

Centro Queretano de Recursos Naturales

TOMO XII - Reporte Técnico

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS,
CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO
Y UNIDADES PAISAJÍSTICAS
EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA
“SIERRA GORDA” DE QUERÉTARO**



CONCYTEQ

Diciembre de 2006

Centro Queretano de Recursos Naturales

TOMO XI - Reporte Técnico

**CARACTERIZACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS,
CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO
Y UNIDADES PAISAJÍSTICAS
EN LA RESERVA DE LA BIÓSFERA
“SIERRA GORDA” DE QUERÉTARO**

Dr. Roberto de la Lata Gómez (coordinador)

Biól. Armando Bayona Celis

Geóg. Eduardo Rivera Sánchez

Ing. J. Guadalupe Valtierra

Ing. Wendy Erika Martínez Reséndiz

Ing. Angélica Montoya Martínez

Diciembre de 2006



GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Lic. Francisco Garrido Patrón
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL

Lic. Guadalupe Murguía Gutiérrez
SECRETARIA DE EDUCACIÓN

CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Dr. Alejandro Lozano Guzmán
DIRECTOR GENERAL

D.G. Alicia Arriaga Ramírez
DIFUSIÓN

© Derechos reservados. Se prohíbe la reproducción parcial o total de este reporte sin la previa autorización por escrito del autor.

CENTRO QUERETANO DE RECURSOS NATURALES

ISBN 968-5402-01-9 (Toda la obra)

ISBN 968-5402- 02-7(Tomo I: Mejoramiento de la Red Carretera del Centro y Norte del Estado de Querétaro, Un soporte para su Desarrollo Integral y Sustentable)

ISBN 968-5402- 03-5 (Tomo II: Planeación de los Libramientos Carreteros de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 04-3 (Tomo III: Uso del Suelo y Vegetación de la Zona Sur del Estado de Querétaro)

ISBN 968-5402- 05-1 (Tomo IV: Diagnóstico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro)

ISBN 968-5402-07-8 (Tomo V: Uso Actual y Potencial del Suelo en los Municipios Conurbados de Querétaro)

ISBN 968-5402-09-4 (Tomo VI: Sistemas Acuáticos Sustentables. Estudio para la Ciudad de Querétaro y sus alrededores)

ISBN 968-5402-10-8 (Tomo VII: El Sistema de Agua en la Región Querétaro de la Cuenca Lerma-Chapala, Diagnóstico Proyecto: Sustentabilidad del Sistema de Agua en el Estado de Querétaro)

ISBN 968-5402-11-6 (Tomo VIII: Reordenamiento del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro, Primer Reporte: Estudio de Campo)

ISBN 968-5402- 15-9 (Tomo IX: Medición y Análisis del Volumen de Tránsito en las Principales Vialidades de la Ciudad de Querétaro)

ISBN 968-5402- 17-5 (Tomo X: Estudio Exploratorio de las Condiciones Isotópicas e Hidrogeoquímicas de afloramientos en la Comunidad de El Arbolito, Municipio de Cadereyta, Qro.)

ISBN 968-5402- 18-3 (Tomo XI: Estimación de la demanda de transporte en la ciudad de San Juan del Río)

ISBN 968-5402-19-1 / 978-968-5402-19-4 (Tomo XII: Caracterización de los Ecosistemas, Cambios en el Uso del Suelo y Unidades Paisajísticas en la Reserva de la Biosfera “Sierra Gorda” de Querétaro)

E-Book

ISBN 978-607-7710-24-0

Publicación del Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado de Querétaro
Luis Pasteur Sur N° 36, Centro Histórico,
Tel. (442) 212 7266, 214 3685 y 212 2241
Santiago de Querétaro, CP 76000 Qro., México

Indice

1. ANTECEDENTES	1
1.1 CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS Y EL USO DEL SUELO EN LA SIERRA GORDA.....	1
1.2 IMPORTANCIA Y ALGUNAS NECESIDADES DE LA RESERVA.....	4
2. OBJETIVOS	6
2.1 INVENTARIO DE RECURSOS.....	6
2.2 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE LA PRIMERA ETAPA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA RESERVA.....	6
3. METODOLOGÍA DEL MAPA DE VEGETACIÓN 2005	7
3.1 ANÁLISIS DE FUENTES DE DATOS.....	7
3.2 GEORREFERENCIA DE IMÁGENES PARA LOGRAR UNA PRECISIÓN EQUIVALENTE A LA CARTA TOPOGRÁFICA 1:50,000.....	8
3.3 AJUSTES A LA CARTOGRAFÍA.....	8
3.4 INTERPRETACIÓN DE PARCELAS NO CONTENIDAS EN LA CARTA TOPOGRÁFICA, DESDE 2.5 HECTÁREAS.....	10
3.5 ELIMINACIÓN DE SOMBRAS CON MDE EN IMÁGENES L7.....	10
3.6 CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN. BANDAS IR, R, V; COEFICIENTE DE VERDOR ...	11
3.7 VECTORIZACIÓN DE CLASIFICACIONES PERTINENTES; INTEGRACIÓN AL MAPA.....	11
3.8 INTEGRACIÓN DE POLÍGONOS Y ATRIBUTOS PERTINENTES AL MAPA, DESDE ZAMUDIO, INF 2000, CQRN.....	11
3.9 EDICIÓN Y AJUSTE DE VECTORES.....	11
3.10 VERIFICACIÓN SELECTIVA DE LA CLASIFICACIÓN Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN.....	12
3.11 INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO AL MAPA (CONFIRMACIÓN O CAMBIO EN CLASIFICACIÓN).....	12
3.12 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL MAPA.....	12
4. CARTA DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN DE LA SIERRA GORDA 2004-2005	14
5. MAPA DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO 1973-2004	17
6. CARTOGRAFÍA DE UNIDADES PAISAJÍSTICAS	20
7. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN	24
7. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN	25
8. CONCLUSIONES	26
Referencias.....	28
Apéndices:.....	29

1. ANTECEDENTES

1.1 CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS Y EL USO DEL SUELO EN LA SIERRA GORDA

La evaluación del estado actual de los recursos naturales y la biodiversidad en la Sierra Gorda, sólo se ha podido intentar hasta ahora a través de observaciones generales, aisladas u obtenidas sin el rigor necesario. A pesar de que Querétaro es considerado (CONABIO / UNAM, 1994) un estado con información comparativamente abundante acerca de sus recursos naturales y ecosistemas, esta no es la situación en la Sierra Gorda, ya que el llamado centro y el sur de la entidad se conocen, a través de numerosos estudios a detalle, mucho más a fondo que el área serrana. En la década de 1970, la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), realizó cartografía a escala 1:50,000 de una amplia porción del estado de Querétaro, pero la sierra no se tocó (**Figura 1.1**).

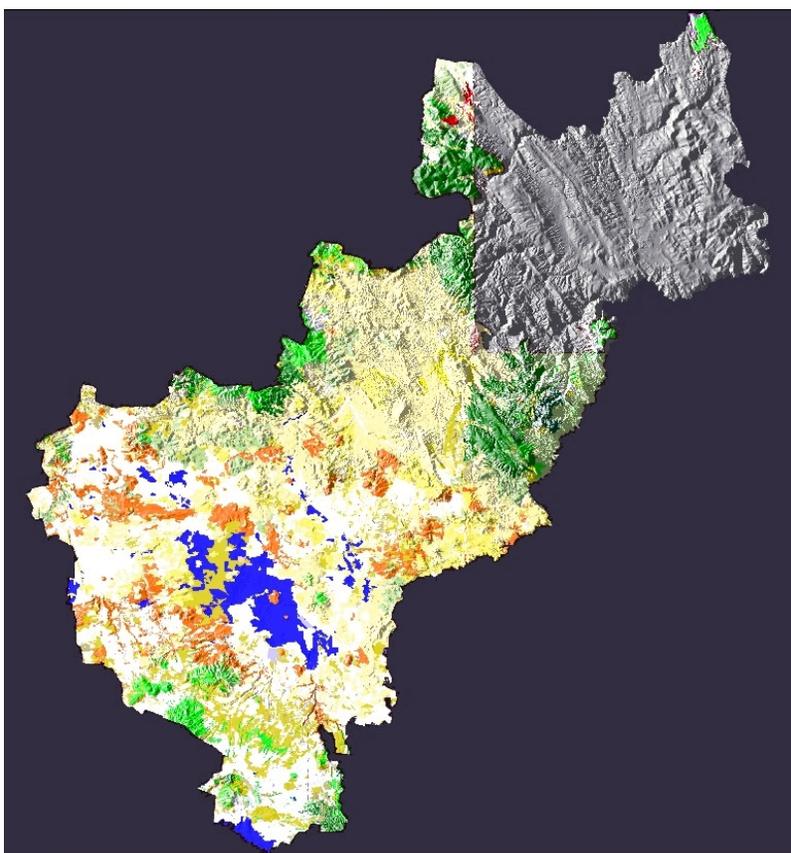


Figura 1.1. Cobertura de la cartografía de uso del suelo Esc. 1:50,000 de CETENAL, elaborada entre 1973 y 1975

En *Biodiversidad y Conservación en México*, de la UNAM y CONABIO (1994), los datos que provienen de fuentes como la SAHOP o la SARH, resultan contradictorios y son puestos en duda por los mismos autores. Las cifras de superficies de uso del suelo y vegetación que mencionan diversas publicaciones, son también inconsistentes. La diversidad de métodos y sistemas de clasificación empleados es otra fuente de confusión y parece mostrar cambios en la cobertura vegetal y los usos del terreno que probablemente son mucho mayores a los reales.

Dos fuentes más o menos recientes a escala 1:250,000, el de Zamudio y Rzedowski (1992) sobre la vegetación de Querétaro y la carta de uso del suelo y vegetación de CONCYTEQ - CQRN, nos muestran, aunque gran coincidencia en amplias áreas, divergencias significativas en cuanto a la presencia o no de ciertos tipos de vegetación (selvas medianas, bosques mesófilos de montaña, etc.), su distribución y extensión.

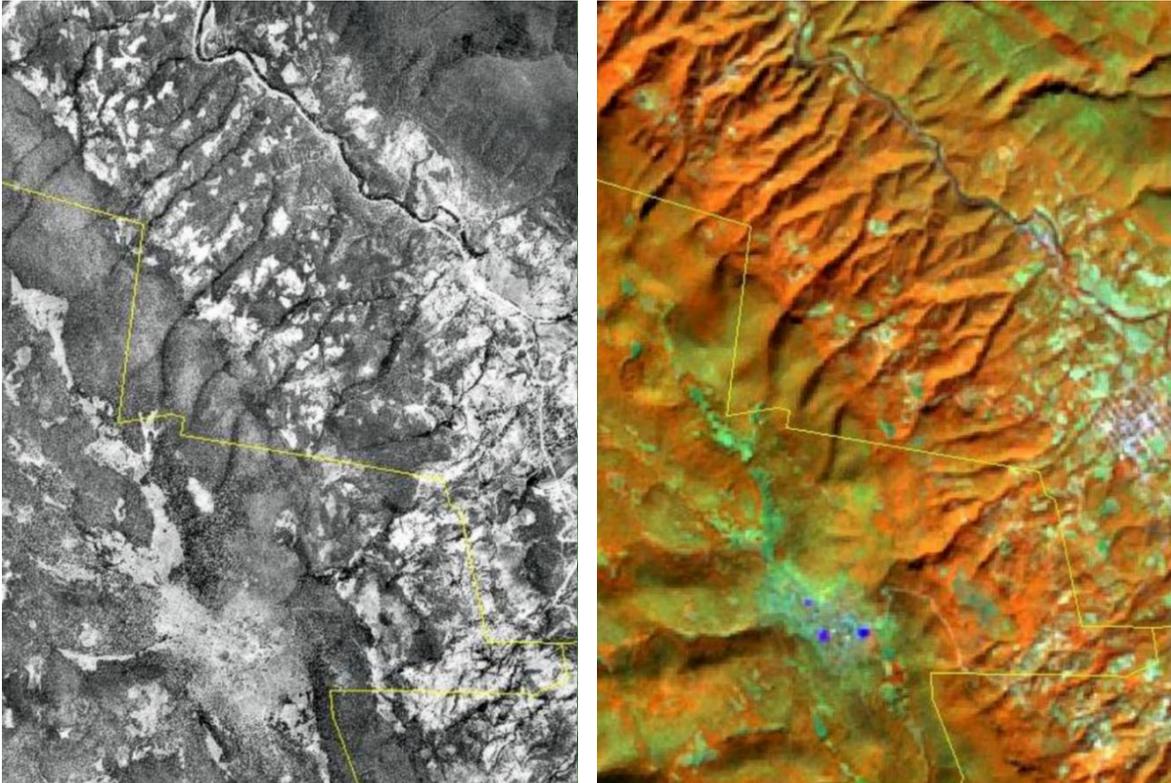


Figura 1.2

Vista de una fotografía aérea 1:50,000 de 1970, del área al poniente de Purísima de Arista (en el centro, derecha) y una imagen de satélite Landsat ETM de fines de 1999. (CQRN, CONCYTEQ)

Se observa que varias parcelas, áreas claras en la fotografía, particularmente en la franja (selvas bajas) que recorre ambas imágenes de la esquina superior izquierda hacia abajo a la derecha, han desaparecido bajo la vegetación arbórea.

No existe información congruente a suficiente detalle acerca de cuáles son los procesos principales de cambio en los ecosistemas serranos. Se habla en diversas publicaciones de pérdidas importantes por tala, incendios o plagas. En otras se cita lo que parece indicar un aumento en la cobertura de los ecosistemas primarios (es decir intactos) en las últimas décadas, proceso imposible en tan poco tiempo. El accidentado relieve; la complejidad tan grande del mosaico de ecosistemas en la sierra, no ayudan a esclarecer el asunto.

No obstante, una característica que se ha reportado repetidas veces en varias zonas de la sierra, es la alta capacidad de regeneración de ecosistemas alterados

previamente por corte de los árboles o arbustos, labranza o pastoreo, cuando cesa o se reduce en alguna medida, la acción humana.

En conjunto con esta capacidad regenerativa, se observa en varias zonas de la sierra, como a lo largo de las laderas y mesetas en la cuenca directa del río Jalpan, o en zonas de Pinal de Amoles y Landa, que se ha abandonado la agricultura de temporal en zonas relativamente extensas, en forma gradual durante los últimos 20 años.

A pesar de que no se cuenta con inventarios históricos o actuales al detalle suficiente, varias observaciones como las de la **figura 1.2**, apuntan en el sentido de que esto ha ocurrido en proporción probablemente significativa.

La SEMARNAP (1997) consideraba que se perdían alrededor de 550 hectáreas de vegetación forestal al año en promedio en la reserva. Esto equivale al 0.143% de la superficie total de la reserva, y al 0.2% de las zonas con vegetación de bosques templados o tropicales (de un 73% del total de la reserva cubierto con esta vegetación, según el Programa de Manejo). No se menciona en dicho programa si esto ya considera -es decir, ha restado- las superficies con regeneración y reforestación, o no es así.

Las áreas aproximadas que presentan reforestación en los municipios de la reserva suman una media anual de unas 800 ha en los últimos 3 años (datos del Grupo Ecológico Sierra Gorda). Es posible que en años anteriores la cifra se acerque más a las 500 ha. plantadas anualmente. De acuerdo a las proporciones habituales de supervivencia de estas reforestaciones, no parece probable que la deforestación reportada sea equilibrada por ellas, pero el hecho es que no se ha cuantificado este proceso.

Según algunos datos citados por la SEMARNAP y el INEGI (Estadísticas del Medio Ambiente, 1999), a nivel nacional hay una deforestación de bosques templados y tropicales, que suma alrededor de 610 mil hectáreas anuales. Esto equivale al 0.31% de la superficie continental de México y el 1.22% de las áreas con bosques templados y tropicales en el país (25% en 1990, de acuerdo a UNAM/CONABIO), lo que sextuplica la estimación de deforestación en la reserva.

Dicho de otro modo, si la deforestación siguiera las tendencias actuales en el país, los bosques templados y tropicales de México no existirán en 2084. La Sierra Gorda en cambio habría perdido menos del 12% de su superficie arbolada para esa misma fecha.

En una evaluación reciente elaborada por CentroGeo para el PNUD, en la que se compararon mapas a escala 1:250,000 de 1980 (INEGI), 1991 (CQRN/CONCYTEQ), 1996 (Inventario Nacional Forestal) y una interpretación de cambios entre éste último y una imagen de satélite de 2000, se estima a nivel general que en un balance de los últimos 25-30 años, se ha desmontado aproximadamente un 19.8% del área de la reserva y se observa recuperación en

otras áreas hasta sumar el 8.8 %. El resto del área natural protegida (71.5%) aparentemente no muestra cambios. Si calculamos, de acuerdo a este mapa de cambios (**Figura 1.3**), cuál ha sido la deforestación neta en la década del 90, el resultado es de 2,045 ha anuales. La regeneración, de acuerdo a la misma fuente y en el mismo período es de sólo 433 ha/año.

