continuación.

E No.	Tipo de Vegetación, Área (ha) y Porcentaje (%)
89	BPQ: 59.06 (100.00)
90	BPQ: 39.46 (100.00)
91	BQP: 3.45 (15.36); BPQ: 19.02 (84.64)
92	BQP: 33.85 (58.39); BPQ: 18.51 (32.12); BMM: 5.47 (9.49)
93	BQP: 38.03 (21.12); BPQ: 140.59 (78.08); BMM: 1.43 (0.79)
94	BQP: 1.51 (2.51); BPQ: 58.73 (97.49)
95	BQP: 22.63 (39.27); BMM: 35.00 (60.73)
96	BQP: 95.75 (70.77); BPQ: 33.07 (24.44); BMM: 6.48 (4.79)
97	BQP: 0.08 (0.15); BPQ: 55.03 (99.85)
98	BQP: 0.42 (2.87); BMM: 14.22 (97.13)
99	BQP: 52.00 (81.64); BPQ: 2.61 (4.10); BMM: 9.09 (14.27)
100	BQP: 2.44 (3.43); BPQ: 68.74 (96.57)

BTC= bosque tropical caducifolio; BQ= bosque de *Quercus*; VR= Vegetación riparia; BQP= bosque de *Quercus-Pinus*; BPQ= bosque de *Pinus-Quercus*; AT= Agricultura de temporal; BE= bosque espinoso; BMM= bosque mesófilo de montaña.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 2.**Características estructurales y ambientales de los sitios de muestreo.**

No. M	Coordenadas (UTM)		T. de V.	D (ind./ha)	AB (m ² /ha)	No. Sp.	IA (m)	ID (m)
	X	Y						
1	741116	1941714	BQP	1743.37	67.55	7	2.5 - 25.0	0.016 - 0.76
2	741144	1941981	BQP	1902.06	51.74	8	2.5 - 23.0	0.019 - 0.39
3	739483	1943705	BQP	1528.37	51.37	6	3.0 - 15.0	0.025 - 0.72
4	740600	1942748	BPQ	1567.18	66.05	5	2.3 - 17.0	0.025 - 0.73
5	740227	1943037	BPQ	2259.05	37.34	6	3.0 - 14.0	0.015 - 0.36
6	739662	1943213	BQP	1976.41	45.92	6	3.0 - 15.3	0.019 - 0.46
7	739284	1942033	BQP	1219.00	35.54	9	3.0 - 20.5	0.031 - 0.53
8	738775	1942316	BPQ	1413.09	32.22	7	2.5 - 23.0	0.031 - 0.47
9	736921	1943198	BPQ	1815.60	37.92	6	2.5 - 27.4	0.022 - 0.73
10	736914	1942992	BPQ	2066.90	26.00	9	3.0 - 20.0	0.019 - 0.48
11	737213	1942966	BPQ	1535.11	21.02	8	2.5 - 15.0	0.019 - 0.40
12	737575	1942677	BPQ	1391.64	14.28	5	2.0 - 10.0	0.022 - 0.31
13	738200	1942979	BPQ	1570.55	81.19	5	3.0 - 20.0	0.022 - 0.89
14	738761	1943455	BPQ	1695.83	25.80	5	3.0 - 12.0	0.031 - 0.44
15	738668	1943420	BPQ	1731.90	63.95	8	4.0 - 16	0.035 - 0.62
16	738489	1943244	BPQ	2741.15	76.20	7	3.5 - 18.0	0.031 - 0.59
17	738394	1942995	BPQ	1557.15	20.85	7	3.0 - 13.0	0.022 - 0.34
18	738721	1943047	BQP	2320.21	24.30	6	3.0 - 10.0	0.025 - 0.25
19	738915	1942982	BQP	2012.40	47.37	5	2.5 - 22.0	0.025 - 0.59
20	734954	1944198	BQP	991.74	29.68	7	2.5 - 21.0	0.022 - 0.54
21	735109	1944081	BPQ	799.44	26.75	6	2.5 - 15.0	0.025 - 0.39
22	733311	1944065	BQ	2066.51	22.78	5	2.5 - 11.0	0.025 - 0.34
23	733150	1944050	BQ	1684.54	23.00	6	2.0 - 9.0	0.031 - 0.32
24	733380	1944133	BQ	1463.53	17.20	3	2.5 - 12.0	0.019 - 0.35
25	733387	1943915	BQ	1121.21	17.11	3	3.0 - 11.0	0.035 - 0.25
26	733419	1943947	BQ	1224.34	16.85	3	2.5 - 11.0	0.022 - 0.22
27	733051	1943669	BQP	584.27	26.24	6	2.5 - 13.0	0.025 - 0.41
28	733096	1943733	BQP	447.05	14.60	6	2.5 - 13.0	0.025 - 0.46
29	733200	1942899	BQP	619.18	29.34	6	2.0 - 12.0	0.028 - 0.50
30	733150	1942800	BQP	553.31	22.36	7	2.5 - 12.0	0.025 - 0.51
31	733190	1943007	BQP	663.05	33.34	7	3.0 - 12.0	0.019 - 0.58
32	733345	1943112	BQP	584.03	24.12	6	3.0 - 15.0	0.025 - 0.58
33	737333	1950108	BQP	1358.71	32.68	12	1.8 - 15.0	0.031 - 0.58
34	739739	1946045	BQP	1559.71	36.08	10	3.0 - 13.0	0.028 - 0.39
35	739787	1945936	BQP	3658.30	56.97	13	3.0 - 15.0	0.031 - 0.40
36	739565	1945572	BQP	3314.84	57.77	6	2.5 - 11.0	0.035 - 0.60
37	739332	1945566	BQP	2334.72	62.93	9	1.8 - 12.0	0.025 - 0.59
38	739251	1945701	BQP	2740.56	51.84	8	2.5 - 13.0	0.025 - 0.47
39	739280	1945579	BQP	1407.35	54.28	7	3.0 - 14.0	0.028 - 0.83
40	739315	1945577	BQP	891.18	56.37	10	3.0 - 14.0	0.019 - 0.08
41	739934	1944747	BQP	1763.87	53.63	12	1.5 - 15.0	0.019 - 0.66
42	739755	1944624	BPQ	1079.40	32.30	8	2.5 - 13.0	0.028 - 0.50

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Características estructurales y ambientales de los sitios de muestreo.
continuación