Así pues, paralelamente a varias zonas en las que se ha reportado degradación por plagas, incendios, y aun el crecimiento urbano -que prácticamente se limita a Jalpan- tenemos otras áreas en las que aparentemente la biodiversidad se mantiene sin graves cambios y toda una serie de terrenos que estaban dedicados

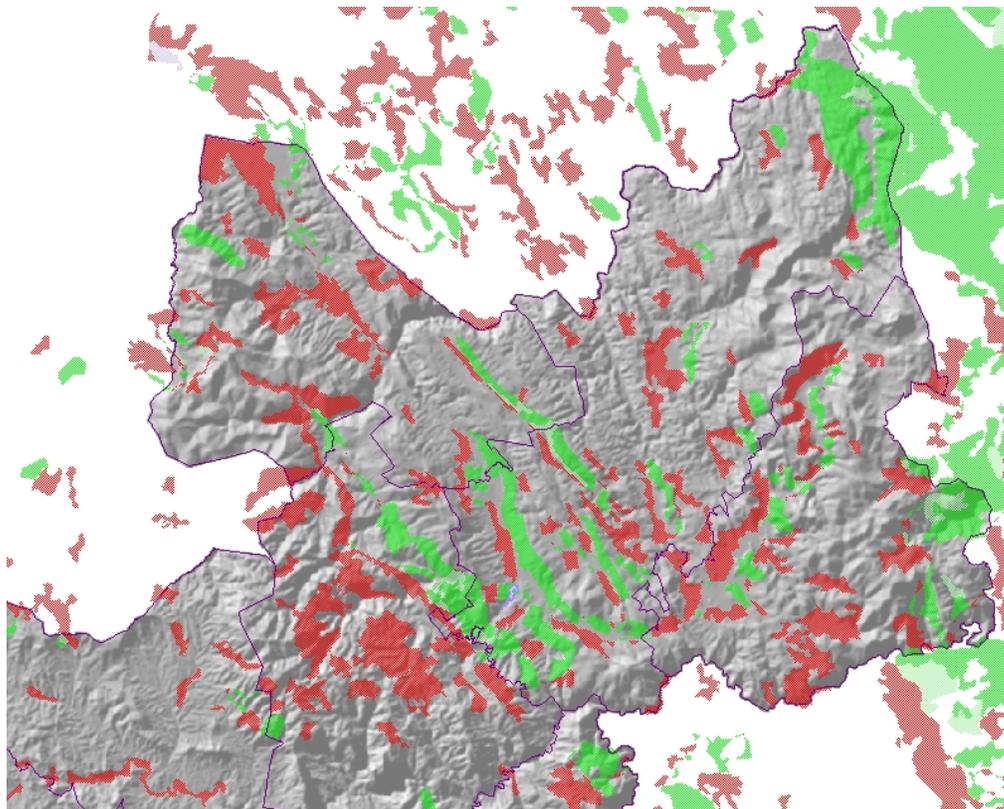


Figura 1.3. Mapa de cambios, INEGI 1980 contra inventario Nacional Forestal 1996, esc. 1:250,000 CentroGeo. En rojo, zonas que sufrieron desmonte, verde, zonas en recuperación de la vegetación, gris, zonas sin cambio aparente

a la agricultura de temporal y nómada, en las áreas alrededor de Pinal de Amoles, la cuenca del Jalpan y varios sitios en el municipio de Landa de Matamoros, en los que la diversidad y la cobertura parecen estarse recuperando ya por un período considerable, en ciertos casos sin duda mayor a una década.

1.2 IMPORTANCIA Y ALGUNAS NECESIDADES DE LA RESERVA

La Dirección de la Reserva de la Biósfera, tiene asignadas funciones como coordinar, concertar con diversas instituciones públicas y privadas en Querétaro, México y el extranjero, y dar seguimiento a las numerosas acciones de

reforestación, investigación científica, proyectos productivos y mejoramiento comunitario, que ocurren cotidianamente en un territorio casi del tamaño del estado de Tlaxcala.

La reserva es la séptima en tamaño dentro de las áreas naturales protegidas federales de primer nivel en México, incluyendo a las marítimas, y se le considera como la más diversa en ecosistemas de todas ellas. Tal relevancia se le concede a nivel internacional que en 2001 se le asignó como Reserva MaB-UNESCO, quedó incluida dentro de la Red Mundial de Reservas de la Biósfera, y se inscribió como un proyecto de escala completa a siete años con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en Inglés), y administrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Sin embargo, como se ha visto, no se cuenta en la reserva con cartografía actualizada a detalle del área sujeta a protección, y menos aún con un sistema de información que permita dar seguimiento eficaz en el espacio y el tiempo a la multitud de acciones mencionadas, denuncias de ilícitos ambientales, y otras.

En reuniones del CQRN con la Dirección de la Reserva, ésta ha manifestado la necesidad de un sistema de información que cumpla propósitos en dos vertientes fundamentales:

- Un modelo espacial detallado de los ecosistemas de la reserva que permita caracterizarlos, dar seguimiento a los cambios que ocurren en ellos y ser de utilidad en la investigación y calificación de diversos aspectos como riesgos de siniestros, fragilidad, biodiversidad, biomasa y servicios ambientales; y
- Un sistema de información para la reserva en el que sea posible espacializar los proyectos, resultados, denuncias y otros trabajos de la Dirección de la Reserva, ONGs , y otros actores; así como reportar en forma adecuada y expedita los resultados obtenidos.

2. OBJETIVOS

2.1 INVENTARIO DE RECURSOS

El objetivo general en este rubro es el de contar con la información geográfica de tipo ecológico y paisajístico, con el nivel de desagregación necesario para la conservación y el ordenamiento. Para ello se están desarrollando actividades para cumplir con las siguientes metas:

- Mapa de unidades de paisaje a escala 1:50,000 de la reserva y un área de influencia definida por la propia homogeneidad de los paisajes. Unidades caracterizadas de acuerdo a su geología, pendiente, suelo y otras características.
- Inventario y cartografía de asociaciones de vegetación (ecosistemas y sus variantes principales) y uso del suelo en escala 1:50,000 de la Sierra Gorda, incluyendo la zona decretada y su área de influencia.
- Mapa de uso del suelo probable 1:50,000 a partir de fotografías aéreas de inicios de la década de 1970, imágenes de satélite, cartografía y otras fuentes de información.
- Mapa de cambios por sobreposición de los mapas de la década de 1970-2004.

2.2 DISEÑO Y PUESTA EN MARCHA DE LA PRIMERA ETAPA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA RESERVA

El objetivo de este componente es el que la reserva (y la SEMARNAT) cuente con un sistema de información en el que se encuentren integrados los temas del punto anterior y otra información del medio natural, social y económico ya existente, para plantear acciones de ordenamiento, protección, conservación, o evaluación de servicios ambientales. Para realizar esto, se cumplirá con:

- Inventario de información existente. Evaluación de la calidad, precisión y compatibilidad entre las diversas fuentes.
- Diagnóstico de necesidades de información de la RBSG y resultados requeridos de un sistema de información.
- Diseño de las estructuras y organización básica del sistema. Desarrollo de un módulo piloto.
- Definición del desarrollo del sistema en etapas, de acuerdo a necesidades y posibilidades.

- Integración de la primera etapa del sistema, con funciones de proceso de información geográfica ambiental y seguimiento de acciones.

3. METODOLOGÍA DEL MAPA DE VEGETACIÓN 2005

3.1 ANÁLISIS DE FUENTES DE DATOS

Se revisaron las diversas fuentes de información acerca de la vegetación y el uso del suelo en el estado, con énfasis en aquellas que incluyen documentos cartográficos y abarcan la zona de la reserva, desde el trabajo “Flora de Querétaro”, de Ignacio Piña (1967), hasta la cartografía más reciente del Inventario Nacional Forestal (2000), el INEGI (2003) y en particular, lo que se considera el estudio más comprensivo de este tema, el trabajo de Sergio Zamudio y colaboradores (INE, CONCYTEQ, 1991). Se digitalizaron u obtuvieron archivos digitales de ellas, para realizar comparaciones en el espacio y el tiempo dentro del software de SIG (Arc View 3, MGE). Asimismo, se correlacionaron los diversos conceptos de vegetación empleados por los autores, para encontrar equivalencias aproximadas.

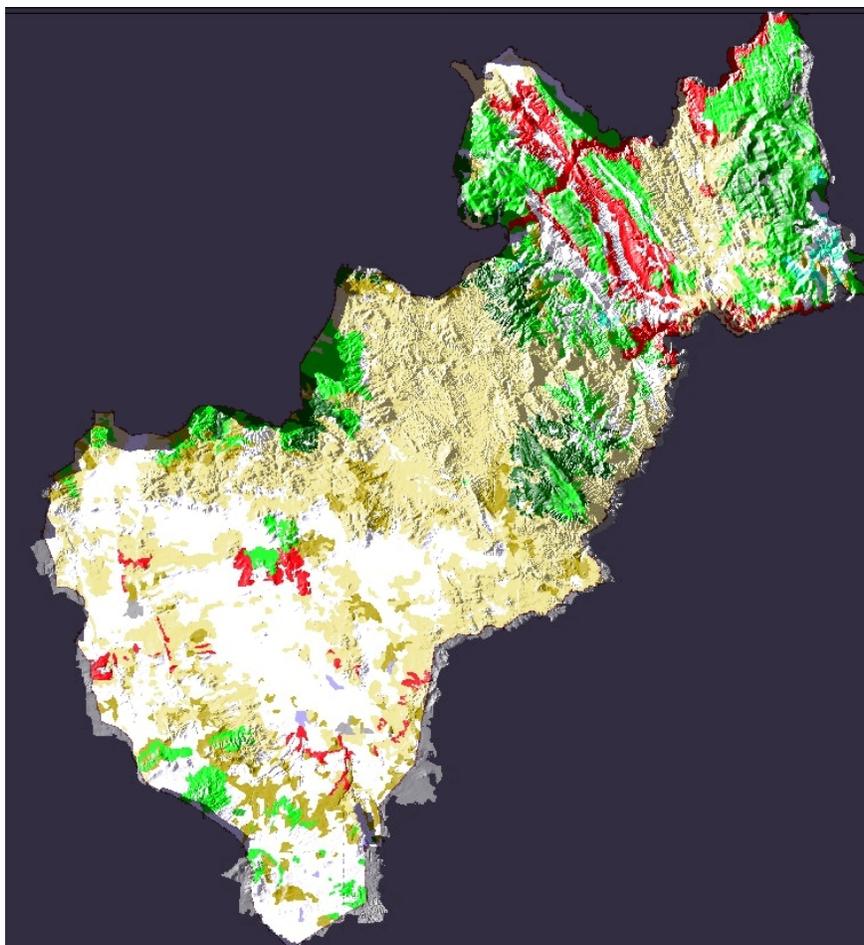


Figura 3.1 Mapa de vegetación de Zamudio et. al. 1991.

En blanco, áreas agrícolas y otras sin vegetación. Verde para bosques templados, turquesa, bosque mesófilo de montaña, rojo, bosque tropical, amarillo intenso, pastizales, crema, matorrales

3.2 GEORREFERENCIA DE IMÁGENES PARA LOGRAR UNA PRECISIÓN EQUIVALENTE A LA CARTA TOPOGRÁFICA 1:50,000

Mediante la utilización de la base topográfica digital del Plano Oficial del Estado de Querétaro Arteaga (Gobierno del Estado, 2001), basada a su vez en los datos de la carta topográfica 1:50,000 del INEGI y revisada por los gobiernos estatal y municipales, así como por el Instituto Mexicano del Transporte y otras instancias federales y estatales, se procedió a realizar la georreferencia de dos imágenes Landsat 7 del año 2003, proporcionadas por la Dirección de la Reserva de la Biósfera (provenientes de la base de datos de la CONANP). Esta se realizó mediante la ubicación de puntos identificados tanto en la imagen como en la cartografía, aproximadamente 350 en la imagen path 26, row 46, que cubre la mayor parte de la zona; y de 120 en la imagen L7 path 27, row 46, que abarca fundamentalmente la zona oriental de Landa de Matamoros. Se empleó un algoritmo de elemento finito (en el módulo Base Imagen del sistema MGE) dada la extrema irregularidad del terreno.

Se realizó un remuestreo de las bandas de las imágenes a píxel de 15 metros, mediante mezcla con la banda pancromática; así como diversos compuestos de color, particularmente el que emplea las bandas 4, 5 y 3 en RGB. Asimismo, se perfilaron copias de las imágenes en falso color para realzar la textura de zonas boscosas.

3.3 AJUSTES A LA CARTOGRAFÍA

Con base en el mapa oficial mencionado, se revisó la consistencia de la información cartográfica existente. Hubo que realizar en varios casos ajustes extensivos de polígonos en forma manual, ya que había imprecisiones fuertes incluso a la escala 1:250,000, como en el caso del mapa de Zamudio *et. al.*, digitalizado por la SEDESU (Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Querétaro).

Las fotografías aéreas escala 1:50,000 de la década de 1970, en copias en papel sin ortorrectificar, se capturaron con scanner a una resolución de 800 dpi. y se referenciaron aproximadamente sobre el mapa oficial. Dada la dificultad y el tiempo involucrados en la ortorrectificación de cada fotografía, en terrenos muy irregulares, las deformaciones inherentes a este material se corrigen al vuelo interactivamente mediante el ajuste manual de las diversas áreas que las componen, a rasgos de dicho mapa, particularmente brechas y veredas, durante el propio trabajo de interpretación de las fotografías. Para realizar esto, se emplea la extensión "Image Georeferencing Tools", que se obtiene en la página de ESRI.

A pesar de que las fotografías digitales permiten la observación e interpretación de parcelas y otros rasgos, el trabajo con este material resultó ser muy exigente en tiempo. Por ello, se optó por emplearlas selectivamente y al mismo tiempo, adquirir una imagen de inicios de la década de 1970, para realizar el mapa de cambios que se describe en el apartado 7 de este reporte.



Figura 3.2 Escena de una imagen Landsat 2003 en color natural, de la zona de Purísima de Arista, Jalpan, a la que se le superpusieron, en la escena superior, los polígonos de las zonas agrícolas del Inventario Forestal 2000, y en la inferior, los de parcelas de la carta topográfica 1:50,000 del INEGI. Es evidente el mucho mayor detalle de ésta última; así como una probable sobreestimación del área agrícola en la primera.



Dado que la información vectorial de las cartas topográficas 1:50,000 del INEGI, en su edición 1993-94 de la zona en cuestión, contiene polígonos de áreas urbanas, parcelas y potreros; así como cuerpos de agua, y que mediante identificación visual se observó que estos rasgos coinciden en la mayoría de los casos con los observados en las imágenes de 2003, se procedió a crear una capa de polígonos con estos tres tipos de rasgos (Figura 3.2), como información base para el mapa digital de vegetación y uso del suelo 2003.

3.4 INTERPRETACIÓN DE PARCELAS NO CONTENIDAS EN LA CARTA TOPOGRÁFICA, DESDE 2.5 HECTÁREAS

Dada la edad de las cartas topográficas 1:50,000 del INEGI, sobre el archivo mencionado en el punto anterior, se realizó un trabajo de interpretación visual para delimitar parcelas no consideradas en los vectores INEGI. Se consideró una superficie mínima de las parcelas de 2.5 ha para ser integradas al archivo de polígonos.