No. M	Coordenadas (UTM)		T. de V.	D (ind./ha)	AB (m ² /ha)	No. Sp.	IA (m)	ID (m)
	X	Y						
43	739803	1945743	BQP	1962.21	55.01	12	2.2 – 13.0	0.025 – 0.72
44	739939	1944556	BPQ	2492.72	52.87	10	2.3 – 11.0	0.025 – 0.54
45	735289	1953249	BQP	1077.19	38.02	13	1.65 – 16	0.031 – 0.59
46	735503	1952915	BQP	841.48	32.13	8	2.0 – 26.5	0.028 – 0.67
47	735990	1952449	BQ	2093.38	46.33	9	4.0 – 16.0	0.035 – 0.30
48	736020	1952441	BQ	1578.36	59.78	8	2.0 – 16.0	0.038 – 0.58
49	735983	1952331	BQ	2445.69	58.74	8	2.0 – 13.0	0.035 – 0.40
50	739936	1942564	BPQ	961.98	27.84	7	3.0 – 16.0	0.022 – 0.52
51	740226	1943064	BQP	2887.92	56.45	8	2.0 – 13.0	0.019 – 0.44
52	737624	1944377	BPQ	823.86	42.48	9	2.5 – 25.0	0.022 – 0.86
53	737902	1944101	BPQ	987.07	41.73	8	2.0 – 25.0	0.031 – 0.83
54	740063	1941613	BQP	2639.83	48.73	8	2.0 – 15.0	0.022 – 0.56
55	739634	1942734	BPQ	2300.00	72.21	7	2.5 – 21.0	0.035 – 0.65
56	740016	1942248	BQP	950.02	25.82	4	2.2 – 15.0	0.020 – 0.28
57	739428	1941743	BMM	700.00	37.20	6	3.0 – 20.0	0.031 – 0.50
58	740278	1941180	BMM	1318.00	29.88	8	5.0 – 18.0	0.031 – 0.37
59	740498	1940542	BMM	1226.00	53.50	8	4.5 – 20.0	0.044 – 0.71
60	731147	1945315	BTC	719.00	12.17	6	2.5 – 8.0	0.031 – 0.30
61	730302	1946292	BTC	1523.00	39.96	9	1.5 – 8.0	0.031 – 0.27
62	731933	1947276	BTC	2435.00	51.48	10	1.2 – 8.0	0.028 – 0.30
63	730742	1949305	BTC	2675.00	48.05	5	2.0 – 8.0	0.022 – 0.23
64	730042	1950507	BTC	1842.00	46.10	4	1.35 – 7.1	0.028 – 0.33

No. M= Número de muestreo; T.V.= Tipo de Vegetación; D= Densidad; AB= Área basal; No. Sp.= Número de especies; I A= Intervalo de altura; I D= Intervalo de diámetro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Características estructurales y ambientales de los sitios de muestreo. continuación

No. M	T. V.	Ai (m)	Af (m)	Ad (m)	Pd (°)	O	G
1	BQP	2583	2473	2560	56	NE	LMA
2	BQP	2612	2565	2640	36	SE	LMM
3	BQP	2455	2380	2320	48	E	LMM
4	BPQ	2545	2470	2492	31	SE	LMM
5	BPQ	2560	2440	2560	29	S	LMA
6	BQP	2530	2500	2542	24	E	LMM
7	BQP	2180	2145	2160	21	SO	LMB
8	BPQ	2150	2115	2133	24	E	LMB
9	BPQ	2370	2315	2347	26	SO	LMM
10	BPQ	2360	2310	2348	38	E	LMM
11	BPQ	2390	2460	2440	27	SE	LMM
12	BPQ	2440	2400	2432	34	SO	LMA
13	BPQ	2415	2360	2427	17	NE	LMA
14	BPQ	2410	2370	2360	36	SO	LMM
15	BPQ	2470	2415	2440	38	SO	LMA
16	BPQ	2460	2395	2440	26	O	LMA
17	BPQ	2410	2355	2408	12	S	LMA
18	BQP	2360	2330	2350	19	S	LMA
19	BQP	2310	2270	2293	26	NO	LMM
20	BQP	2090	2025	2057	27	NE	LMA
21	BPQ	2010	2120	2060	38	S	LMB
22	BQ	2190	2015	2090	15	O	LMA
23	BQ	1990	2065	2000	29	O	LMM
24	BQ	2130	2085	2107	26	O	LMA
25	BQ	2110	2025	2096	27	S	LMA
26	BQ	2140	2060	2110	28	S	LMA
27	BQP	1960	1905	1947	27	SO	LMM
28	BQP	1980	1940	1960	33	SO	LMM
29	BQP	1860	1920	1887	18	SO	LMM
30	BQP	1830	1850	1848	23	SO	LMM
31	BQP	1935	1915	1880	18	SO	LMM
32	BQP	1975	1910	1930	19	SO	LMM
33	BQP	2280	2210	2220	24	E	LMA
34	BQP	2370	2440	2400	44	E	LMB
35	BQP	2500	2440	2453	24	NE	LMB
36	BQP	2345	2420	2400	35	NE	LMM
37	BQP	2530	2460	2480	34	NO	LMM
38	BQP	2500	2425	2460	40	N	LMM
39	BQP	2535	2490	2508	26	N	LMM
40	BQP	2520	2420	2440	48	E	LMM
41	BQP	2525	1490	2508	32	S	LMM
42	BPQ	2450	2380	2440	36	SE	LMM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Características estructurales y ambientales de los sitios de muestreo.
 continuación

No. M	T. V.	Ai (m)	Af (m)	Ad (m)	Pd (°)	O	G
43	BQP	2460	2385	2440	46	SE	LMB
44	BPQ	2560	2500	2533	24	SE	LMM
45	BQP	1980	2055	2040	30	NE	LMA
46	BQP	2110	2080	2098	15	PLANO	LMA
47	BQ	2080	2125	2107	26	E	LMA
48	BQ	2145	2090	2104	20	E	LMA
49	BQ	2180	2120	2148	29	NE	LMA
50	BPQ	2345	2300	2333	23	SE	LMM
51	BQP	2590	2545	2572	23	S	LMA
52	BPQ	2110	2050	2080	30	NO	LMB
53	BPQ	2170	2125	2148	21	NO	LMB
54	BQP	2310	2260	2290	19	SO	LMM
55	BPQ	2485	2440	2467	28	E	LMM
56	BQP	2310	2265	2280	14	O	LMM
57	BMM	2190	2090	2107	25	NO	LMB
58	BMM	2230	2190	2215	18	O	LMM
59	BMM	2260	2200	2233	26	SO	LMB
60	BTC	1475	1415	1452	25	O	LMM
61	BTC	1230	1170	1180	11	NO	LMB
62	BTC	1400	1365	1380	32	O	LMB
63	BTC	1460	1430	1440	14	O	LMM
64	BTC	1355	1320	1347	26	SO	LMB

No. M= Número de muestreo; T.V.= Tipo de vegetación; Ai= altitud inicial; Af= Altitud final; Ad= Altitud dominante; Pd= Pendiente dominante; O= Orientación; G=Geoforma; LMB= Ladera montañosa baja; LMM= Ladera montañosa media; LMA= Ladera montañosa alta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 3.

Valores de importancia relativos (%) por sitio de muestreo y tipo de vegetación.

Bosque tropical caducifolio

M60		M61	
Especies	VIR (%)	Especies	VIR (%)
<i>Bursera fagaroides</i>	28.57	<i>Cercidium praecox</i>	33.33
<i>Neobuxbamia tetetzo</i>	14.29	<i>Neobuxbamia tetetzo</i>	20.00
<i>Bursera submoniliformis</i>	14.29	<i>Bursera fagaroides</i>	6.67
<i>Acacia farnesiana</i>	14.29	<i>Bursera bipinnata</i>	6.67
<i>Caesalpinia velutina</i>	14.29	<i>Ceiba parvifolia</i>	6.67
<i>Acacia cochliacantha</i>	14.29	<i>Acacia farnesiana</i>	6.67
		<i>Caesalpinia velutina</i>	6.67
		<i>Acacia farnesiana</i>	6.67
		<i>Randia capitata</i>	6.67
M62		M63	
Especies	VIR (%)	Especies	VIR (%)
<i>Bursera bipinnata</i>	41.67	<i>Cercidium praecox</i>	45.83
<i>Bursera submoniliformis</i>	12.50	<i>Neobuxbamia tetetzo</i>	20.83
<i>Neobuxbamia tetetzo</i>	8.33	<i>Acacia farnesiana</i>	16.67
<i>Acacia farnesiana</i>	8.33	<i>Acacia cochliacantha</i>	12.50
<i>Randia capitata</i>	8.33	<i>Pithecellobium dulce</i>	4.17
<i>Acacia sp.</i>	4.17		
<i>Bursera sp.</i>	4.17		
<i>Phitecellobium dulce</i>	4.17		
<i>Caesalpinia velutina</i>	4.17		
<i>Cercidium praecox</i>	4.17		
M64			
Especies	VIR (%)		
<i>Cercidium praecox</i>	50.00		
<i>Neobuxbamia tetetzo</i>	27.78		
<i>Acacia farnesiana</i>	16.67		
<i>Pithecellobium dulce</i>	5.56		