3.5 ELIMINACIÓN DE SOMBRAS CON MDE EN IMÁGENES L7

Dentro del trabajo de proceso de imágenes de satélite, antes de correr algoritmos de clasificación automática, se hizo una eliminación de sombras mediante el modelo digital de elevación (MDE), calculado a partir de las curvas de nivel de la cartografía topográfica 1:50,000 y remuestreado a 15 m (el mismo tamaño de píxel

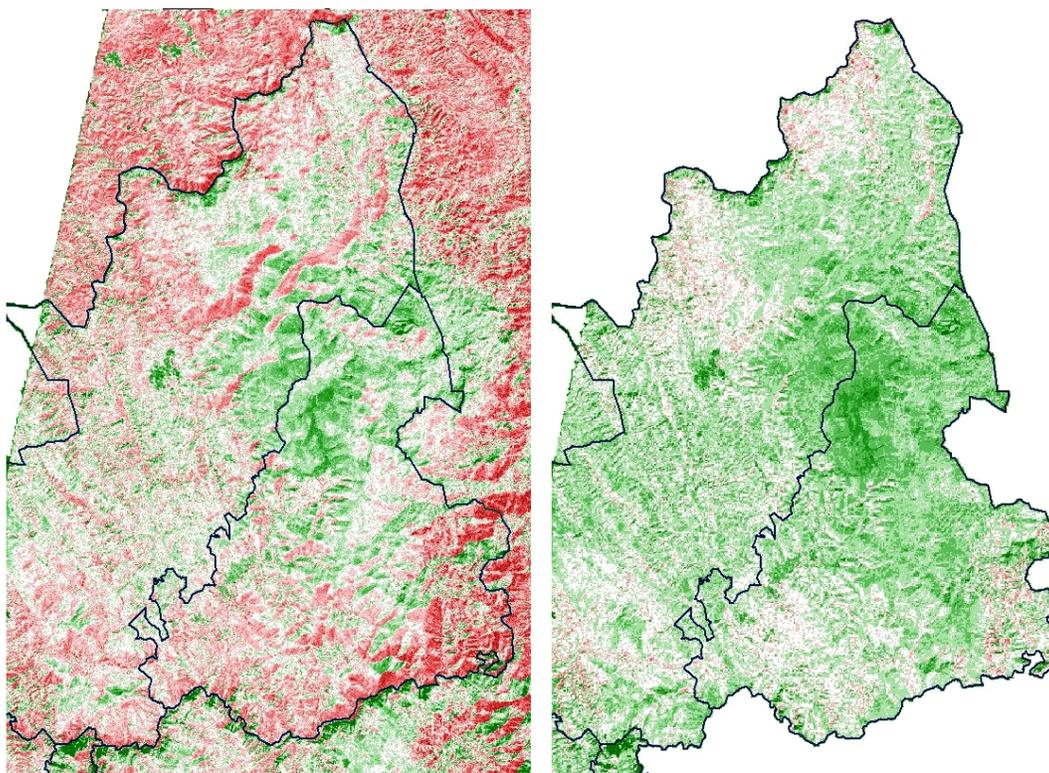


Figura 3.3, A la izquierda, la banda 4 (IR cercano 1) de la imagen L7 26/47, marzo de 2003, con sombras (valores muy bajos) destacadas en rojo. A la derecha, la misma banda luego de la eliminación de sombras con MDE de la carta topográfica INEGI 1:50,000

que las imágenes). A partir de él se realizó un sombreado con una fuente de iluminación suplementaria a la de la imagen (i.e. azimut del sol en la imagen + 180 °) y el mismo ángulo de incidencia; y luego se mezclaron (multiplicando ponderadamente en el módulo *map calculator* de Arc View) cada una de las bandas de las imágenes, convertidas a formato grid y el sombreado. Se obtuvo así una imagen (**Figura 3.3**) con bandas cuyo efecto de sombra está minimizado, más adecuadas para la clasificación de los terrenos y la vegetación.

3.6 CLASIFICACIÓN DE LA VEGETACIÓN. BANDAS IR, R, V; COEFICIENTE DE VERDOR

Con las imágenes L7 ya preprocesadas, se corrieron varias clasificaciones (clustering) no supervisadas de las bandas 2 (Verde), 3 (Rojo), 4 (Infrarrojo cercano 1) y 5 (infrarrojo cercano 2); usando también como bandas adicionales, el índice normalizado de verdor o vegetación y el modelo de elevación.

3.7 VECTORIZACIÓN DE CLASIFICACIONES PERTINENTES; INTEGRACIÓN AL MAPA

Los resultados de estas corridas se emplearon para extraer algunos polígonos de clases de vegetación al mapa vectorial, pero sobre todo, como auxiliares en el trabajo de interpretación visual de áreas relativamente homogéneas de características peculiares en cuanto a su vegetación.

3.8 INTEGRACIÓN DE POLÍGONOS Y ATRIBUTOS PERTINENTES AL MAPA, DESDE ZAMUDIO, INF 2000, CQRN

De acuerdo a las observaciones realizadas preliminarmente en el campo, así como a las opiniones de expertos y del propio personal técnico de la reserva, la carta de vegetación de Zamudio *et. al.* contiene probablemente la mejor delimitación y clasificación de áreas con vegetación natural. Otras cartas y estudios apuntan con mucha frecuencia a los mismos resultados que la mencionada. En otros casos, no hay tal coincidencia. Una vez georreferenciada la cartografía se transfirieron, en buena proporción, los polígonos de vegetación del mapa de Zamudio al archivo digital de parcelas y otros usos. Algunos polígonos del mapa CQRN, particularmente en el caso de las selvas medianas (bosque tropical subperennifolio) y otra información del inventario forestal, se combinaron también, en tanto se juzgaron pertinentes los trazos cartográficos.

3.9 EDICIÓN Y AJUSTE DE VECTORES

La imagen de satélite, no obstante, brinda información muy útil que permite ajustar y detallar la información vertida en el archivo de vegetación. En este caso, se sigue un proceso sintético de interpretación visual que implica la distinción de patrones de respuesta espectral en las diversas bandas y compuestos de color de la imagen L7, algunas imágenes clasificadas, el relieve: altitudes, patrones de drenaje, pendiente, etc.; y las observaciones hechas en salidas al campo en este y otros proyectos previos en el área de estudio (nivel de referencia). Siendo este un proceso subjetivo, se ve fuertemente apoyado por la información de estudios

previos (i.e., de otros expertos) y la revisión por otros intérpretes dentro del mismo grupo de trabajo.

3.10 VERIFICACIÓN SELECTIVA DE LA CLASIFICACIÓN Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA VEGETACIÓN

El mapa resultante del proceso anterior presenta una serie de áreas en las que prácticamente no existe duda acerca del tipo y las condiciones de la vegetación, y otras en las que no existe suficiente información para dar certeza a la clasificación. Es en estos casos que se programan sitios de verificación para corroborar o modificar la hipótesis trazada en el mapa. En estas salidas, se aprovecha para revisar el conjunto y confirmar una vez más las zonas más conocidas.

En cada uno de los puntos, se toman las coordenadas X, Y y Z, mediante equipo GPS; se describe la vegetación como un todo, anotándose la presencia de géneros o especies dominantes o indicadoras; o bien el uso actual cuando la vegetación ha sido removida. Estas observaciones se cotejan y complementan con las de trabajos anteriores.

3.11 INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN DE CAMPO AL MAPA (CONFIRMACIÓN O CAMBIO EN CLASIFICACIÓN)

A partir de las observaciones hechas en el campo, se realizan por medio de interpretación visual cambios tanto en la conformación de los rodales (polígonos); subdivisión o unión de los mismos, y en los atributos de clasificación de la vegetación, a fin de contar con un mapa definitivo del área que se integrará al sistema de información.

3.12 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL MAPA

El mapa de vegetación y uso del suelo de la Sierra Gorda representa un avance en el detalle y precisión de la distribución de tipos de vegetación en la zona, pero tiene límites, además de los definidos por la escala y las fuentes de información. Aquí se hace un esbozo de ellos.

Primeramente, la georreferencia de las imágenes usadas, como en estudios anteriores mencionados, tiene algunos problemas que se hacen evidentes sobre todo en la posición de parcelas y rasgos pequeños. Esto se debe a la muy accidentada topografía de la zona, que no permite un ajuste suficientemente preciso en todos los puntos de cada imagen. Esta imprecisión se observa incluso en el caso de las ortofotografías del INEGI, cuya precisión es menor en esta zona que en las llanuras al sur de la entidad. Esto produce imprecisiones en varias zonas del mapa.

La muy considerable complejidad de la vegetación en la sierra, que depende también de su relieve, la multitud de condiciones climáticas, en particular las meso y microclimáticas; así como la diversa influencia de la actividad humana en cada

área, que ha producido variantes y vegetación secundaria que hacen muy difícil la determinación de tipos de vegetación originales en muchos casos. Por ello, se optó por usar los criterios de Zamudio *et. al.* (1992) en la mayoría de los casos, pero el mapa no representa o separa diversas condiciones locales o secundarias.

Las propias definiciones de los tipos y subtipos de vegetación son, en muchos casos, ambiguas y subjetivas. Este problema se presenta, por ejemplo, en la zona de Tancoyol, en la unidad de paisaje del Karst de Jalpan, en donde el bosque tropical caducifolio y sus condiciones secundarias se intercalan con matorrales submontanos, muchos de ellos también alterados. Si bien es posible definir en un punto dado en el campo, a qué tipo pertenece más probablemente la vegetación, su aspecto muy similar en las imágenes de satélite y fotografías aéreas no permite una delimitación precisa de los límites entre ambos tipos de vegetación.

El método empleado (la interpretación de imágenes de satélite) no permite evaluar las condiciones de alteración de los ecosistemas cuando estas no han alterado la cobertura de árboles. Tal es el caso en las zonas cafetaleras en áreas del municipio de Landa de Matamoros, en donde el bosque no ha sido tocado en sus estratos superiores, pero los arbustivos fueron eliminados para la siembra de cafetos. Estas condiciones y otras similares sólo podrán ser representadas mediante un trabajo de campo mucho más intenso del que involucró el presente estudio.

4.CARTA DE USO DEL SUELO Y VEGETACIÓN DE LA SIERRA GORDA 2004-2005

Se cuenta ya con una carta digital de la vegetación y el uso del suelo en la Reserva en Querétaro, que rebasa los límites de esta hacia el sur, en el semidesierto. El mapa que se presenta en la **figura 4.2**, cubre un área de aproximadamente 4,162 Km².

De esta superficie (**Figura 4.1**), alrededor del 37% son bosques templados, ya sea

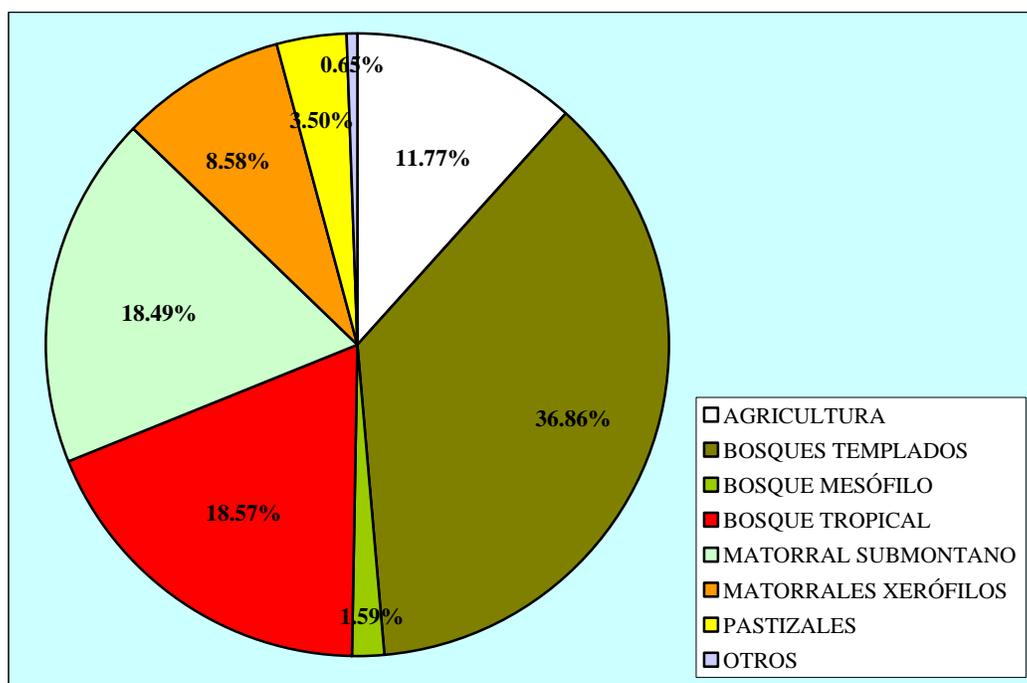


Figura 4.1. Proporciones de los diversos tipos de vegetación y uso del suelo en la Sierra Gorda

de encino, pino, enebro, o bosques mixtos de encinos y coníferas. Los bosques tropicales caducifolios y subperennifolios casi cubren un 19% del área. El bosque mesófilo de montaña, que es el tipo de vegetación con mayor biodiversidad en el estado y la reserva, abarca cerca del 1.6%.

Además, encontramos alrededor del 18.5% de matorrales submontanos de diversos tipos; y más del 8.5% de matorrales xerófilos, la mayoría de ellos fuera de la reserva, en la cuenca del Extoraz.

Las áreas desmontadas, tanto para la agricultura (11.77%), como potreros, zonas erosionadas y manchas urbanas, abarcan en conjunto casi un 16% del área. En la **tabla 4.1** se muestra un desglose de las áreas cubiertas por estos tipos de vegetación y los usos del suelo considerados en forma más específica.

Tabla 4.1. Áreas ocupadas por diversos conceptos de uso del suelo y vegetación en la Sierra Gorda

TIPO DE USO y VEGETACIÓN	Nº POLÍGONOS	ÁREA EN ha
Agricultura de riego	6	2,166.39
Agricultura de temporal	611	46,794.21
Bosque de encino	293	81,993.00
Bosque de encino pino	77	12,922.61
Bosque de encino táscate	45	17,586.11
Bosque de pino	16	3,357.17
Bosque de pino encino	34	27,122.83
Bosque de pino oyamel	2	373.03
Bosque de pino táscate	19	3,772.14
Bosque de táscate	34	2,239.82
Bosque de táscate encino	12	4,618.25
Bosque de táscate pino	2	66.71
Bosque mesófilo de montaña	43	6,600.36
Bosque tropical caducifolio	90	72,409.29
Bosque tropical subperennifolio	4	4,873.94
Chaparral	10	200.19
Cuerpo de agua	42	184.98
Desprovisto de vegetación	42	1,977.67
Matorral crasicale	29	17,597.32
Matorral rosetófilo	12	16,849.20
Matorral submontano	299	76,936.54
Matorral subtropical	2	212.42
Matorral xerófilo	48	857.33
Pastizal inducido	472	14,427.37
Pastizal natural	11	123.30
Localidad rural	8	50.60
Zona urbana	19	487.86
TOTAL	2,288	416,262.18

Las descripciones de la vegetación corresponden a los tipos que consideran, en su mapa de vegetación de Querétaro, Zamudio *et. al.* (1992). Estas se resumen, con algunas observaciones adicionales, en el apéndice.

La carta, en formato *shape* o algún otro digital, puede obtenerse en el CQRN, y una imagen de ésta se encuentra en la página de Internet del CQRN para su despliegue en Google Earth TM (ver sección 7 de este reporte).