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Bosques de Quercus**M22**

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	72.59
<i>Quercus liebmannii</i>	13.09
<i>Pinus devoniana</i>	6.36
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	5.52
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	2.45

M24

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	61.28
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	26.50
<i>Pinus devoniana</i>	12.22

M26

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	76.96
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	16.16
<i>Pinus devoniana</i>	6.88

M48

Especies	VIR (%)
<i>Quercus glaucoides</i>	29.17
<i>Quercus castanea</i>	18.78
<i>Arbutus xalapensis</i>	12.44
<i>Quercus obtusata</i>	11.69
<i>Quercus candicans</i>	9.25
<i>Pinus teocote</i>	7.76
<i>Quercus crassifolia</i>	6.80
<i>Pinus herrerae</i>	4.12

M23

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	81.50
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	6.29
<i>Arbutus xalapensis</i>	3.63
<i>Pinus devoniana</i>	2.96
<i>Quercus conspersa</i>	2.94
<i>Quercus crassifolia</i>	2.68

M25

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	91.85
<i>Pinus devoniana</i>	5.01
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	3.15

M47

Especies	VIR (%)
<i>Quercus glaucoides</i>	28.05
<i>Quercus candicans</i>	19.84
<i>Quercus obtusata</i>	16.56
<i>Quercus crassifolia</i>	13.86
<i>Arbutus xalapensis</i>	8.85
<i>Pinus herrerae</i>	4.02
<i>Pinus teocote</i>	3.98
<i>Quercus acatenanguensis</i>	2.40
<i>Quercus castanea</i>	1.99

M49

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	25.76
<i>Quercus crassifolia</i>	20.51
<i>Quercus candicans</i>	16.72
<i>Quercus glaucoides</i>	16.41
<i>Arbutus xalapensis</i>	9.67
<i>Pinus teocote</i>	5.30
<i>Pinus herrerae</i>	3.68
<i>Quercus castanea</i>	1.96

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bosques de Quercus – Pinus**M1**

Especies	VIR (%)
<i>Pinus teocote</i>	30.20
<i>Quercus castanea</i>	29.15
<i>Quercus acatenanguensis</i>	21.52
<i>Arbutus xalapensis</i>	9.13
<i>Rumfordia floribunda</i>	4.74
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	3.40
<i>Abies guatemalensis</i> var. <i>jaliscana</i>	1.85

M3

Especies	VIR (%)
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	6.01
<i>Arbutus xalapensis</i>	16.18
<i>Pinus hartwegii</i>	4.92
<i>Pinus lawsoni</i>	22.72
<i>Quercus acatenanguensis</i>	7.35
<i>Quercus rugosa</i>	42.80

M7

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	34.83
<i>Quercus scytophylla</i>	20.85
<i>Pinus herrerae</i>	17.21
<i>Pinus hartwegii</i>	16.73
<i>Arbutus xalapensis</i>	6.57
<i>Quercus crassifolia</i>	2.00
<i>Pinus teocote</i>	1.81

M19

Especies	VIR (%)
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	81.16
<i>Cornus disciflora</i>	5.69
<i>Clethra mexicana</i>	4.86
<i>Prunus brachybotrya</i>	4.23
<i>Quercus obtusata</i>	4.06

M2

Especies	VIR (%)
<i>Pinus teocote</i>	32.39
<i>Quercus acatenanguensis</i>	21.62
<i>Abies guatemalensis</i> var. <i>jaliscana</i>	15.20
<i>Arbutus xalapensis</i>	10.38
<i>Clethra pringlei</i>	8.08
<i>Quercus castanea</i>	7.10
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	3.59
<i>Myrsine juergensenii</i>	1.63

M6

Especies	VIR (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	34.78
<i>Quercus castanea</i>	27.63
<i>Pinus lawsoni</i>	12.91
<i>Pinus oaxacana</i>	10.26
<i>Pinus teocote</i>	7.35
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	7.07

M18

Especies	VIR (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	28.78
<i>Quercus crassifolia</i>	18.34
<i>Quercus obtusata</i>	18.22
<i>Pinus oaxacana</i>	15.89
<i>Pinus herrerae</i>	15.07
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	3.70

M20

Especies	VIR (%)
<i>Pinus lawsoni</i>	39.31
<i>Arbutus xalapensis</i>	18.73
<i>Quercus obtusata</i>	15.16
<i>Quercus crassifolia</i>	10.84
<i>Quercus scytophylla</i>	10.17
<i>Quercus laeta</i>	5.78

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

M27

Especies	VIR (%)
<i>Quercus obtusata</i>	37.30
<i>Quercus conspersa</i>	32.41
<i>Pinus devoniana</i>	24.08
<i>Arbutus xalapensis</i>	2.22
<i>Ceanothus coeruleus</i>	2.01
<i>Acacia macracantha</i>	2.00

M29

Especies	VIR (%)
<i>Quercus conspersa</i>	38.63
<i>Quercus obtusata</i>	20.45
<i>Quercus crassifolia</i>	16.79
<i>Pinus lawsoni</i>	14.00
<i>Arbutus xalapensis</i>	10.12

M31

Especies	VIR (%)
<i>Quercus crassifolia</i>	32.08
<i>Quercus obtusata</i>	29.09
<i>Pinus lawsoni</i>	15.87
<i>Quercus conspersa</i>	13.88
<i>Arbutus xalapensis</i>	5.52
<i>Acacia macracantha</i>	1.79
<i>Calliandra grandiflora</i>	1.78

M33

Especies	VIR (%)
<i>Pinus devoniana</i>	24.53
<i>Arbutus xalapensis</i>	18.44
<i>Quercus glabrescens</i>	16.84
<i>Quercus crassifolia</i>	11.64
<i>Quercus obtusata</i>	8.59
<i>Quercus scytophylla</i>	7.92
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	4.35
<i>Pinus herrerae</i>	4.21
<i>Myrsine juergensenii</i>	3.48

M28

Especies	VIR (%)
<i>Pinus devoniana</i>	31.29
<i>Quercus obtusata</i>	24.77
<i>Quercus conspersa</i>	22.21
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	16.97
<i>Arbutus xalapensis</i>	2.76
<i>Acacia macracantha</i>	2.01

M30

Especies	VIR (%)
<i>Pinus lawsoni</i>	30.73
<i>Quercus obtusata</i>	20.81
<i>Quercus crassifolia</i>	20.81
<i>Arbutus xalapensis</i>	11.86
<i>Quercus conspersa</i>	7.34
<i>Calliandra grandiflora</i>	4.35

M32

Especies	VIR (%)
<i>Quercus conspersa</i>	37.76
<i>Pinus lawsoni</i>	34.43
<i>Quercus obtusata</i>	17.72
<i>Arbutus xalapensis</i>	5.66
<i>Quercus crassifolia</i>	4.44

M34

Especies	VIR (%)
<i>Quercus acatenanguensis</i>	25.68
<i>Quercus crassifolia</i>	25.09
<i>Pinus lawsoni</i>	23.99
<i>Quercus greggii</i>	8.11
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	5.89
<i>Arbutus xalapensis</i>	5.01
<i>Quercus rugosa</i>	2.37
<i>Witheringia stellata</i>	1.98
<i>Prunus serotina var. capuli</i>	1.87

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

M35

Especies	VIR (%)
<i>Pinus devoniana</i>	14.61
<i>Quercus rugosa</i>	14.22
<i>Pinus lawsoni</i>	14.15
<i>Quercus crassifolia</i>	13.27
<i>Quercus acatenanguensis</i>	10.97
<i>Quercus greggii</i>	10.53
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	9.84
<i>Quercus scytophylla</i>	5.98
<i>Arbutus xalapensis</i>	2.24
<i>Quercus affinis</i>	2.21
<i>Quercus glabrescens</i>	1.97

M37

Especies	VIR (%)
<i>Quercus acatenanguensis</i>	45.07
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	18.33
<i>Pinus herrerae</i>	11.85
<i>Quercus crassifolia</i>	11.63
<i>Nolina parviflora</i>	3.05
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	3.02
<i>Pinus lawsoni</i>	2.85
<i>Arbutus xalapensis</i>	2.29
<i>Quercus greggii</i>	1.92

M39

Especies	VIR (%)
<i>Quercus acatenanguensis</i>	22.46
<i>Arbutus xalapensis</i>	19.44
<i>Quercus greggii</i>	19.24
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	18.57
<i>Pinus oaxacana</i>	11.93
<i>Pinus lawsoni</i>	5.08
<i>Pinus herrerae</i>	3.29

M36

Especies	VIR (%)
<i>Quercus laurina</i>	51.68
<i>Pinus devoniana</i>	17.09
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	13.24
<i>Pinus lawsoni</i>	10.14
<i>Arbutus xalapensis</i>	4.60
<i>Quercus glabrescens</i>	3.24

M38

Especies	VIR (%)
<i>Quercus acatenanguensis</i>	41.33
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	24.72
<i>Pinus lawsoni</i>	12.66
<i>Quercus greggii</i>	10.41
<i>Arbutus xalapensis</i>	4.76
<i>Quercus laurina</i>	2.19
<i>Pinus oaxacana</i>	2.07
<i>Prunus serotina var. capuli</i>	1.86

M40

Especies	VIR (%)
<i>Quercus greggii</i>	21.68
<i>Quercus acatenanguensis</i>	14.82
<i>Eupatorium sp.</i>	13.61
<i>Pinus oaxacana</i>	12.95
<i>Arbutus xalapensis</i>	11.78
<i>Pinus lawsoni</i>	11.15
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	5.08
<i>Quercus crassifolia</i>	3.57
<i>Nolina parviflora</i>	3.11
<i>Pinus herrerae</i>	2.25

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

M41

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	35.48
<i>Alnus acuminata ssp arguta</i>	14.55
<i>Quercus crassifolia</i>	12.89
<i>Pinus teocote</i>	8.32
<i>Quercus greggii</i>	8.16
<i>Arbutus xalapensis</i>	5.94
<i>Quercus rugosa</i>	4.96
<i>Quercus acatenanguensis</i>	3.33
<i>Pinus lawsoni</i>	2.57
<i>Nolina parviflora</i>	2.03
<i>Quercus glabrescens</i>	1.77

M45

Especies	VIR (%)
<i>Quercus glaucooides</i>	29.53
<i>Quercus obtusata</i>	23.65
<i>Quercus castanea</i>	20.47
<i>Quercus acatenanguensis</i>	7.15
<i>Quercus candicans</i>	5.08
<i>Arbutus xalapensis</i>	4.09
<i>Pinus oaxacana</i>	4.01
<i>Quercus greggii</i>	2.24
<i>Quercus crassifolia</i>	2.11
<i>Pinus teocote</i>	1.66

M51

Especies	VIR (%)
<i>Pinus teocote</i>	25.93
<i>Quercus crassifolia</i>	21.10
<i>Arbutus xalapensis</i>	20.71
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	11.79
<i>Quercus rugosa</i>	9.38
<i>Pinus lawsoni</i>	4.88
<i>Nolina parviflora</i>	3.75
<i>Quercus obtusata</i>	2.47

M43

Especies	VIR (%)
<i>Alnus acuminata ssp arguta</i>	23.98
<i>Quercus crassifolia</i>	17.45
<i>Quercus greggii</i>	16.50
<i>Pinus oaxacana</i>	13.85
<i>Arbutus xalapensis</i>	9.13
<i>Quercus glabrescens</i>	6.98
<i>Nolina parviflora</i>	3.47
<i>Pinus teocote</i>	3.20
<i>Clethra pringlei</i>	1.92
<i>Quercus acatenanguensis</i>	1.82
<i>Quercus affinis</i>	1.70

M46

Especies	VIR (%)
<i>Quercus glaucooides</i>	47.51
<i>Quercus obtusata</i>	13.95
<i>Quercus castanea</i>	10.96
<i>Arbutus xalapensis</i>	9.52
<i>Pinus oaxacana</i>	8.31
<i>Pinus teocote</i>	6.19
<i>Quercus crassifolia</i>	3.56

M54

Especies	VIR (%)
<i>Quercus crassifolia</i>	32.61
<i>Pinus lawsoni</i>	23.91
<i>Pinus teocote</i>	21.74
<i>Quercus obtusata</i>	8.70
<i>Arbutus xalapensis</i>	6.52
<i>Quercus candicans</i>	4.35
<i>Nolina parviflora</i>	2.17

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bosques de *Pinus* – *Quercus***M4**

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	38.85
<i>Quercus rugosa</i>	28.67
<i>Arbutus xalapensis</i>	18.82
<i>Pinus teocote</i>	9.90
<i>Quercus laurina</i>	3.76

M8

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	29.33
<i>Arbutus xalapensis</i>	19.81
<i>Quercus crassifolia</i>	11.53
<i>Quercus obtusata</i>	10.78
<i>Pinus herrerae</i>	10.67
<i>Pinus devoniana</i>	10.17
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	7.71

M10

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	51.93
<i>Arbutus xalapensis</i>	16.26
<i>Quercus obtusata</i>	8.98
<i>Quercus greggii</i>	8.41
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	5.07
<i>Quercus crassifolia</i>	4.54
<i>Quercus scytophylla</i>	2.77
<i>Pinus herrerae</i>	2.04

M12

Especies	VIR (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	36.58
<i>Pinus herrerae</i>	25.75
<i>Quercus crassifolia</i>	24.69
<i>Pinus oaxacana</i>	11.02
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	1.96

M5

Especies	VIR (%)
<i>Pinus herrerae</i>	34.68
<i>Arbutus xalapensis</i>	24.12
<i>Quercus castanea</i>	19.58
<i>Pinus teocote</i>	15.26
<i>Quercus acatenanguensis</i>	4.18
<i>Quercus scytophylla</i>	2.19

M9

Especies	VIR (%)
<i>Pinus hartwegii</i>	28.73
<i>Arbutus xalapensis</i>	27.59
<i>Pinus oaxacana</i>	16.02
<i>Quercus scytophylla</i>	13.35
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	10.59
<i>Quercus crassifolia</i>	3.72