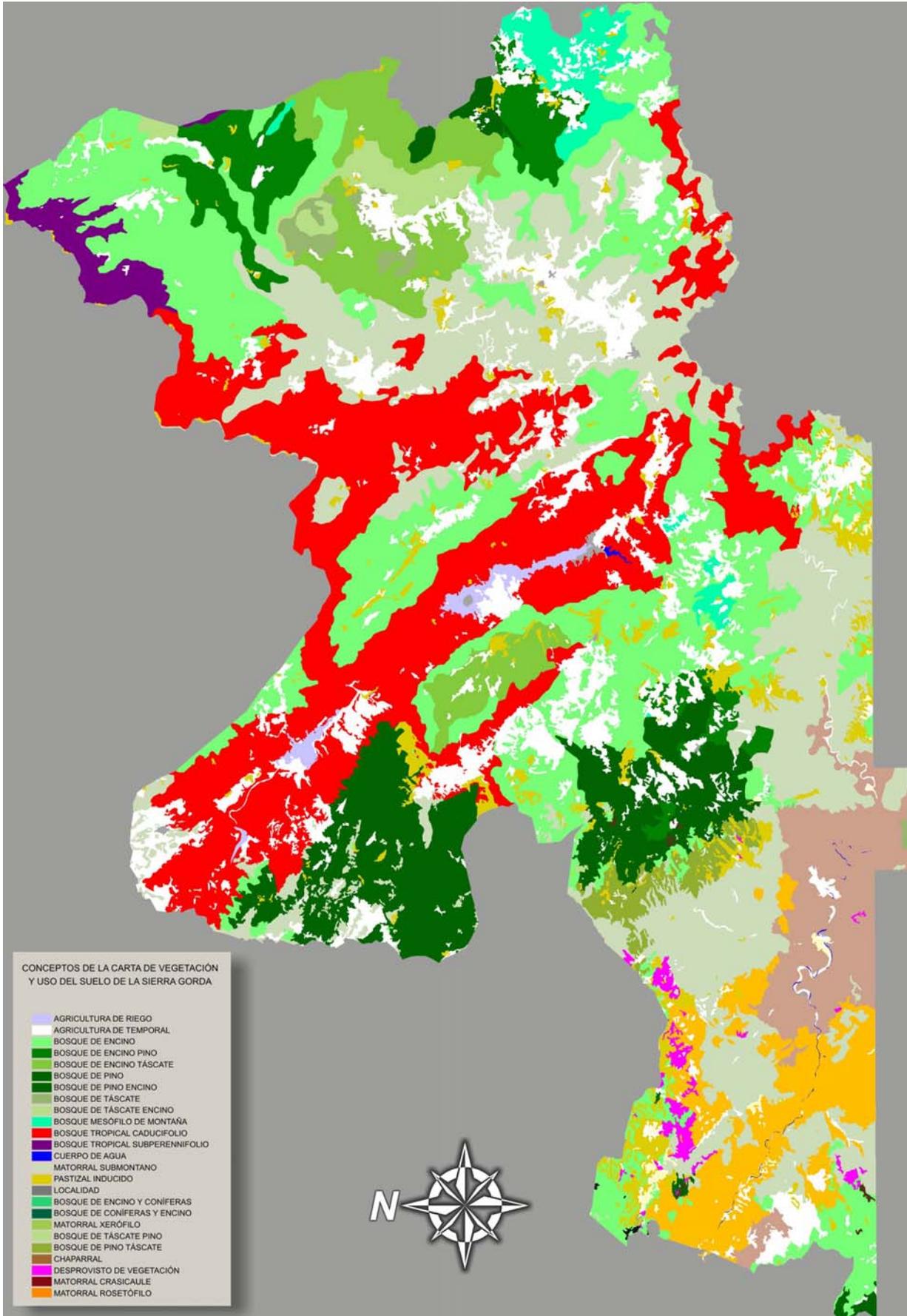


Figura 4.2. Mapa de vegetación y uso del suelo en la Sierra Gorda

5. MAPA DE CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO 1973-2004

Al contar con un mapa actualizado de la vegetación a buen nivel de detalle y precisión, se revisó éste sobre las fotografías aéreas 1:50,000 digitalizadas de inicio de la década de 1970, que cubren el área, con el fin de detectar cambios puntuales en la cobertura vegetal. Se encontró que en la mayor parte de los terrenos de la Sierra, existe una conformación bastante similar en las parcelas de esa época con las actuales, pero que no es posible interpretar precisamente los cambios ocurridos dadas las deformaciones en las fotografías y la imposibilidad de realizar una ortorrectificación de precisión a partir de los rasgos visibles en tales fotografías.

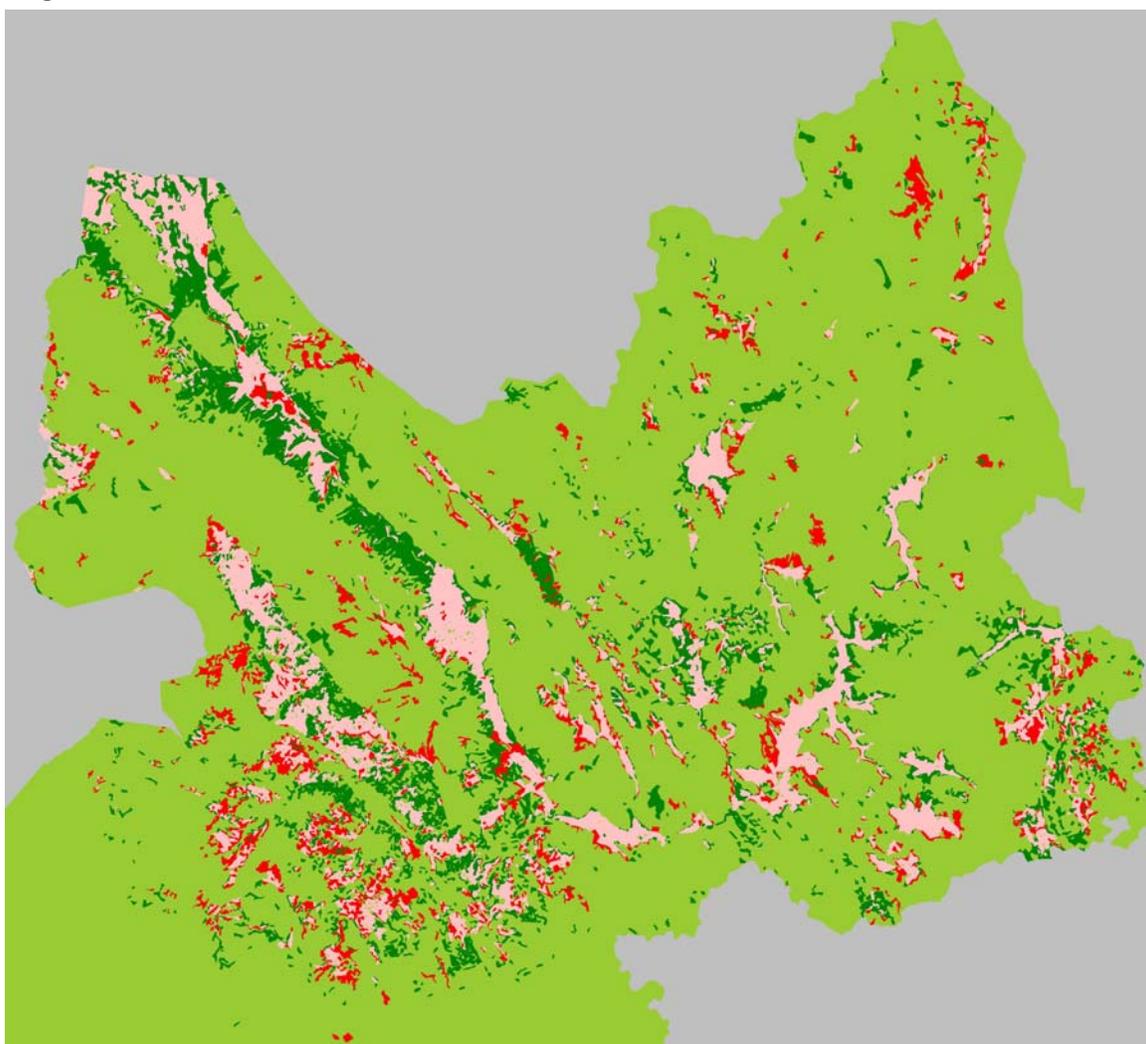


Figura 5.1 Mapa de cambios en el uso del suelo 1973-2004. En verde claro, zonas con vegetación en ambas fechas; rosa, zonas desmontadas en ambas fechas. Rojo, zonas desmontadas entre 1973 y 2004; verde oscuro, zonas con regeneración de vegetación arbustiva o arbórea entre 1973 y 2004.

Por tal razón, se adquirió una imagen Landsat 1 de mayo de 1973, (de hecho, la primera imagen de satélite que existe para esta región del estado) que fue

georreferenciada con las imágenes recientes, y remuestreada a 30 m de resolución. Esta imagen se clasificó para identificar únicamente las zonas desmontadas, primero con un clasificador automático de las bandas rojo a infrarrojo cercano 2 (4 a 7 en la denominación original) y del coeficiente de verdor IR1 - Rojo.

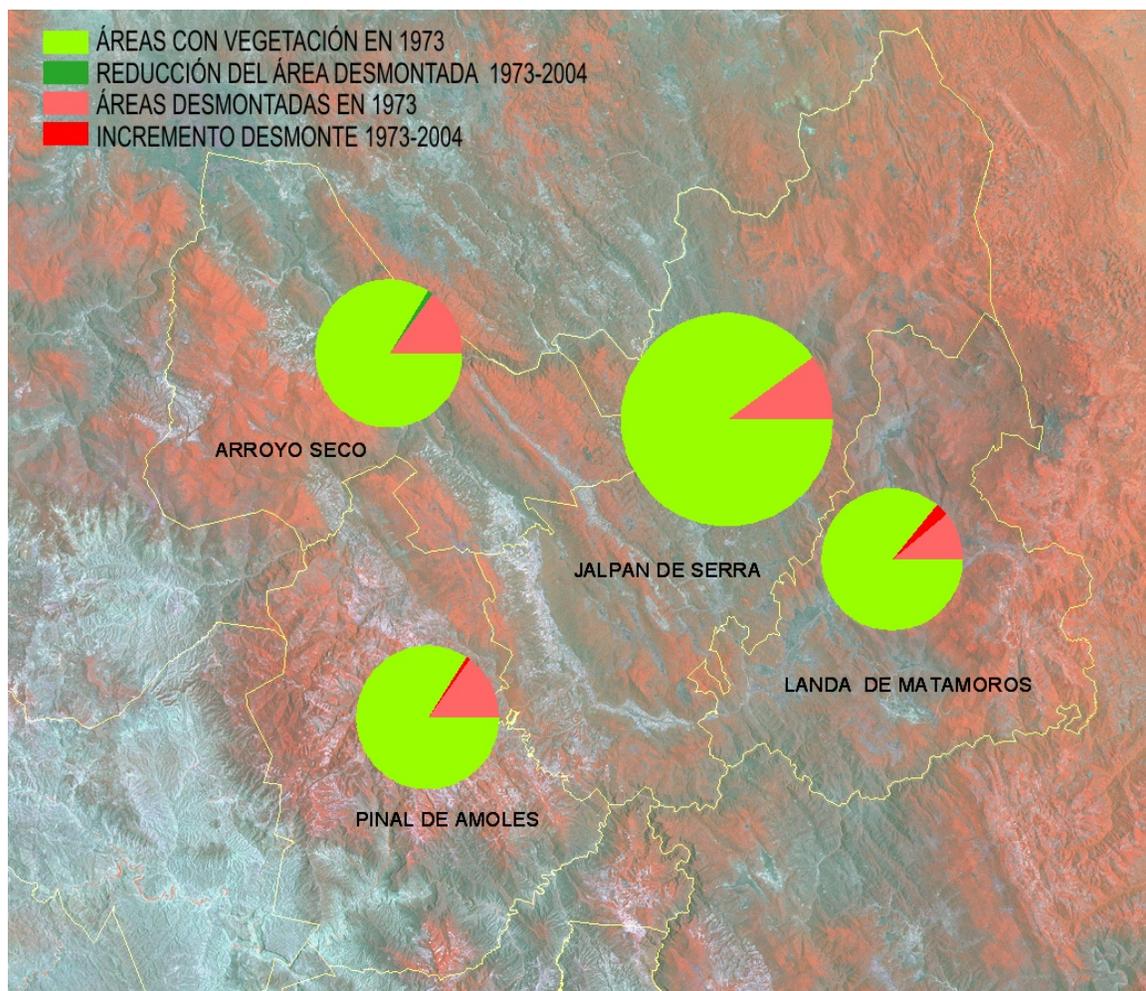


Figura 5.2 Cambios en el uso del suelo en los municipios serranos

El resultado de esta clasificación se revisó y reinterpretó visualmente, tanto en las imágenes como, de manera selectiva, en la fotografía aérea, para determinar parcelas de 2.5 ha o más, y de esto resultó un archivo de vectores que corresponde espacialmente y en nivel de detalle al de vegetación y uso del suelo de 2004.

Al sobreponer este mapa de parcelas con las parcelas del mapa actual, se obtuvo un mapa de cambios, que se presenta en la **figura 5.1**.

Las áreas se distribuyen por municipio de acuerdo a la **tabla 5.1** y se representan gráficamente en la **figura 5.2**.

Tabla 5.1 Superficies desmontadas en 1973, desmontes entre 1973 y 2004, y áreas en recuperación en los 4 municipios serranos, de acuerdo a la evaluación de cambios

MUNICIPIO	VALORES EN HECTÁREAS					
	ÁREA TOTAL MUN.	DESMONTADO 1973	DESMONTE 73-ACTUAL	RECUPERACIÓN 73-ACTUAL	DESMONTADO ACTUAL	DESMONTADO SIN CAMBIO
PINAL DE AMOLES	70,537	12,564	4,744	5,888	11,420	6,676
ARROYO SECO	73,117	15,688	2,192	8,452	9,428	7,236
LANDA DE MATAMOROS	69,684	10,852	1,960	4,296	8,516	6,556
JALPAN DE SERRA	118,511	14,976	4,116	7,388	11,704	7,588
TOTAL	331,848	54,080	13,012	26,024	41,068	28,056

Podemos concluir, al comparar el mapa de cambios del capítulo 1 (**Figura 1.3**) con la información que se muestra en este, que los cambios en el uso del suelo en Sierra Gorda, son menos cuantiosos que los considerados previamente, y que existe una recuperación de áreas con vegetación que supera los desmontes ocurridos en el periodo 1973-2004.

Esto puede deberse a varios factores, algunos de ellos de tipo metodológico, como la probable imprecisión en la georreferencia de las imágenes empleadas en el mapa mencionado, o la sobreestimación de las zonas agrícolas y desmontadas debida a la escala de representación de los mapas de INEGI y el Inventario Forestal. Pero también a que se ha dado un proceso de abandono de ciertas áreas agrícolas en zonas de la sierra, que se deben, más que a la existencia de normas en la reserva, a la fuerte expulsión de habitantes de la región, que migran a las ciudades y crecientemente a los Estados Unidos.

6. CARTOGRAFÍA DE UNIDADES PAISAJÍSTICAS

La aproximación fisiográfica o paisajística se ha empleado para clasificar territorios complejos y con poca, o incompatible información ambiental -como es el caso en la Sierra Gorda-, en unidades que buscan representar integralmente al terreno (Zonneveld, 1979).

La clasificación en unidades paisajísticas o de terreno, provee un marco de referencia integrado para una amplia variedad de recursos terrestres, particularmente el suelo, el agua y la vegetación, y consecuentemente, para una igualmente amplia variedad de usuarios (Mitchell, 1991). La percepción humana de los problemas ambientales puede incluir puntos de vista particulares acerca de los elementos de los recursos naturales del ambiente, tales como el clima, el suelo, los seres humanos y otras formas de vida (Beckett y Webster, 1969). Dichas variables e interrelaciones entre ellos y los organismos son insumos clave para nuestra percepción del ambiente, su aprovechamiento y los problemas asociados con este.

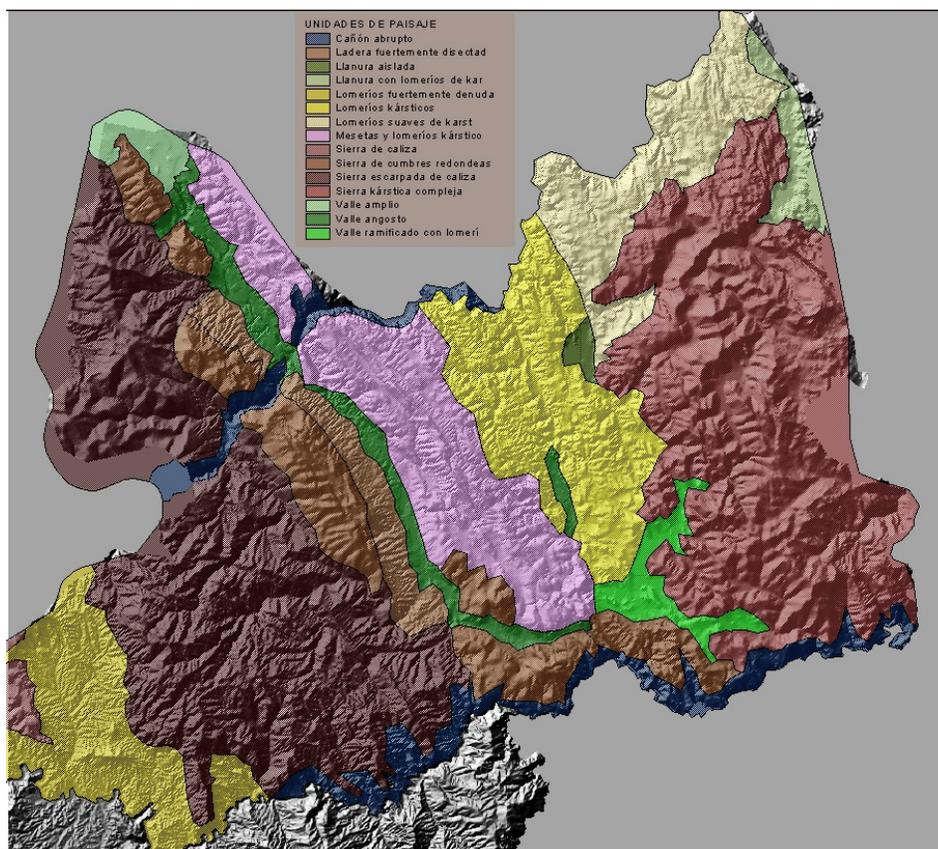


Figura 5.1 Mapa de unidades paisajísticas de la Sierra Gorda (CentroGeo, 2002)

Se contaba previamente con un mapa de paisajes de la sierra Gorda (CentroGeo, 2002), más detallado que el mapa fisiográfico del INEGI (1986). En la figura 5.1, se aprecia el mapa de paisajes. Este mapa se realizó mediante la interpretación visual del modelo digital de elevaciones (MDE) y mapas de pendiente y relieve

sombreado realizados a partir de él; imágenes de satélite, y cartografía geológica, fundamentalmente. En dicho mapa se diferenciaron primero estructuras morfológicas claramente distintas entre sí (Figura 5.1). Estas se asociaron en unidades de mayor tamaño, sistemas terrestres, es decir, asociaciones o patrones recurrentes de formas del terreno, que se presentan en la figura 5.2.