M11

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	40.68
<i>Arbutus xalapensis</i>	22.43
<i>Quercus obtusata</i>	15.44
<i>Pinus herrerae</i>	10.83
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	8.72
<i>Pinus hartwegii</i>	1.89

M13

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	40.34
<i>Arbutus xalapensis</i>	29.04
<i>Pinus herrerae</i>	13.68
<i>Quercus obtusata</i>	11.08
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	5.86

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

M14

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	36.66
<i>Arbutus xalapensis</i>	30.71
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i>	17.08
<i>Quercus obtusata</i>	11.47
<i>Pinus herrerae</i>	4.07

M16

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	34.72
<i>Arbutus xalapensis</i>	18.17
<i>Quercus obtusata</i>	16.71
<i>Nolina parviflora</i>	10.05
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i>	9.98
<i>Pinus herrerae</i>	7.59
<i>Eupatorium</i> sp.	2.79

M21

Especies	VIR (%)
<i>Pinus herrerae</i>	59.16
<i>Arbutus xalapensis</i>	15.84
<i>Quercus obtusata</i>	14.41
<i>Quercus crassifolia</i>	6.03
<i>Quercus conspersa</i>	4.56

M44

Especies	VIR (%)
<i>Pinus oaxacana</i>	19.62
<i>Quercus greggii</i>	16.91
<i>Arbutus xalapensis</i>	15.29
<i>Pinus herrerae</i>	13.51
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i>	10.86
<i>Quercus scytophylla</i>	9.26
<i>Quercus crassifolia</i>	8.41
<i>Nolina parviflora</i>	4.43

M15

Especies	VIR (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	42.78
<i>Pinus oaxacana</i>	40.73
<i>Quercus obtusata</i>	5.62
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i>	5.34
<i>Eupatorium</i> sp.	3.70
<i>Pinus herrerae</i>	1.84

M17

Especies	VIR (%)
<i>Quercus acatenangensis</i>	28.47
<i>Arbutus xalapensis</i>	28.41
<i>Abies guatemalensis</i> var. <i>jaliscana</i>	17.26
<i>Pinus hartwegii</i>	7.72
<i>Myrsine juergensenii</i>	7.29
<i>Prunus brachybotrya</i>	7.19
<i>Clethra mexicana</i>	3.65

M42

Especies	VIR (%)
<i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i>	13.06
<i>Arbutus xalapensis</i>	10.14
<i>Nolina parviflora</i>	12.12
<i>Pinus herrerae</i>	15.03
<i>Pinus oaxacana</i>	21.93
<i>Quercus greggii</i>	11.92
<i>Quercus glabrescens</i>	14.09
<i>Quercus acatenanguensis</i>	1.73

M50

Especies	VIR (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	33.86
<i>Pinus oaxacana</i>	22.37
<i>Pinus devoniana</i>	21.70
<i>Pinus herrerae</i>	7.67
<i>Quercus crassifolia</i>	7.22
<i>Quercus rugosa</i>	4.83
<i>Quercus obtusata</i>	2.34

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

M52

Especies	VIR (%)
<i>Pinus devoniana</i>	43.09
<i>Pinus herrerae</i>	14.55
<i>Arbutus xalapensis</i>	11.36
<i>Quercus crassifolia</i>	10.93
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	8.52
<i>Quercus obtusata</i>	6.15
<i>Quercus splendens</i>	3.67
<i>Quercus scytophylla</i>	1.73

M55

Especies	VIR (%)
<i>Quercus crassifolia</i>	47.37
<i>Pinus devoniana</i>	26.32
<i>Arbutus xalapensis</i>	21.05
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	5.26

M53

Especies	VIR (%)
<i>Arbutus xalapensis</i>	28.17
<i>Pinus hartwegii</i>	18.27
<i>Pinus devoniana</i>	16.95
<i>Quercus obtusata</i>	12.02
<i>Pinus herrerae</i>	10.84
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	7.94
<i>Quercus crassifolia</i>	5.81

Bosque mesófilo de montaña**M57**

Especies	VIR (%)
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	30.77
<i>Myrsine juergensenii</i>	23.08
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	7.69
<i>Clethra mexicana</i>	7.69
<i>Eupatorium hebebotryum</i>	7.69
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	7.69
<i>Quercus candicans</i>	7.69
<i>Saurauia conzattii</i>	7.69

M59

Especies	VIR (%)
<i>Fraxinus uhdei</i>	28.57
<i>Alnus acuminata ssp. arguta</i>	14.29
<i>Cestrum anagyris</i>	14.29
<i>Cornus excelsa</i>	14.29
<i>Pinus patula</i>	14.29
<i>Saurauia conzattii</i>	14.29

M58

Especies	VIR (%)
<i>Ternstroemia tepezapote</i>	25.00
<i>Cornus excelsa</i>	16.67
<i>Myrsine juergensenii</i>	16.67
<i>Clethra mexicana</i>	8.33
<i>Ageratina bellidifolia</i>	8.33
<i>Quercus candicans</i>	8.33
<i>Quercus crassifolia</i>	8.33
<i>Saurauia conzattii</i>	8.33

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 4.

Lista florística de la Sierra Monteflor, Oaxaca, México.

Formas de crecimiento: A= árbol; Ar= arbusto; H= hierba; Ep= epífita; En= enredadera; Be= bejuco; P= parásita y hemiparásita.

Tipo de vegetación: BTC= bosque tropical caducifolio; BQ= bosque de encino; BQP= bosque de pino-encino; BPQ= bosque de pino-encino; BMM= bosque mesófilo de montaña; BE= bosque espinoso; R= riparia de BTC.

Categorías en NOM-059-ECOL-2001: P= Peligro de extinción; Pr= Protección especial.

PTERIDOPHYTA Y PLANTAS AFINES**ADIANTACEAE**H. *Adiantum capillus-veneris* (L.) Hook.H. *Adiantum poiretii* Wikstr.H. *Cheilanthes lendigera* (Cav.) Sw.Ep. *Cheilanthes notholaenoides* (Desv.) Maxon ex Weath.H. *Llavea cordifolia* Lag.

BQP

BQ

BQP

BQP

BMM

ASPLENIACEAEH. *Asplenium monanthes* L.H. *Dryopteris wallichiana* (Spreng.) Alston et Bonner

BQP, BQ

BMM, BQP

BLECHNACEAEH. *Woodwardia spinulosa* M. Martens et Galeotti

BQP

EQUISETACEAEH. *Equisetum myriochaetum* Schldl. et Cham.

BQ

POLYPODIACEAEH. *Phlebodium araneosum* (M. Martens et Galtotti) Mickel et Beitel

BQ

Ep. *Pecluma* sp.Ep. *Pleopeltis mexicana* (Fée) Mickel et Beitel

BQ

BPQ, BQP, BQ

H. *Polypodium madrense* J. Sm.

BPQ

H. *Polypodium plebeium* Schldl. et Cham

BQP

H. *Polypodium pleolepis* Maxon et Coopel.

BQP

Ep. *Polypodium* sp.

BQP

PTERIDACEAEEp. *Pellaea cordifolia* (Sessé et Moc.) A.R.Sm.