Como se aprecia en la figura, los sistemas identificados se orientan claramente en sentido Nor-noroeste – Sur-sureste, y encontramos dos macizos montañosos alternados con sistemas de valles y lomeríos, de poniente a oriente como sigue:

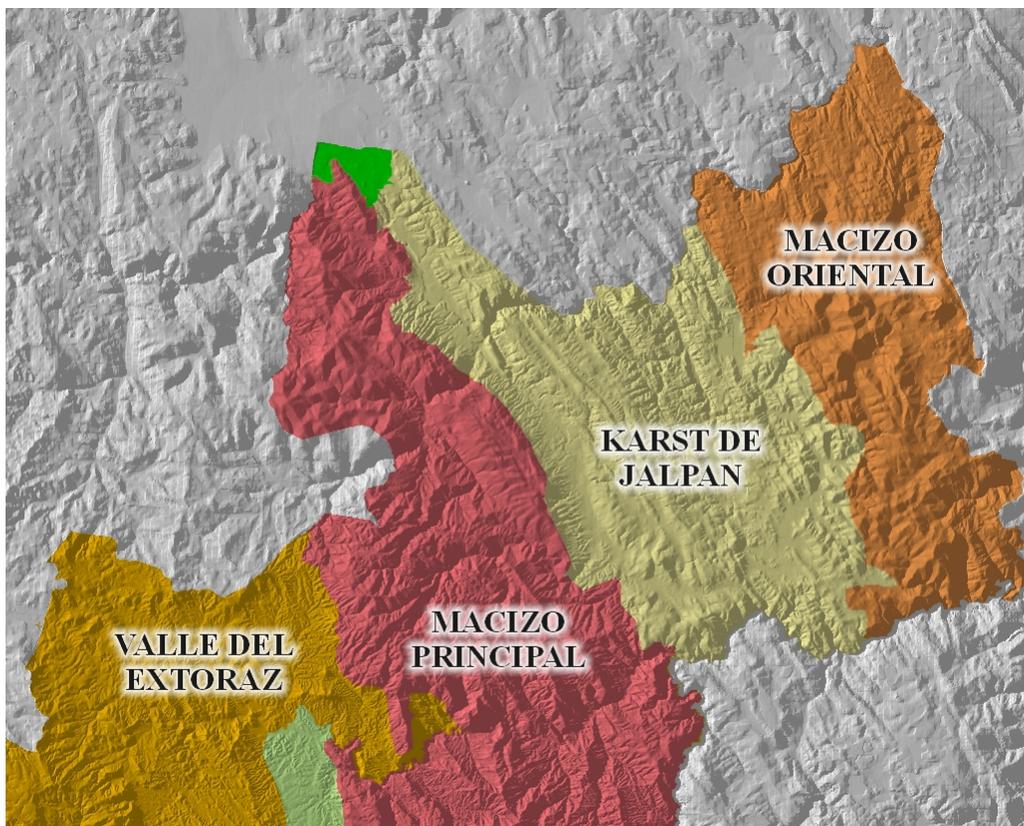


Figura 5.2. Sistemas Terrestres de la Sierra Gorda, de acuerdo a CentroGeo, 2002

- El Valle del Extoraz, que conforma las porciones media y baja de la cuenca de dicho río;
- El Macizo Principal (rosa) que comprende las zonas altas desde el occidente del municipio de Arroyo Seco, gran parte del de Pinal de Amoles y amplias áreas de San Joaquín y Cadereyta, al Sureste;
- El Karst de Jalpan, que cubre gran parte del municipio del mismo nombre, el sur de Arroyo Seco y la zona occidental de Landa de Matamoros y
- El Macizo Oriental (naranja), que abarca la zona norte del municipio de Jalpan y el oriente del de Landa.

Así como porciones pequeñas de otros sistemas como los lomeríos y llanuras de Vizarrón (Cadereyta), que junto con el Valle del Extoraz forma el llamado Semidesierto Queretano-Hidalgense; y la llanura aluvial en la que se localiza la cabecera del municipio de Arroyo Seco (ambas en tonos de verde en el mapa).

Para caracterizar a estas unidades, identificadas visualmente por su aspecto general, en forma más cuantitativa, se empleó un método que involucra el índice de posición topográfica (TPI), (Weiss, 2001).

El TPI es una cantidad que relaciona el valor de cada uno de los elementos, o celdas, de un modelo digital de elevación con la media de los valores de un conjunto de sus vecinas, en donde una cantidad mayor y positiva representa una mayor elevación (cumbres o crestas) con respecto a la media de su vecindad; un valor negativo, menor elevación que ella (valles, cañadas), y los valores cercanos a cero, ya sea terrenos planos, con pendiente cercana a 0 (llanuras o fondos de valle), o bien pendientes relativamente homogéneas o continuas (laderas, lomeríos), cuando la pendiente en grados o por ciento es significativamente mayor a cero.

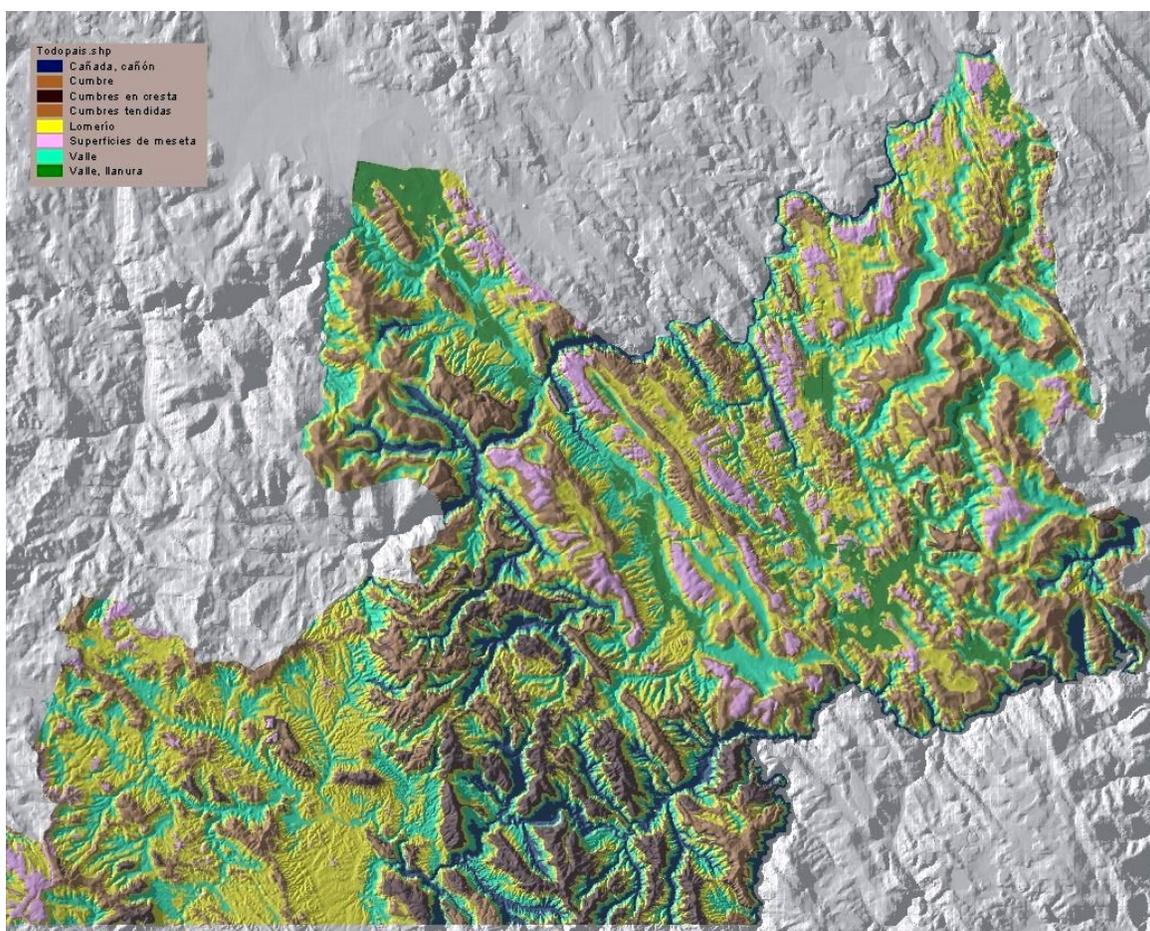


Figura 5.3. Principales tipos de terreno en la Sierra Gorda, clasificados de acuerdo al índice de posición topográfica (TPI)

Para obtener el TPI a partir de los datos del modelo de elevaciones 1:50,000 de la carta topográfica del INEGI, se empleó un módulo o extensión (Jenness, 2005) creado para el software Arc View 3.x, que puede obtenerse gratuitamente desde la página web de ESRI (www.esri.com), y que produce un nuevo archivo raster (en formato grid) en el que el valor de cada celda del modelo de elevación se reemplaza por la resta entre éste y la media focal de las elevaciones en una matriz circular o anular en los alrededores de dicha celda, de acuerdo a:

$$\text{TPI} < \text{factor de escala} > = \text{int} ((\text{DEM} - \text{media focal} (\text{DEM}, \text{anillo}, \text{irad}, \text{erad})) + 0.5)$$

en donde:

DEM = valor de altitud en el modelo de elevación (metros)

factor de escala = Radio externo del anillo (o círculo) en unidades del mapa (metros)

irad = Radio interno del anillo en celdas o en metros (en el caso del círculo, no lo hay)

erad = Radio externo del anillo en celdas o metros

Para la generación del TPI se realizaron diversas pruebas con círculos y anillos de varias dimensiones. Se encontró que un anillo de radios: interno de 500 m, y externo de 2,000, representa adecuadamente las formas generales del terreno observadas en el campo, para la escala de salida 1:50,000. Además, para distinguir condiciones más específicas, como en el caso de la caracterización de las cumbres o los valles, se empleó en esta clasificación la pendiente de cada elemento del MDE, lo que permitió separar las cumbres de pendientes muy fuertes de las más suaves y las mesetas; así como los cañones (valles de pendientes muy fuertes, de los valles con laderas de pendientes menores o fondos llanos.

El mapa resultante se presenta en la **figura 5.3**, y en él se distinguen los siguientes tipos de terreno:

Valles y llanuras:

- Valles de fuerte pendiente o cañones, como los del Santa María y el Moctezuma, en azul marino
- Valles en “V” con pendientes menos abruptas, y patrón de drenaje paralelo, relacionado a afloramientos de caliza-lutita, como una gran área del valle de Jalpan, en verde pistache
- Llanuras aluviales y fondos llanos de valles en verde pasto
- Lomeríos, relacionados en general en toda la zona con afloramientos de caliza-lutita, en amarillo
- Superficies de meseta, formadas por calizas con relieve kárstico, en rosado

Cumbres:

- En cresta, con muy fuertes pendientes
- Tendidas, cumbres asociadas a mesetas o cercanas a estas

- Cumbres de pendientes intermedias

A cada una de las unidades obtenidas, se le asignó mediante el SIG, su superficie en hectáreas; así como los valores de altitudes y pendientes mínima, máxima y promedio, lo que permite generar mapas diversos, como el que se representa la altitud media de cada uno de los elementos (**Figura 5.4**). En él se distinguen patrones de altitud característicos para cada uno de los sistemas terrestres, en

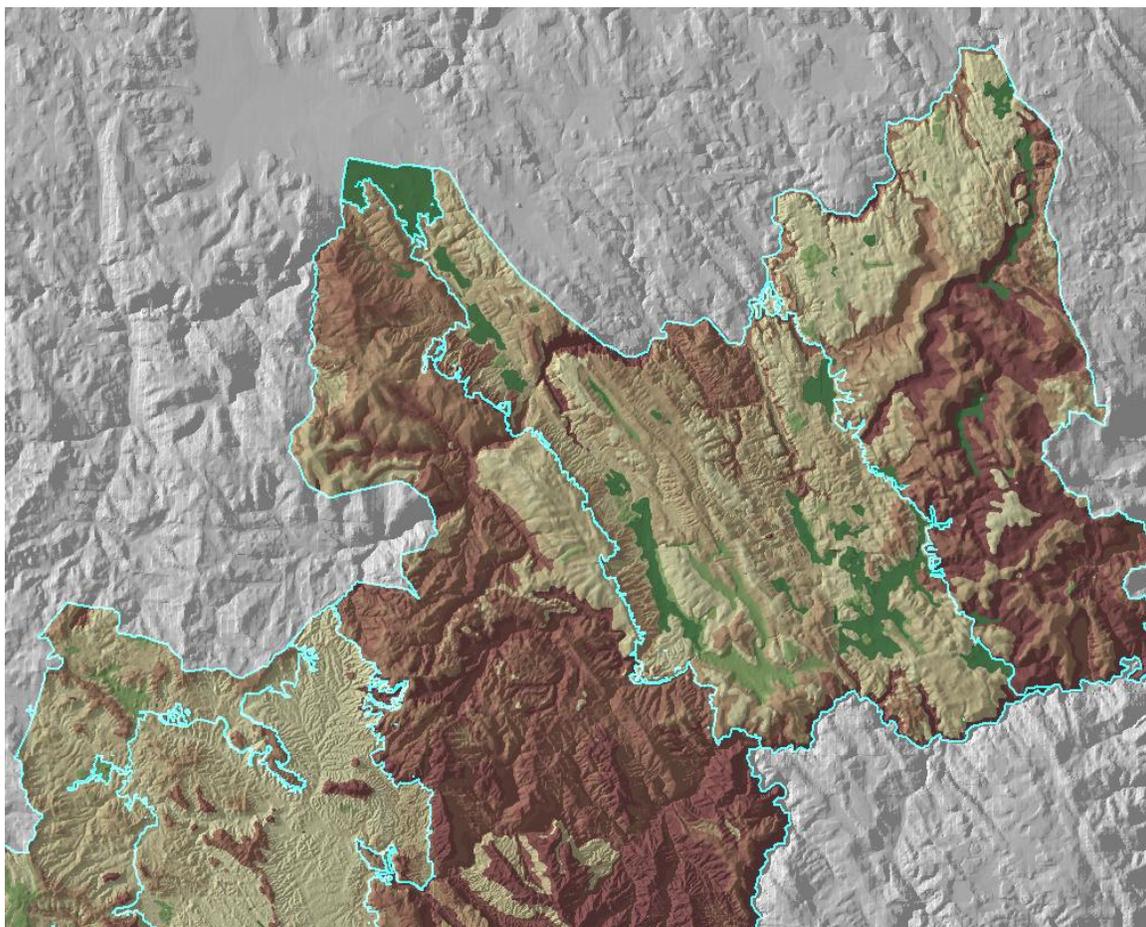


Figura 5.4. Pendientes medias de las unidades paisajísticas, en donde el color crema indica pendientes del 10 al 15% en promedio; verde, pendientes más suaves y tonos café para las más fuertes. En línea azul, los grandes sistemas terrestres de la sierra.

línea azul; así como posibles subunidades de dichos sistemas, que representan condiciones más específicas del paisaje.

7. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

Para presentar la información cartográfica derivada de este proyecto, y la cartografía de apoyo para la misma, en un sistema digital de uso sencillo, se había planeado un visor independiente. Sin embargo, este requiere de capacitación por parte de los usuarios y debe obtenerse en disco compacto. Así pues, se optó por emplear dos tipos de herramienta.