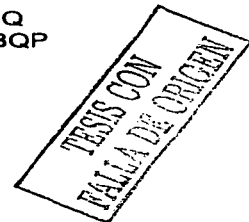
BQP

SELAGINELLACEAEH. *Selaginella lepidophylla* (Hook. et Grev.) Spring

BTC,

H. *Selaginella pallescens* (C. Presl) Spring

BTC, BQ



GYMNOSPERMAE**CUPRESSACEAE**A. *Juniperus monticola* Martínez

BQ

PINACEAEA. *Abies guatemalensis* var. *jaliscana* Martínez

BPQ

A. *Pinus ayacahuite* C. Ehrenb. ex Schldl.

BPQ, BMM

A. *Pinus devoniana* Lindl.

BQP, BPQ

A. *Pinus hartwegii* Roezl

BQP, BPQ

A. *Pinus herrerae* Martínez

BQP, BPQ

A. *Pinus lawsoni* Roezl ex Gordon

BQP

A. *Pinus oaxacana* Mirov. (x *montezumae* Lamb.)

BQP, BPQ

A. *Pinus patula* Seem.

BPQ, BMM

A. *Pinus teocote* Schldl. & Cham.

BQP

TAXODIACEAEA. *Taxodium mucronatum* Ten.

BQP

ANGIOSPERMAE**ACANTHACEAE**Ar. *Carlowrightia neesiana* (Schauer ex Nees) T.F. Daniel

BTC

Ar. *Justicia* aff. *mexicana* Rose

BTC

Ar. *Ruellia* sp.

BTC

AMARANTHACEAEH. *Iresine celosia* L.

BQP, BPQ, BMM

H. *Iresine diffusa* Humb. et Bompl. ex Willd.

BQP, BPQ, BMM

AMARYLLIDACEAEBe. *Bomarea acutifolia* (Link et Otto) Herb.

BPQ, BMM, BQ

ANACARDIACEAEA. *Pistacia mexicana* Kunth

BQP, BQ

A. *Rhus* sp.

BTC, BQ

APOCYNACEAEAr. *Haplophyton cimicidum* A. DC.

BTC

Ar. *Plumeria rubra* L.

BTC

ARALIACEAEA. *Oreopanax echinops* (Cham. et Schldl.) Decne. et Planch.

BMM

A. *Oreopanax peltatus* Linden

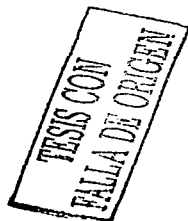
BMM

A. *Oreopanax xalapensis* (Kunth) Decne. et Planch.

BQP, BPQ, BMM

ASCLEPIADACEAEH. *Asclepias* aff. *otarioides* E. Fourn.

BQP



<i>H. Asclepias circinalis</i> (Decne.) Woodson	BQP
BETULACEAE	
<i>A. Alnus acuminata</i> Kunth subsp. <i>arguta</i> (Schltdl.) Furlow	BQP, BPQ, BMM
BOMBACACEAE	
<i>A. Ceiba parvifolia</i> Rose	BTC
BORAGINACEAE	
<i>H. Hackelia stricta</i> I.M. Johnst.	BPQ, BQP
<i>H. Macromeria exserta</i> D. Don	BQP
<i>H. Macromeria pringlei</i> Greenm.	BQ
BROMELIACEAE	
<i>Ep. Catopsis</i> sp.	BTC, BE
<i>H. Hectia podantha</i> Mez	BTC, BE, BQP
<i>Ep. Tillandsia bourgaei</i> Baker	BQP
<i>Ep. Tillandsia dugesii</i> Baker	BQ
<i>Ep. Tillandsia erubescens</i> Schltdl.	BPQ
<i>Ep. Tillandsia prodigiosa</i> (Lem.) Baker	BMM, BPQ
<i>Ep. Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	BQ, BQP, BPQ
BURSERACEAE	
<i>A. Bursera bipinnata</i> (Sessé et Moc. ex DC.) Engl.	BTC
<i>A. Bursera fagaroides</i> (Kunth) Engl.	BTC
<i>A. Bursera submoniliformis</i> Engl.	BTC
CACTACEAE	
<i>A. Neobuxbaumia tetetzo</i> (J.M. Coult.) Backeb.	BTC
CAPPARACEAE	
<i>A. Capparis incana</i> Kunth	BTC
CARYOPHYLLACEAE	
<i>H. Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	BPQ, BMM
<i>H. Stellaria cuspidata</i> Willd. ex Schltdl.	BQP, BPQ
CHLORANTHACEAE	
<i>A. Hedyosmum mexicanum</i> C. Cordem.	BMM
CLETHRACEAE	
<i>A. Clethra mexicana</i> DC.	BPQ, BMM
<i>A. Clethra pringlei</i> S. Watson	BPQ, BMM, BQP
COMPOSITAE	
<i>Ar. Ageratina bellidifolia</i> (Benth.) R.M. King et H. Rob.	BPQ, BMM
<i>Ar. Baccharis</i> sp.	BQ, BQP, BPQ, BMM
<i>H. Brickellia diffusa</i> (Vahl) A.Gray	BTC

H. <i>Brickellia</i> sp.	BMM, BPQ
H. <i>Calea</i> sp.	BQP
H. <i>Cirsium conspicuum</i> (G. Don) Sch. Bip.	BPQ
H. <i>Cirsium</i> sp.	BQP, BE
H. <i>Conyza</i> sp.	BPQ
H. <i>Cosmos</i> sp.	BPQ
H. <i>Eupatorium bellidifolium</i> Benth.	BPQ
Ar. <i>Eupatorium hebebotryum</i> (DC.) Hemsl.	BMM
H. <i>Erigeron</i> sp.	BPQ, BQP
H. <i>Gnaphalium</i> sp.	BQP, BPQ
Ar. <i>Gymnolaena oaxacana</i> (Greenm.) Rydb.	BTC
H. <i>Iostephane trilobata</i> Hemsl.	BPQ
Ar. <i>Lagascea helianthifolia</i> var. <i>helianthifolia</i> Kunth	BPQ
Ar. <i>Roldana</i> sp.	BMM
Ar. <i>Rumfordia floribunda</i> DC.	BPQ
H. <i>Senecio conzattii</i> Greenm.	BPQ
Ar. <i>Senecio</i> sp.	BMM, BPQ
H. <i>Sigesbeckia jorullensis</i> Kunth	BMM
Ar. <i>Stevia lucida</i> Lag.	BPQ
H. <i>Stevia ovata</i> Willd.	BPQ
H. <i>Stevia</i> sp.	BMM, BPQ
H. <i>Tagetes foetidissima</i> DC.	BPQ
Ar. <i>Trixis haenki</i> Sch. Bip. ex Seem.	BTC
H. <i>Trixis</i> sp.	BQP
Ar. <i>Vernonia karwinskiana</i> DC.	BPQ
CONVOLVULACEAE	
Ar. <i>Ipomoea pauciflora</i> M. Martens et Galeotti	BTC
CORNACEAE	
A. <i>Cornus excelsa</i> Kunth	BMM, BPQ, BQP
A. <i>Cornus disciflora</i> DC.	BQP
CRASSULACEAE	
H. <i>Echeveria</i> aff. <i>gibiflora</i> Lindl.	BQ
H. <i>Echeveria secunda</i> Booth ex Lindl.	BPQ
H. <i>Echeveria</i> sp1.	BPQ
H. <i>Echeveria</i> sp2.	BMM, BPQ
H. <i>Sedum praealtum</i> A. DC.	BMM, BPQ
H. <i>Sedum</i> sp.	BMM, BPQ
CYPERACEAE	
H. <i>Cyperus aggregatus</i> (Willd.) Endl.	BPQ
H. <i>Cyperus hermaphroditus</i> (Jacq.) Standl.	BPQ
H. <i>Cyperus</i> sp.	BQ
DILLENiaceae	
A. <i>Saurauia conzattii</i> Buscal.	BMM, BQP, BPQ