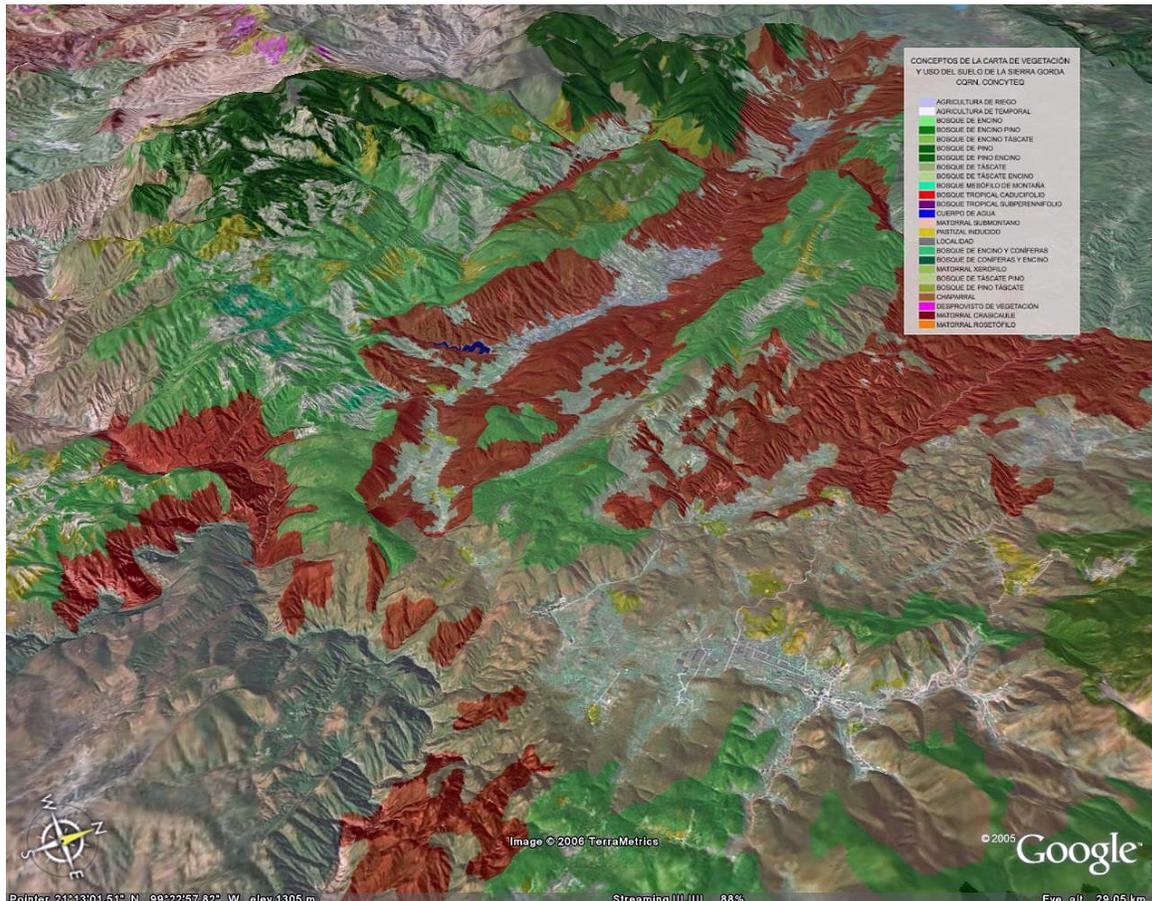


Figura 7.1. Vista del mapa de vegetación y uso del suelo de la sierra Gorda, en Google Earth

La primera, de ellas, para el empleo por los técnicos de la Reserva, la SEMARNAT y otros usuarios técnicos o investigadores, consiste en los mapas digitales en formato *shape*, a los cuales se puede tener acceso desde los paquetes Arcview y Arc explorer (este último se descarga gratuitamente desde el sitio web de ESRI, www.esri.com), entre otros. Con estos archivos es posible realizar análisis o crear nuevos mapas, mediante los paquetes de SIG.

La otra, que permite el acceso mucho más amplio a la información por parte de todo tipo de usuarios, se realizó como mapas en formato KMZ, que son archivos que contienen una imagen georreferenciada, de tamaño compacto; que pueden ser transmitidos por correo electrónico o descargados desde un sitio web (en este caso, www.concyteq.org.mx); y que se ejecutan automáticamente, en máquinas

que tengan habilitado el paquete Google Earth™ (de descarga gratuita desde www.earth.google.com). Dentro de este, se pueden visualizar uno o varios de los mapas sobrepuestos, con translucidez ajustable, sobre un fondo de imagen de satélite, con lectura automática de coordenadas de longitud, latitud y altitud. Es posible navegar interactivamente (**Figura 7.1**) dentro de estos mapas, en un modelo en relieve que muestra en forma didáctica la forma del terreno, mediante el empleo del ratón y unos cuantos botones. La leyenda y otras características de los mapas pueden ser visualizadas al tocar el título del mismo en el panel lateral del programa.

El sistema contiene, en esta primera versión, los siguientes temas:

- Provincias fisiográficas (INEGI)
- Regiones naturales del estado
- Límites estatal, municipales,
- ANPs de Querétaro, Reserva de la Biósfera,
- Zonas núcleo de la RBSG
- Temperatura media anual (INEGI), en rangos de 0.5°C
- Precipitación total anual en rangos de 100 mm
- Tipo de clima (Köppen, mod. por García)
- Geología, litología, cronoestratigrafía
- Tipos y fases del suelo
- Unidades de paisaje, Regiones, morfología, TPI
- Vegetación y uso del suelo 2004-05
- Cambios en el uso del suelo 1973-2005
- Población en 2005 según el II Censo de INEGI
- Imagen de satélite de 1973

Más toda la información que presenta el propio paquete.

Con respecto a la estructura de un sistema de información, se ha interactuado en diversas etapas del proyecto, con personal de la Reserva, a quienes se les ha proporcionado la cartografía mencionada, y se encuentran empleándola para sus proyectos desde hace varios meses.

8. CONCLUSIONES

El empleo de imágenes de satélite, fotografías aéreas y la cartografía existente ha mostrado ser útil para mejorar la comprensión de la forma en que se distribuye la vegetación y cuantificar su extensión y los cambios que ha venido sufriendo en las últimas décadas.

En principio, los productos cartográficos de este trabajo nos muestran que existía una sobreestimación de terrenos desmontados en la sierra; así como el hecho de que no sólo la pérdida de vegetación ha resultado ser menos cuantiosa de lo que se consideraba, sino que encontramos que existen áreas de regeneración en

varias zonas de la sierra. Sin embargo, dadas la metodología y los alcances de este trabajo, no podemos saber a ciencia cierta hasta donde las áreas arboladas presentan deterioro en los ecosistemas, como es el caso en las zonas cafetaleras al extremo oriental del estado, en donde los estratos arbustivos han sido removidos pero la mayoría de los árboles persisten (*ver apéndice*).

Está claro también que la vegetación de la sierra es muy compleja y que esta cartografía sólo afina parcialmente lo que conocemos sobre su distribución. En muchas zonas, como menciona Zamudio (*ver apéndice*) es realmente difícil saber si ciertas asociaciones son naturales o etapas de sucesión en caso de desmontes o disturbios de hace varias décadas. No obstante, estos mapas podrán servir para que tanto en el CQRN y la Reserva, como otros investigadores interesados, continúe siendo estudiada con una base geográfica más precisa.

Por otra parte, la aproximación a una regionalización de la Sierra Gorda basada en unidades de paisaje, tanto interpretadas visualmente como a través de herramientas cuantitativas en un SIG, puede ayudarnos a entender cómo se distribuyen condiciones físicas y ambientales no estudiadas aún; las potencialidades de los terrenos, los riesgos de deterioro que puede presentar su aprovechamiento y la relación entre la distribución de la población y la actividad humana con las características de los terrenos. Este proyecto sólo ha proporcionado un nuevo marco de referencia que deberá probarse en investigaciones posteriores.

Cabe añadir que la cartografía producida en este estudio, así como el mapa digitalizado por el CQRN a partir de las cartas de uso del suelo 1:50,000 del INEGI, del resto de la entidad, unidas y actualizadas no sólo están siendo empleadas en la Reserva, sino que se integraron como información base del diagnóstico para el ordenamiento ecológico del estado y el inventario forestal estatal, por las secretarías de Desarrollo Sustentable y Desarrollo Agropecuario del Gobierno Estatal.

REFERENCIAS

1. Beckett, P. H. T. y Webster, R. (1969). A review of studies of terrain evaluation by the Oxford-MEXE Cambridge Group, 1960-1969. Christchurch, MEXE, Reporte 1123
2. CENTRO GEO. Centro de investigación en Geografía y Geomática "Jorge L. Tamayo" SEP-CONACYT. Textos y cartografía digital correspondientes al estudio realizado sobre la operación de la Reserva de la Biósfera para el PNUD: Diagnóstico y evaluación del impacto de las políticas públicas sobre la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda y Plan de Acción Alternativo. 2002
3. CONCYTEQ / CQRN. 1991. Mapa digital de uso del suelo y vegetación realizado a partir de imágenes SPOT XS a la escala 1:250,000
4. CQRN. 2002. Uso actual y potencial del suelo en los municipios conurbados de Querétaro. Reporte técnico. No. 5.
5. DETENAL (INEGI 1972-73) Cartas de uso del suelo y vegetación 1:50,000 del estado de Querétaro, vectorizadas por el CQRN
6. Escandón C.J., De Jong B., Ochoa G.S., March M.I., Castillo M.A. 1999. Evaluación de dos métodos para la estimación de biomasa arbórea a través de datos LANDSAT TM en Jusnajib La Laguna, Chiapas, México: estudio de caso. Investigaciones Geográficas. 40: 71-84.
7. Flores V. O., Gerez P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo. CONABIO/UNAM.
8. Grupo Ecológico Sierra Gorda. Informe Anual 2001. Querétaro, México. 2002.
9. Jenness, J. 2005. Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x. Jenness Enterprises. En: <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>.
10. INEGI-SEMARNAP.1999. Estadísticas del medio ambiente. Tomo 1 y 2. México.
11. INEGI-SPP. 1986. Síntesis Geográfica, Anexo Cartográfico y Nomenclátor del Estado de Querétaro. México, D. F., México.
12. Lillesand T. M. y Kiefer R.W. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation. Third Edition, John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.
13. Mitchell, C. (1991). Terrain evaluation. Longman Scientific & Technical, New York. 441pp.
14. SEMARNAP. 1999. Programa de Manejo, Reserva de la Biosfera Sierra Gorda. INE. México, D.F.
15. Utah State University, Department Of Geography And Earth Resources, Página Web a cargo de R. Douglas Ramsey. En <http://www.gis.usu.edu/Geography-Department>
16. Weiss, A. D., 2001, Topographic Positions and Landforms Analysis (Conference Poster). (San Diego, California: ESRI International User Conference).
17. Zamudio R., S., J. Rzedowski, E. Carranza G. y G. Calderón de R. 1992. La Vegetación en el Estado de Querétaro. Panorama Preliminar. Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío / CONCYTEQ. Querétaro, México. 92 pp.
18. Zonneveld, I. S. 1979. Land Evaluation and Landscape Science. ITC.Textbook VIII. Enschede, Países Bajos, citado en: Etter, A. Caracterización Ecológica General y de la Intervención Humana en la Amazonia Colombiana. Instituto de Estudios para el Desarrollo. Univ. Javiera, Bogotá, Colombia. En: <http://amazonas.rds.org.co>

Apéndices:

**A). DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN
EN LA SIERRA GORDA, DE ACUERDO A ZAMUDIO
ET. AL. (1992)**

**B). INFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN
EN EL CAMPO**

A). DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN EN LA SIERRA GORDA DE ACUERDO A ZAMUDIO *ET. AL.* (1992)

BOSQUES TEMPLADOS

Los bosques de zonas sujetas a climas templados, se caracterizan por estar constituidos mayormente por árboles de una o unas cuantas especies; o bien del mismo género. En México –y en particular en la Sierra Gorda– esta regla presenta numerosas variaciones, que Zamudio *et. al.* (1992) puntualizan en su trabajo sobre la vegetación del estado de Querétaro y, para describirlos, emplean la clasificación planteada por Rzedowski en su libro *Vegetación de México* (1978), que se basa en la presencia y la dominancia relativa de árboles propios de estos bosques en el mundo, como el pino, oyamel y el cedro; entre las coníferas; o los encinos entre las especies de hojas anchas, o latifolias. Nosotros integramos aquí el llamado bosque mesófilo, que es un tipo de vegetación de zonas generalmente serranas, de transición entre los climas templado-húmedos y cálido-húmedos.



Figura A.1 (Punto 50) Bosque de pino perturbado en las cercanías de Pinal de Amoles. Obsérvese la cantidad de zonas deforestadas para la agricultura.

BOSQUES DE CONÍFERAS

En la Sierra Gorda, los bosques con dominancia de coníferas se desarrollan en forma discontinua entre 1,100 y 3,300 m de altitud. Principalmente se trata de bosques de pino (*Pinus*), aunque son comunes los bosques de nebrito (*Juniperus*) y de cedro (*Cupressus*).

Bosque de Pino

Se trata de bosques con aspecto distintivo, que está dado por la forma de las copas y las hojas aciculares de los pinos, aunque ecológicamente presenta notable variedad, pues en la región existen especies de *Pinus* con afinidades a climas fríos, templados o semicálidos, así como a varios grados de humedad y precipitación. En muchos casos, los pinos se asocian con otros árboles, principalmente los encinos (*Quercus*), así como con nebritos (*Juniperus*), oyamel y otros.

Dado que los bosques de pino y los de encino tienen afinidades ecológicas similares, se intercalan con frecuencia y aparecen mezclados en forma de bosques mixtos, en amplias áreas de la Sierra Gorda.

En los municipios de Landa y Jalpan, se desarrolla un pinar en altitudes de 1,100 a 2,200 m, sobre calizas y sujeto a climas que varían del tipo (A)Cw al Cw. Por lo general alcanza alturas de 8 a 15 m y en muchas áreas se le observa cohabitando con el encinar, en algunas zonas también con bosques de *Juniperus* y de *Cupressus*. La especie más común, hasta 1,600 msnm aproximadamente es *Pinus greggii*. A partir de esta altitud se presenta también *P. teocote*. Otros árboles menos frecuentes en estos bosques son:

<i>Arbutus xalapensis</i> (madroño)	<i>Quercus laeta</i> (encino)
<i>Buddleia cordata</i> (tepozán)	<i>Quercus mexicana</i> (encino)
<i>Cupressus lindleyi</i> (cedro blanco)	<i>Quercus obtusata</i> (encino)
<i>Juglans mollis</i> (nogal)	<i>Quercus polymorpha</i> (encino)
<i>Juniperus flaccida</i> (nebrito)	<i>Quercus rysophylla</i> (encino)
<i>Prunus serotina</i> (capulín)	

En los alrededores de Pinal de Amoles, entre 2,400 y 2,850 m de altitud y principalmente en la vertiente de la sierra que desciende hacia el noreste, con un sustrato de calizas, ya sea sobre suelos negros y someros (Rendzina) en pendientes pronunciadas, o bien en suelos rojos arcillosos (Luisoles crómicos) en zonas más estables por su pendiente, se localiza el bosque de *Pinus patula* (pino lacio), que prospera en condiciones de clima relativamente húmedo (tipo C(w)) y con régimen de frecuentes neblinas. Es una comunidad de 15 a 20 m de alto, por lo general moderadamente densa, en la cual, además de la especie dominante, se han registrado los siguientes árboles, muchos de ellos más bien confinados a las cañadas:

<i>Abies guatemalensis</i> (guayamé)	<i>Quercus affinis</i> (encino)
<i>Alnus acuminata</i> (aile)	<i>Quercus crassifolia</i> (encino)
<i>Arbutus xalapensis</i> (madroño)	<i>Quercus rugosa</i> (encino)
<i>Cornus disciflora</i> (mimbre prieto)	<i>Sambucus mexicana</i> (sauco)
<i>Garrya laurifolia</i> (palo de hueso)	<i>Taxus globosa</i> (granadillo)
<i>Pinus ayacahuite</i> (pinabete)	<i>Viburnum elatum</i> (pasilla)
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (copalillo)	

Hacia las zonas más altas (2,750 a 3,100 msnm) y más secas, al poniente del macizo montañoso de Pinal de Amoles, y otros parajes de similar altitud de la sierra de El Doctor, sobre calizas y en suelos someros (Rendzina y Litosol), se localizan bosques de *Pinus rudis*, menos densos y frondosos que los primeros. En su mayor parte se encuentran intensamente perturbados. Zamudio reporta los siguientes árboles como acompañantes eventuales de estos:

Alnus jorullensis (aile)
Arbutus xalapensis (madroño)
Buddleia cordata (tepozán)
Pinus montezumae
Pinus patula (pino lacio)
Pinus teocote

Prunus serotina (capulín)
Quercus crassifolia (encino)
Quercus greggii (encino)
Quercus laurina (encino)
Salix oxylepis (sauce)

Los bosques de pino piñonero, *Pinus cembroides*, son abiertos y relativamente bajos (por lo general de 6 a 10 m de altura), que prosperan entre 1,900 y 2,600 m de altitud en condiciones de mayor aridez, que a menudo corresponden al clima de tipo BS₁ o bien al más seco de los templados C(w₀). En el macizo principal de la sierra (municipios de Peñamiller y Pinal de Amoles) y en El Doctor (municipios de Cadereyta y San Joaquín) se les localiza sobre suelos derivados de calizas o de calizas-lutitas, ya someros de color gris oscuro o negro (Rendzinas), neutros o ligeramente alcalinos, o menos frecuentemente, sobre suelos rojizos, de profundidad media y pH ligeramente ácido, en condiciones de buen drenaje, con pendientes desde suaves hasta bastante pronunciadas. Varias especies de *Quercus* (*Q. eduardi*, *Q. greggii*, *Q. grisea*, *Q. mexicana*, *Q. potosina*) se encuentran también presentes en estos piñonares y en las regiones de rocas sedimentarias marinas se intercalan, al menos en algunas partes, *Pinus pinceana* (piñón), y los nebritos de las especies *Juniperus flaccida* y *J. deppeana*.

Entre los pinares que ocupan menores extensiones en la región, Zamudio menciona el que se encuentra en los alrededores de El Doctor (municipio de Cadereyta y lugares adyacentes del municipio de San Joaquín), donde juega papel principal *Pinus pseudostrobus*, acompañado de *P. teocote* y *Quercus mexicana*. El área se halla intensamente perturbada.

Un manchón de *Pinus oocarpa* se intercala en el encinar en la región de La Florida, perteneciente al municipio de Arroyo Seco. Se localiza entre 1,450 y 1,700 msnm y las especies arbóreas acompañantes son *Arbutus xalapensis* (madroño), *Buddleia cordata* (tepozán), *Juglans mollis* (nogal), los encinos *Quercus affinis* y *Q. mexicana*; y *Pinus teocote*.

Bosque de Enebro (*Juniperus*)

Bosques puros o con clara prevalencia de árboles del género *Juniperus*, (Nebrito o enebro) se presentan en algunos parajes de la Sierra de El Doctor, en el municipio de Cadereyta, en manchones en la ladera de barlovento del macizo de Pinal de Amoles, cerca de La Florida (municipio de Arroyo Seco) y en la región de Tres Lagunas, del municipio de Landa, donde se observan sobre laderas calizas en suelo muy somero, (Litosol y Rendzina) entre 1,500 y 2,500 m de altitud y en condiciones limítrofes entre climas semisecos y templados subhúmedos.

Se trata de un bosque de 4 a 10 o 12 metros de altura, de abierto a moderadamente cerrado, a veces formado por árboles con troncos hasta de 1 m de diámetro.



Figura A.2. (Punto 54) Bosque de enebros y pinos piñoneros, en la ladera de barlovento del macizo principal de la sierra, en las cercanías de Maguey Verde, Peñamiller. Se trata de una zona transicional entre los matorrales de clima semiseco y los pinares que cubren las cumbres del macizo

Consiste mayormente de una masa pura de *Juniperus flaccida*, de manera que los siguientes árboles acompañantes se observan sólo hacia sus márgenes:

Arbutus xalapensis (madroño)
Juglans mollis (nogal)
Juniperus deppeana (nebrito)
Pinus cembroides (piñón)
Pinus greggii (ocote, pino)

Pinus pinceana (piñón)
Pinus teocote (ocote, pino)
Quercus mexicana (encino)
Quercus obtusata (encino)

Los componentes del estrato arbustivo, al igual que las plantas herbáceas, son prácticamente todos compartidos con las comunidades vegetales aledañas a estos bosques.

Bosque de *Cupressus*

En Sierra Gorda, el bosque de *Cupressus lindleyi* se presenta en forma de pequeños manchones, ubicados en el extremo noreste del estado, dentro de los municipios de Landa y Jalpan, en particular cerca de Llano Chiquito, en las laderas del cerro Piedra de la Cruz y al poniente de La Florida (lugar cercano a Rioverdito). Se desarrolla sobre sustrato de calizas, entre 1,900 y 2,600 m de altitud, con clima templado subhúmedo.

Es una comunidad densa, de (15) 20 a 30 m de alto, notable por el follaje verde oscuro y la forma de los árboles de *Cupressus*, conocidos como “cedro blanco” en la región. El

bosque es puro o casi puro; otros árboles a veces presentes son:

Abies guatemalensis (guayamé)
Pinus greggii (ocote, pino)
Pinus teocote (ocote, pino)
Quercus affinis (encino)

Quercus germana (encino)
Quercus mexicana (encino)
Quercus rysophylla (encino)
Quercus xalapensis (encino)

Bosques de Encino

Los bosques templados con dominancia de encinos; árboles del género *Quercus*, son los más abundantes en la Sierra Gorda.

De acuerdo a Zamudio, el bosque de *Quercus* se presenta con numerosas variantes fisonómicas, desde aquellos en los que los encinos son arbustivos, o bien árboles bajos, medianos o altos. Algunos son siempre verdes, otros parcial o totalmente caducifolios. Pueden predominar plantas de hojas pequeñas, de tamaño medio, grande o muy grande, lo mismo que de diferente dureza y grosor.



Figura A.3. (Punto 18) Bosque de encino y pino, al poniente de El Lobo, municipio de Landa de Matamoros

También florísticamente es variado este bosque: la dominancia es compartida con frecuencia con especies de otros géneros, principalmente *Pinus* y *Juniperus*, por lo que su aspecto y carácter varían ampliamente de un lugar a otro. Estos bosques también se entremezclan en zonas con especies propias de bosque de niebla o mesófilo; o bien, con árboles de los bosques tropicales. Esto hace difícil la separación del encinar en categorías bien definidas, en virtud de la existencia frecuente de situaciones intermedias, debida

probablemente a las propias variaciones microclimáticas en las laderas, cañadas y cumbres de la zona serrana.

Los bosques de encino se asientan generalmente sobre suelos de profundidad moderada o más profundos, con buen drenaje, frecuentemente con un horizonte rojizo que contiene más arcilla que la capa más superficial (Feozem lúvicos o Luvisoles crómicos), formados a partir de rocas sedimentarias o ígneas diversas; o bien suelos negros someros (Rendzina), sobre laderas de calizas. Se encuentran en un amplio rango altitudinal, desde los 800 hasta 3,150 m, en climas templados o semicálidos subhúmedos.

Zamudio puntualiza que los encinares serranos son frecuentemente de mediana estatura (8 a 12 m de alto) y moderadamente densos, aunque las excepciones son frecuentes. Los que se encuentran en más superficie, son los dominados por *Quercus mexicana* y *Q. castanea*, presentes sobre todo entre 1,200 y 2,300 m de altitud, frecuentemente intercalados con matorrales submontanos y el bosque tropical caducifolio. En zonas más bajas, frecuentemente en las laderas de cañadas se encuentran bosques de *Q. polymorpha*.

Encinares densos de *Quercus affinis*, de 20 a 30 m de altura, se encuentran colindando con el bosque mesófilo de montaña. En altitudes superiores (2,200 a 3,150 m) prevalecen por lo general otras especies, como *Q. crassifolia* y *Q. greggii*, que forman una comunidad bastante cerrada, pero más baja, en la parte superior de la sierra, al suroeste de Pinal de Amoles. En parajes más húmedos de la misma región dominan *Q. laurina* y *Q. crassifolia*.

Algunos otros árboles en estos encinares son:

<i>Alnus acuminata</i> (aile)	<i>Pinus rudis</i> (ocote, pino)
<i>Alnus jorullensis</i> (aile)	<i>Pinus teocote</i> (ocote, pino)
<i>Arbutus xalapensis</i> (madroño)	<i>Prunus serotina</i> (capulín)
<i>Buddleia cordata</i> (tepozán)	<i>Quercus glabrescens</i>
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	<i>Quercus laeta</i>
<i>Cupressus lindleyi</i> (cedro blanco)	<i>Quercus obtusata</i>
<i>Forestiera reticulata</i>	<i>Quercus rugosa</i>
<i>Garrya laurifolia</i> (palo de hueso)	<i>Quercus rysophylla</i>
<i>Juglans mollis</i> (nogal)	<i>Quercus xalapensis</i>
<i>Juniperus flaccida</i> (nebrito)	<i>Sambucus mexicana</i> (sauco)
<i>Lonchocarpus rugosus</i> (palo corral)	<i>Viburnum elatum</i> (pasilla)
<i>Pinus cembroides</i> (piñón)	<i>Wimmeria concolor</i> (algodoncillo)
<i>Pinus greggii</i> (ocote, pino)	<i>Xylosma flexuosum</i> (junco)

BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA (Bosque de niebla o caducifolio)



Figura A.4. (Punto 31) Bosque mesófilo de montaña en las cercanías de Agua Zarca, Landa de Matamoros

Es una comunidad vegetal diversa y exuberante, formada por numerosas especies de árboles corpulentos y de follaje denso, algunos de los cuales pueden medir 30 ó 40 metros de altura; por debajo de los individuos más altos se encuentran a menudo uno o dos estratos de árboles de menor tamaño, que contribuyen a dar mayor cobertura al dosel del bosque, lo que a su vez favorece el ambiente sombrío y húmedo en su interior. Las plantas epífitas son por lo general numerosas y con frecuencia también las trepadoras leñosas; en cambio, los elementos terrestres herbáceos son escasos en condiciones de poco disturbio. La abundancia de helechos es típica de esta comunidad, así como la presencia de algunas palmas arbustivas y el crecimiento frondoso de musgo sobre el suelo, los troncos y las ramas de los árboles.

En la Sierra Gorda el bosque mesófilo de montaña ocupa pequeñas áreas de los municipios de Jalpan, Landa, Pinal de Amoles y San Joaquín. Cubre una superficie aproximada de 6,600 ha. La mayor parte de estas áreas quedan ubicadas en la vertiente de barlovento de la Sierra Madre Oriental, varias más corresponden a laderas de cañadas húmedas con orientación N y NE, todas distribuidas entre 800 y 2,750 msnm .

Este bosque se desarrolla sobre sustrato de calizas o calizas-lutitas, comúnmente sobre suelos rojos con una capa subsuperficial rica en arcilla migrada, Luvisoles crómicos; o amarillo rojizos, menos desarrollados, Cambisoles crómicos, ambos ligeramente ácidos y de profundidad mayor generalmente a 50 cm, con frecuencia más profundos que 1m. También se les encuentra, en pendientes muy fuertes, sobre suelos negros, someros y ricos

en materia orgánica, ligeramente alcalinos o neutros, clasificados como Rendzinas. Se establece en las regiones más húmedas del estado, en donde la precipitación media anual es superior a 1,000 mm y la temperatura media anual oscila entre 16 y 20°C. La influencia directa de los vientos provenientes del mar al chocar con los macizos montañosos de la Sierra Madre Oriental produce una humedad ambiental muy alta, que se refleja en lluvias abundantes y en la presencia de neblinas durante la mayor parte del año.

Los sitios en los que esta comunidad se encuentra mejor representada son: los profundos cañones del río Tancuilín y de otros arroyos que desembocan en el río Moctezuma, entre 800 y 2,000 m de altitud, en las cercanías de Agua Zarca, El Humo, Ríoverdito y Neblinas, en el municipio de Landa; la Cañada de las Avispas y áreas aledañas a La Parada, entre 1,300 y 2,000 msnm, en el municipio de Jalpan; las cañadas del Arroyo Grande en las cercanías de San Pedro Escanela, entre 1,500 y 2,000 m de altitud, en el municipio de Jalpan; y las cañadas de Agua Fría y Los Granadillos, entre 2,000 y 2,750 msnm, en el Cerro Pingüical, en el municipio de Pinal de Amoles.

En la mayor parte de su área de distribución el bosque mesófilo de montaña de Querétaro se encuentra fuertemente perturbado y ha sido talado en su totalidad en amplias extensiones para establecer áreas de cultivo o pastizales. Durante muchos años el “somerio” (*Liquidambar*) ha sido explotado forestalmente para la fabricación de palillos y el “palo escrito” (*Dalbergia*) para la elaboración de guitarras y otras artesanías.

Algunos de los sitios originalmente mejor conservados de esta comunidad están convertidos en plantaciones de café. Así, muchos de los árboles del bosque original se mantienen en pie para dar sombra a los cafetos, pero las plantas herbáceas y los arbustos son talados y las parcelas se limpian o chaponean cada año.

La estructura y composición florística de este bosque es variada y cambia de un sitio a otro en función de variantes micro y mesoclimáticas ocasionadas por diferencias en altitud y en exposición, en función del grado de disturbio y de otros factores. Las especies más importantes son: el quirámbaro o somerío (*Liquidambar styraciflua*), el petatillo (*Ulmus mexicana*), el encino escobillo (*Quercus affinis*), el encino bellotón (*Quercus germana*), y en las porciones más altas el cedro blanco (*Cupressus lindleyi*) y el granadillo (*Taxus globosa*). Además de estos elementos existe un número elevado de árboles que forman parte del estrato superior, como:

<i>Abies guatemalensis</i> (guayamé)	<i>Magnolia schiedeana</i> (magnolia)
<i>Alnus acuminata</i> (aile)	<i>Meliosma alba</i>
<i>Aphananthe monoica</i> (barranco)	<i>Ostrya virginiana</i>
<i>Carpinus caroliniana</i>	<i>Pinus greggii</i> (ocote, pino)
<i>Carya illinoensis</i> (nogal)	<i>Pinus pseudostrobus</i> (ocote, pino)
<i>Carya ovata</i> (cuamecate)	<i>Prunus brachybotrya</i>
<i>Dalbergia palo-escrito</i> (palo escrito)	<i>Quercus polymorpha</i> (encino)
<i>Dendropanax arboreus</i> (nixtamalillo)	<i>Quercus rysophylla</i> (encino)
<i>Ficus perforata</i> (higuerón)	<i>Quercus sartorii</i> (encino)
<i>Lonchocarpus rugosus</i> (palo corral)	<i>Quercus xalapensis</i> (encino)
<i>Magnolia dealbata</i> (magnolia)	<i>Sapindus saponaria</i> (hualul)
	<i>Tilia mexicana</i> (jonote)

En los estratos arbóreos medio y bajo se encuentran árboles de 5 a 15 m de alto, entre los que Zamudio anota:

<i>Alchornea latifolia</i>	<i>Ocotea klotzschiana</i>
<i>Bauhinia dipetala</i>	<i>Oreopanax xalapensis</i>
<i>Beilschmiedia mexicana</i> (aguacate de ardilla)	<i>Perrottetia ovata</i>
<i>Buddleia americana</i> (tepozán)	<i>Persea americana</i> (aguacate)
<i>Celtis laevigata</i> (mora blanca)	<i>Photinia mexicana</i> (naranjillo)
<i>Cercis canadensis</i> (cuaresma)	<i>Prunus serotina</i> (capulín)
<i>Cercocarpus macrophyllus</i>	<i>Reevesia clarkii</i> (jonote prieto)
<i>Chione mexicana</i> (palo barranco)	<i>Roupala borealis</i> (palo zorrillo)
<i>Clethra macrophylla</i>	<i>Sambucus mexicana</i> (sauco)
<i>Clethra pringlei</i> (mameytillo)	<i>Saurauia scabrida</i> (calama)
<i>Cleyera theaeoides</i>	<i>Styrax glabrescens</i> (palo blanco)
<i>Gomas disciflora</i> (mimbre prieto)	<i>Ternstroemia sylvatica</i> (ministro)
<i>Garrya laurifolia</i> (palo de hueso)	<i>Trema micrantha</i> (puam)
<i>Gymnanthes longipes</i> (tepejucate)	<i>Trichilia havanensis</i> (estribillo)
<i>Heliocarpus americanus</i> (jonote)	<i>Turpinia occidentalis</i>
<i>Heliocarpus appendiculatus</i> (jonote)	<i>Urera alceifolia</i> (mala mujer)
<i>Ilex discolor</i>	<i>Urera caracasana</i> (mala mujer)
<i>Morus celtidifolia</i> (mora)	<i>Viburnum elatum</i> (pasilla)
<i>Myriocarpa longipes</i> (puchalante)	<i>Wimmeria concolor</i> (algodoncillo)
	<i>Xylosma flexuosum</i> (junco)

El estrato arbustivo es espaciado; lo forman numerosas especies que varían en tamaño de 60 cm a 5 m. Además, las plantas trepadoras son muy abundantes y se encuentran tanto en la parte baja del bosque como en las ramas superiores de los árboles; las leñosas llegan a medir hasta 20 ó 30 m de largo, a menudo se extienden ampliamente a nivel de las copas del dosel, y sus troncos alcanzan diámetros hasta de 10 cm. Su presencia contribuye notablemente a formar la fisonomía propia de esta comunidad.