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

ERICACEAE

A. <i>Arbutus xalapensis</i> Hook.	BQP, BPQ, BMM
Ar. <i>Arctostaphylos lucida</i> (Small) Standl.	BPQ
A. <i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	BQP
Ar. <i>Comarostaphylis discolor</i> (Hook.) DC.	Pr BPQ
Ar. <i>Gaultheria erecta</i> Vent.	BQP
Ar. <i>Vaccinium confertum</i> Kunth	BPQ
Ar. <i>Vaccinium leucanthum</i> Cham. et Schtdl.	BQP

EUPHORBIACEAE

A. <i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	BTC
H. <i>Euphorbia</i> sp.	BPQ

FAGACEAE

A. <i>Quercus acatenanguensis</i> Trel.	BQP
A. <i>Quercus affinis</i> Scheidw.	BQP
A. <i>Quercus candicans</i> Née	BMM, BQ
A. <i>Quercus castanea</i> A. DC.	BQP
A. <i>Quercus conspersa</i> Benth.	BE, BQP
A. <i>Quercus crassifolia</i> Humb. et Bonpl.	BMM, BPQ, BQP
A. <i>Quercus glabrescens</i> Benth.	BQP, BPQ
A. <i>Quercus glaucoides</i> (Schottky) Koidz.	BQP
A. <i>Quercus grahami</i> Benth.	BQP
A. <i>Quercus greggii</i> (A. DC.) Trel.	BQP
A. <i>Quercus laeta</i> Liebm.	BQP, BQ
A. <i>Quercus laurina</i> Raf.	BQP
A. <i>Quercus liebmannii</i> Oerst. ex Trel.	BQ
A. <i>Quercus obtusata</i> (Willd.) Ashe.	BQP, BPQ
A. <i>Quercus rugosa</i> Née	BPQ
A. <i>Quercus scytophylla</i> Liebm.	BQP, BPQ
A. <i>Quercus segovienses</i> Liebm.	BQ
A. <i>Quercus splendens</i> Née	BPQ

FOUQUIERIACEAE

Ar. <i>Fouquieria formosa</i> Kunth	BTC
-------------------------------------	-----

GERANIACEAE

H. <i>Geranium</i> sp.	BQP
------------------------	-----

GRAMINEAE

H. <i>Eragrostis</i> sp.	BQP, BPQ
H. <i>Muhlenbergia robusta</i> (E. Fourn.) Hitchc.	BPQ
H. <i>Muhlenbergia</i> sp.	BQP

GUTTIFERAE

H. <i>Hypericum pauciflorum</i> Kunth	BPQ
---------------------------------------	-----

HYDROPHYLLACEAE

Ar. *Wigandia urens* var. *urens* (Ruiz et Pav.) Kunth BQP, BPQ

IRIDACEAE

H. *Sisyrinchium* aff. *angustissimum* (B.L. Rob. et Greenm.) BQP

Greenm. et C.H. Thomps.

H. *Tigridia* sp. BPQ

JUNCACEAE

H. *Juncus* sp. BPQ

LABIATAE

H. *Salvia fulgens* Cav. BMM, BPQ

H. *Salvia mexicana* Sessé et Moc. BQP

H. *Salvia misella* Kunth BQ

H. *Salvia patens* Cav. BQP, BPQ

H. *Salvia* sp. BMM

H. *Salvia* sp. BMM, BPQ

H. *Satureja macrostema* (Benth.) Briq. BPQ

H. *Satureja seleriana* Loes. BPQ

H. *Stachys coccinea* Jacq. BQP

LAURACEAE

Ar. *Litsea glaucescens* Sprengel ex Nees P BMM, BQP

Ar. *Litsea neesiana* (Wight) Boerl. BQP

LEGUMINOSAE

A. *Acacia cochliacantha* S. Watson BTC

A. *Acacia farnesiana* (L.) Wall. BTC

A. *Acacia macracantha* Humb. et Bonpl. ex Willd. BTC, BE, BQ

A. *Acacia pennatula* (Schltdl. et Cham.) Benth. BTC, BE, BQ

A. *Acacia subangulata* Rose BTC

A. *Acacia tequilana* S. Watson BTC

A. *Caesalpinia velutina* (Britton et Rose) Standl. BTC

Ar. *Calliandra anomala* (Kunth) J.F. Macbr. BQP

A. *Calliandra grandiflora* (L'Hér.) Benth. BPQ

En. *Canavalia hirsuta* J.D. Sauer BQP

H. *Cologania procumbens* Kunth BPQ

H. *Crotalaria mollicula* Kunth BQP

H. *Crotalaria rotundifolia* Poir. BPQ

H. *Dalea* cf. *lutea* Willd. BQP

Ar. *Dalea zimapanica* S. Schauer BPQ

Be. *Desmodium bellum* (S.F. Blake) B.G. Schub. BQP

H. *Desmodium sericophyllum* Schltdl. BQP

H. *Desmodium strobilaceum* Benth. BQ

Ar. *Desmodium* sp. BPQ

Ar. *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. BPQ

H. *Galega* sp. BPQ

H. <i>Indigofera jamaicensis</i> Spreng.	BQP
H. <i>Indigofera miniata</i> Ortega	BPQ
H. <i>Lotus repens</i> (G. Don) Sessé et Moc. ex Standl. et Steyererm.	BPQ
H. <i>Lupinus glabratus</i> Rose	BPQ
H. <i>Lupinus mexicanus</i> A. Gray.	BPQ
H. <i>Lupinus montanus</i> Kunth	BMM, BPQ
H. <i>Lupinus</i> sp.	BPQ
H. <i>Lupinus versicolor</i> Rose	BPQ
A. <i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	BTC
A. <i>Lysiloma divaricatum</i> Hook. et Jackson	BTC
Ar. <i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega	BQ
Ar. <i>Mimosa</i> aff. <i>guatemalensis</i> (Hook. et Arn.) Benth.	BPQ
Ar. <i>Mimosa mollis</i> Benth.	BTC
A. <i>Parkinsonia praecox</i> (Ruiz et Pav. ex Hook.) Hauman	BTC
En. <i>Phaseolus vulgaris</i> L.	BQP
A. <i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	BTC
Ar. <i>Senna pallida</i> (Vahl) H.S. Irwin et Barneby	BQP, BE
H. <i>Trifolium amabile</i> Kunth	BPQ
LENTIBULARIACEAE	
H. <i>Pinguicula heterophylla</i> Benth.	BQP
H. <i>Pinguicula moranensis</i> Kunth	BQP
H. <i>Pinguicula</i> sp.	BPQ
LILIACEAE	
H. <i>Maianthemum scilloideum</i> (M. Martens et Galeotti) La Frankie	BQ
LYTHRACEAE	
H. <i>Cuphea cyanea</i> DC.	BPQ
LOBELIACEAE	
H. <i>Lobelia berlandieri</i> A. DC.	BQP
H. <i>Lobelia</i> cf. <i>gruina</i> Cav.	BPQ
H. <i>Lobelia guerrierensis</i> Eakes et Lammers	BPQ
H. <i>Lobelia laxiflora</i> Kunth	BQP, BQ
LOGANIACEAE	
A. <i>Buddleja cordata</i> Kunth	BQP, BMM
A. <i>Buddleja parvifolia</i> Kunth	BQP
A. <i>Buddleja</i> sp.	BQP
LORANTHACEAE	
P. <i>Arceuthobium vaginatum</i> (Kunth) Eichler	BPQ
P. <i>Phoradendron</i> sp.	BPQ
MYRICACEAE	
Ar. <i>Myrica cerifera</i> L.	BMM, BPQ

MYRSINACEAE

Ar. *Myrsine juergensenii* Mez

BMM, BPQ

NOLINACEAE

A. *Nolina parviflora* (Karw. ex Schult.f) Hemsl.

BPQ, BQP

NYCTAGINACEAE

H. *Mirabilis viscosa* Cav.

BTC

OLEACEAE

A. *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Linglelsh.

BMM

ONAGRACEAE

A. *Fuchsia arborescens* Sims

BMM, BQP

Ar. *Fuchsia microphylla* Kunth

BMM

Ar. *Fuchsia parviflora* Lindl.

BQ, BQP

Ar. *Fuchsia tacanensis* Lundell

BPQ

H. *Lopezia miniata* DC.

BQP

H. *Oenothera rosea* L' Hér. ex Aiton

BMM, BPQ

ORCHIDACEAE

H. *Artorima erubescens* (Lindl.) Dressler et G.E. Pollard

BQP

H. *Dressleiana* sp.

BPQ

Ep. *Encyclia* sp.

BPQ

Ep. *Encyclia citrina* (La Llave et Lex.) Dressler

BQP

Ep. *Encyclia concolor* (La Llave et Lex.) Schltr.

BQP, BQ

H. *Encyclia* aff. *linkiana* (Klotzsch) Schltr.

BPQ, BQP

Ep. *Encyclia tenuisima* (Ames, F.T. Hubb. et C. Schweinf.)
Dressler

BQ

H. *Encyclia varicosa* (Bateman ex Lindl.) Schltr.

BQP

Ep. *Encyclia vitellina* (Lindl.) Dressler

BQP, BQ

Ep. *Epidendrum ledifolium* L.O. Williams

BQP

Ep. *Epidendrum longipetalum* God.-Leb.

BQ

Ep. *Epidendrum propinquum* A. Rich. et Galeotti

BQP

Ep. *Euchile citrina* (La Llave et Lex.) Withner

BQP

H. *Govenia capitata* Lindl.

BPQ

H. *Govenia* sp.

BQP

Ep. *Isochillus* sp.

BQP

Ep. *Lemboglossum apterum* (La Llave et Lex.) Soto Arenas et
Salazar

BQ

Ep. *Prosthechea concolor* (La Llave et Lex.) Schltr.

BQ

Ep. *Prosthechea semiaperta* Hagsater

BQ

Ep. *Lemboglossum cervantesii* var. *membranaceum* (Lindl.)
Soto Arenas et Salazar

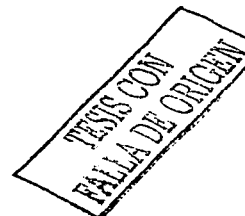
BPQ

Ep. *Lemboglossum maculata* (La Llave et Lex.) Soto Arenas et
Salazar

BQP

H. *Schiedeella eriophora* (Rob. et Greenm.) Schltr.

BQP



OROBANCHACEAE

P. *Conopholis alpina* Liebm.

BPQ, BMM

OXALIDACEAE

H. *Oxalis* sp.H. *Oxalis* sp.

BQP

BQP

PALMAE

Ar. *Brahea dulcis* (Kunth) Mart.

BTC, BE, BQ

PASSIFLORACEAE

Be. *Passiflora foetida* Benth.

BTC, R

PHYTOLACCACEAE

Ar. *Phytolacca rugosa* A. Braun et C.D. Bouché

BPQ, BMM, BQP

PIPERACEAE

Ep. *Peperomia deppeana* Schltld. et Cham.H. *Peperomia galioides* KunthH. *Peperomia* sp.

BPQ, BQP

BPQ, BQP

BQP

POLYGALACEAE

Ar. *Monnina xalapensis* Kunth

BQP, BPQ

POLYGONACEAE

En. *Polygonum convolvulus* L.

BQP

PRIMULACEAE

H. *Anagallis arvensis* L.

BPQ

PYROLACEAE

H. *Chimaphila maculata* (L.) Pursh

BQP

RANUNCULACEAE

Be. *Clematis dioica* L.H. *Delphinium bicornatum* Hemsl.H. *Ranunculus* sp.

BQP, BPQ, BMM

BPQ, BQP

BQP

RHAMNACEAE

Ar. *Ceanothus coeruleus* Lag.Ar. *Karwinskia mollis* Schltld.Ar. *Rhamnus* aff. *mucronata* Schltld.Ar. *Rhamnus pringlei* Rose

BQP, BPQ

BTC

BQP, BPQ

BQ

ROSACEAE

A. *Cercocarpus macrophyllus* C.K. Schneid.A. *Prunus brachybotrya* Zucc.A. *Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav.) McVaugh

BPQ, BQP

BPQ, BMM, BQP

BPQ, BMM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RUBIACEAE

H. *Bouvardia* sp.Ar. *Randia capitata* DC.BQP, BPQ
BTC

SALICACEAE

A. *Salix taxifolia* Kunth

BTC, R

SAPINDACEAE

Be. *Serjania* sp.

BMM

SAPOTACEAE

A. *Sideroxylon celastrinum* Kunth

BTC, R

SAXIFRAGACEAE

H. *Heuchera orizabensis* Hemsl.

BQP, BPQ

SCROPHULARIACEAE

H. *Castilleja arvensis* Schltl. et Cham.H. *Castilleja tenuiflora* Benth.Ar. *Hemichaena fruticosa* Benth.H. *Mimulus glabratus* KunthH. *Penstemon gentianoides* (Kunth) Poir.H. *Penstemon aff. hartwegii* Benth.H. *Penstemon* sp.H. *Russelia* sp.BPQ
BPQ
BPQ
BQ
BQP, BMM
BPQ
BQP
BQP

SIMAROUBACEAE

Ar. *Castela erecta* Liebm.

BTC

SOLANACEAE

A. *Cestrum cf. anagyris* DunalAr. *Solanum pubigerum* KuntzeAr. *Witheringia stellata* (Greenm.) Hunz.BMM
BMM
BMM, BQP

STAPHYLLACEAE

A. *Turpinia* sp.

BMM

STERCULIACEAE

A. *Guazuma ulmifolia* Lam.

BTC, R

THEACEAE

A. *Ternstroemia sylvatica* Schltl. et Cham.A. *Ternstroemia tepezapote* Schltl. et Cham.A. *Cleyera* sp.BQP
BMM, BQP, BPQ
BMM, BPQ

UMBELLIFERAE

H. *Arracaccia* sp.H. *Eryngium* sp.BPQ
BPQ

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

URTICACEAE*Ar. Urera caracasana* (Jacq.) Griseb.**BMM****VERBENACEAE***H. Glandularia bipinnatifida* Nutt.*H. Lantana hirta* M. Martens et Galeotti*H. Stachytarpheta* sp.*H. Verbena carolina* L.**BPQ****BQP****BQP****BPQ****VITACEAE***En. Vitis bloodwothiana* Comeaux.**BMM****TESIS CON
FALLA DE CUBRIR**