Entre las plantas epífitas son abundantes las orquídeas, las bromeliáceas y las piperáceas. También los helechos tienen numerosos representantes en este grupo.

A lo largo de la secuencia altitudinal, Zamudio esquematiza de la siguiente manera las principales comunidades que conforman el bosque mesófilo de montaña en la zona:

En las partes inferiores, entre 600 y 800 m de altitud, prevalece un cinturón transicional con el bosque tropical subcaducifolio, compuesto por *Aphananthe monoica*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Cedrela odorata*, *Dendropanax arboreus*, *Ficus perforata* y *Sapindus saponaria*, pero con presencia también de *Prunus*, *Quercus* y *Ulmus*.

En la franja altitudinal superior, entre 800 y 1,200 msnm, se encuentra un bosque mesófilo de montaña muy diverso y exuberante, compuesto por *Aphananthe monoica*, *Beilschmiedia mexicana*, *Persea americana*, *Quercus germana*, *Q. rysophylla*, *Roupala borealis*, *Sapindus saponaria* y *Ulmus mexicana*, entre otros.

Entre 1,200 y 1,600 m de altitud el bosque es dominado por *Liquidambar styraciflua*, con *Clethra pringlei*, *Dalbergia palo-escrito*, *Lonchocarpus rugosus*, *Ostrya virginiana*, *Tilia mexicana* y *Turpinia occidentalis*.

Por arriba de los 1,600 m y hasta los 2,000 msnm en la Joya del Hielo y en la Cañada de

las Avispas, prevalecen en el bosque mesófilo *Abies guatemalensis*, *Cupressus lindleyi*, *Magnolia dealbata*, *Magnolia schiedeana*, *Ostrya virginiana* y *Quercus sartorii*.

En la Cañada del Arroyo Grande, en el camino de Jalpan a San Pedro Escanela, entre 1,500 y 2,000 m de altitud, se encuentra un bosque dominado por *Cornus disciflora*, *Liquidambar styraciflua*, *Quercus affinis* y *Q. crassifolia*, que se encuentra muy perturbada.

En la Cañada de los Granadillos y de Agua Fría, en la Sierra de Pinal de Amoles, entre 2,000 y 2,700 msnm, los elementos del bosque mesófilo de montaña como *Abies guatemalensis*, *Cornus disciflora*, *Garrya laurifolia*, *Sambucus mexicana*, *Taxus globosa*, *Tilia mexicana* y otros más, ocupan los fondos de las cañadas húmedas entre el bosque de *Abies religiosa* y *Pinus patula*, que los substituye a mayor altitud o en las laderas menos húmedas.

BOSQUES TROPICALES

A diferencia de los bosques templados, los propios de zonas cálidas suelen presentar un número mayor de especies dominantes entre los árboles; de familias diversas, y asociados a muchas otras especies, de modo que la proporción de individuos de cada una es menor generalmente que entre los bosques templados.

BOSQUE TROPICAL CADUCIFOLIO (selva baja caducifolia)



Figura A.5 Bosque tropical caducifolio alterado, con la presencia de cactáceas columnares, *Neobuxbaumia polylopha*, en las cercanías de Tancoyol

Se agrupan dentro de esta denominación comunidades vegetales dominadas por árboles de baja estatura (de 4 a 12 m), con troncos que con frecuencia se ramifican por debajo de la mitad de la altura de la planta y cuyas copas son tan anchas o más que la altura del árbol. Muestran un muy aparente cambio estacional, pues durante la parte seca del año (6 a 7 meses) la gran mayoría de los árboles no tiene follaje y el bosque da una apariencia gris ceniza, que contrasta con el verdor intenso de la época lluviosa.

Es común la presencia de árboles cuyos troncos tienen cortezas exfoliantes y de colores vivos. Al igual que en otras regiones de México, las familias Leguminosae y Burseraceae están bien representadas en el estrato arbóreo.

Este bosque prospera sobre laderas con suelos someros, pedregosos y con buen drenaje, derivados de rocas sedimentarias y algunas rocas ígneas, entre los 300 y 2,200 m de

altitud. Típicamente se presenta en condiciones climáticas cálido-subhúmedas (climas Aw_0 y Aw_1 , según Köppen mod. por García, 1973), que son libres de heladas. Sin embargo, en algunas partes de Querétaro y en la propia Sierra Gorda, se le encuentra también en lugares más secos y frescos, cuyos climas se clasifican como semicálido-subhúmedo (A) CW_0 , o semisecos cálidos o semicálidos, BS_1hw , BS_1kw . La precipitación media anual varía entre 500 y 1,100 mm y la mayor parte (alrededor del 90%) de las lluvias se concentra en un periodo de 5 a 6 meses, de mayo a octubre.

Es en la Sierra Gorda donde se encuentran las mayores áreas cubiertas por estos bosques en el estado de Querétaro, principalmente en el municipio de Jalpan, y en áreas contiguas de Arroyo Seco, Landa y Pinal de Amoles, sobre lomeríos y laderas bajas de serranías de rocas sedimentarias, principalmente calizas-lutitas, en altitudes desde 300 m (en el cañón del Santa María) hasta 1,400 m. Se les encuentra sobre suelos de diversas condiciones, pero comúnmente someros y pedregosos.

De acuerdo a Zamudio, los árboles que dominan en estos bosques son:

<i>Bursera simaruba</i> (chaca)	<i>Lysiloma microphylla</i> (palo de arco)
<i>Capparis incana</i> (palo cenizo)	<i>Phoebe tampicensis</i> (laurel)
<i>Esenbeckia berlandieri</i> (jopoy)	<i>Psidium sartorianum</i> (guayabillo)

Además de una amplia variedad de especies arbóreas no tan comunes:

<i>Acacia coulteri</i> (guajillo)	<i>Ficus pertusa</i> (higuerón)
<i>Adelia barbinervis</i> (espino blanco)	<i>Guazuma ulmifolia</i> (aquiche)
<i>Agonandra obtusifolia</i> (granadillo)	<i>Krugiodendron ferreum</i> (quiebrafierro)
<i>Bombax ellipticum</i> (mocoque)	<i>Lysiloma acapulcensis</i> (palo de arco, tepehuaje)
<i>Bursera fagaroides</i> (xiote)	<i>Myrcianthes fragrans</i> (arrayán)
<i>Bursera lancifolia</i> (chaca)	<i>Phyllostylon brasiliense</i> (cerón)
<i>Bursera morelensis</i> (palo colorado)	<i>Piscidia communis</i> (chijol)
<i>Caesalpinia pringlei</i>	<i>Pistacia mexicana</i> (lentisco)
<i>Celtis caudata</i> (palo blanco)	<i>Robinsonella discolor</i> (jonote)
<i>Crescentia alata</i> (coco-cirial)	<i>Thevetia peruviana</i> (palo de víbora)
<i>Drypetes lateriflora</i>	<i>Thouinia acuminata</i>
<i>Ficus cotinifolia</i> (higuerón)	<i>Zuelania guidonia</i> (volantín)
<i>Ficus padifolia</i> (higuerón)	
<i>Ficus perforata</i> (higuerón)	

Además de las que se asocian a las corrientes de agua y cañadas protegidas:

<i>Bumelia laetevirens</i> (coma)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (orejón)
<i>Cedrela odorata</i> (cedro rojo)	<i>Ficus insipida</i> (higuerón)
<i>Ceiba pentandra</i> (ceiba)	<i>Sapindus saponaria</i> (hualul)
<i>Ehretia anacua</i> (coposo)	

Los estratos arbustivos y las plantas trepadoras presentan una gran variedad de especies. Las comunidades secundarias derivadas de estos bosques tropicales caducifolios son variadas y se distribuyen ampliamente. Entre ellas cabe mencionar al frecuente bosque puro o casi puro de *Lysiloma*. La abundancia de *Guazuma* (aquiche), de *Pithecellobium dulce* (huamúchil), así como de *Senna atomania* (palo hediondo) las considera Zamudio

como indicadores de disturbio. Los matorrales de *Acacia farnesiana*, de *A. amentacea*, de *A. pennatula*, de *Karwinskia*, de *Hyptis albida*, de *Lantana camara* y de *Croton* spp. son fases sucesionales tempranas de lugares en que se ha practicado el desmonte y ulterior abandono del terreno.

BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO

(Selva mediana subperennifolia)

Este bosque está dominado generalmente por diversas especies de árboles de 15 a 30 m de alto, muchas de los cuales son al menos facultativamente perennifolias, de hojas relativamente grandes y de color verde oscuro. Abundan en él las trepadoras y las epífitas, sobre todo cuando la cobertura sumaria de las copas es grande.

En la sierra, se localiza principalmente a lo largo de las profundas cañadas que forman el río Santa María, el río Moctezuma y algunos de sus afluentes, en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan y Landa. En la mayor parte de los lugares se trata más bien de árboles aislados que de un bosque en forma; sin embargo existen algunos manchones de la magnitud de 0.5 a 1 km².

Los principales árboles registrados por Zamudio son:

<i>Adelia barbinervis</i> (espino blanco)	<i>Ficus insipida</i> (higuerón)
<i>Aphananthe monoica</i> (barranco)	<i>Ficus perforata</i> (higuerón)
<i>Brosimum alicastrum</i> (oxite)	<i>Ficus pertusa</i> (higuerón)
<i>Bursera simaruba</i> (chaca)	<i>Pouteria hypoglauca</i> (zocohuite)
<i>Carpodiptera ameliae</i> (telcón)	<i>Protium copal</i> (copal)
<i>Cedrela odorata</i> (cedro rojo)	<i>Robinsonella discolor</i> (jonote)
<i>Ceiba pentandra</i> (ceiba)	<i>Sapindus saponaria</i> (hualul)
<i>Chlorophora tinctoria</i> (mora amarilla)	<i>Sideroxylon tempisque</i> (cuamirro)
<i>Chrysophyllum mexicanum</i> (ocatlán)	<i>Spondias purpurea</i> (jobo)
<i>Coccoloba barbadensis</i> (guayacán)	<i>Tabebuia rosea</i> (palo de rosa)
<i>Cupania dentata</i> (rabo de cojolite)	<i>Trichilia havanensis</i> (estribillo)
<i>Dendropanax arboreus</i> (nixtamalillo)	<i>Trophis racemosa</i> (ramoncillo)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (orejón)	<i>Zuelania guidonia</i> (volantín)

En la vegetación secundaria correspondiente destacan además:

<i>Acrocomia mexicana</i> (coyol)	<i>Heliocarpus americanus</i> (jonote)
<i>Bauhinia divaricata</i> (pata de vaca)	<i>Heliocarpus appendiculatus</i> (jonote)
<i>Cecropia obtusifolia</i> (trompeta)	<i>Melia azedarach</i> (paraíso)
<i>Croton draco</i> (sangregrado)	<i>Nectandra sanguinea</i> (laurel)
<i>Croton niveus</i> (vidrioso)	<i>Parmentiera edulis</i> (chote)
<i>Guazuma ulmifolia</i> (aquiche)	<i>Trema micrantha</i> (puam)

MATORRALES XERÓFILOS

Bajo esta denominación se agrupa a un conjunto de comunidades vegetales dominadas por plantas de porte arbustivo, que se desarrollan en las regiones áridas y semiáridas del estado, en diversos terrenos y sujetas a climas que van desde los semisecos templados y cálidos (BS₁), hasta condiciones aún más secas (BS₀).

Las especies que forman el matorral, sólo en raras ocasiones rebasan los 4 m de alto, sus tallos se ramifican desde la base o muy cerca del suelo y pueden presentar varias adaptaciones que les permiten vivir con éxito en ambientes con un régimen de humedad seco.

Las adaptaciones que con más frecuencia pueden observarse en las plantas que constituyen a estos matorrales son: la presencia de espinas en los tallos o ramas, las hojas de tamaño pequeño, a menudo compuestas por varios a muchos foliolos, o bien segmentadas, para exponer una menor superficie a la acción del sol y evitar la transpiración excesiva; en la época seca del año las hojas de muchas especies caen y las plantas permanecen sin follaje hasta la siguiente época de lluvias. Algunos arbustos carecen de hojas, como las cactáceas, o sólo las tienen durante un corto periodo cada año, como es el caso del chiquiñá o tziquí (*Fouquieria splendens*).

Son comunes también las plantas de hojas gruesas y duras, cuya forma es de roseta, desde la base, como los magueyes (del género *Agave*), la guapilla (*Hechtia*), o bien, en el ápice del tallo, como el sotol y el junquillo (ambas del género *Dasyllirion*) y las llamadas palmas, del género *Yucca*.

En prácticamente todos estos matorrales, tienen presencia o dominancia las cactáceas, cuyos tallos son globosos o cilíndricos.

Los matorrales xerófilos son la vegetación más abundante en el estado de Querétaro, y en la zona denominada Semidesierto Queretano-Hidalguense, que parcialmente forma parte de la Reserva de la Biósfera “Sierra Gorda”, son del mayor interés, dado que constituyen la vegetación de una porción de la gran región florística del Desierto Chihuahuense, que como en el caso del valle de Tehuacán (entre los estados de Puebla y Oaxaca) es otra “isla” separada de la mayor parte de esta región.

Los matorrales en el Semidesierto, son de varios tipos: los dominados por cactáceas de gran porte, llamados matorrales crasicaule; los matorrales micrófilos, caracterizados por la dominancia de arbustos de hoja pequeña; los matorrales rosetófilos, en los que dominan plantas con forma de roseta, como agaves y sotoles; así como otros matorrales, transicionales entre los propios de clima más seco y los bosques templados, los matorrales submontanos y los encinares arbustivos.

Matorral crasicaule



Figura A.6 En primer plano a la izquierda y al fondo, matorrales crasicaule con dominancia de órganos (*Isolatocereus dumortieri*), sobre areniscas al poniente de Peñamiller

En laderas de la cuenca del río Extoraz, en los alrededores de Colón, Tolimán y San Miguel Palmas, se desarrolla un matorral crasicaule dominado casi absolutamente por cactáceas columnares de 4 a 5 m de alto, en donde *Isolatocereus dumortieri* (órgano) y *Stenocereus queretaroensis* (pitayo) son las especies dominantes. Los matorrales de órganos tienen afinidad por terrenos en los que afloran las areniscas del Cretácico. En forma esporádica y en densidades bajas pueden encontrarse también ahí *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo) y *Prosopis laevigata* (mezquite). El estrato arbustivo es ralo, los individuos que lo forman crecen espaciados y el sustrato rocoso aflora a menudo en 80 a 90% de la superficie; las especies anotadas fueron: *Acacia constricta* (vara prieta), *Ambrosia cordifolia* (vara de cuete), *Bursera fagaroides* (xixote), *Celtis pallida* (granjeno), *Echinocereus berlandieri* y *E. stramineus* (agito), *Mimosa depauperata* (uña de gato).

En el camino entre San Pablo Tolimán e Higuerrillas el estrato arbustivo inferior presenta una mayor densidad y diversidad; en este sitio, Zamudio reporta las siguientes especies:

Acacia vernicosa (chaparro prieto)
Aloysia gratissima (cedrón)
Ayenia rotundifolia (escobilla)
Bursera fagaroides (xixote)
Celtis pallida (granjeno)
Cordia globosa
Croton rzedowskii (palillo)
Ephedra compacta (canutillo)

Fouquieria splendens (chiquiñá)
Jatropha dioica (sangregrado)
Kramenia cytisoides (donapé)
Mahaonia coulteri (hueledenoché)
Opuntia imbricata (cardenche)
Pithecellobium revolutum
Solanum tnidynamum (sacamanteca)

Al comparar los matorrales de *Stenocereus* de diferentes localidades de Querétaro se observa que mientras más seco es el lugar, el estrato arbustivo bajo es más pobre en diversidad y en condiciones extremas lo forman sólo unas pocas especies. Este matorral se encuentra en general menos perturbado que las nopaleras; tal hecho se debe a que en la mayor parte de su área de distribución los terrenos son más abruptos y de acceso difícil.

Matorral micrófilo



Figura A.7 Matorral micrófilo poco denso, en las cercanías de Higuerrillas. En primer plano, arbustos de gobernadora

Esta comunidad se observa en la porción central del Semidesierto, restringida a la parte baja de la cuenca del río Extoraz y algunas áreas adyacentes de la cuenca del Moctezuma, principalmente en los alrededores de Higuierillas, Peña Blanca y Mesa de León, en los municipios de Cadereyta y Peñamiller. Se desarrolla entre 1,300 y 2,000 msnm, en laderas de pendiente suave o media, sobre un sustrato de caliza-lutita, frecuentemente con presencia de caliche; así como en fondos de valle con suelos calcáreos profundos y, en ocasiones, sobre antiguos depósitos lacustres.

Estos sitios se caracterizan por ser los más secos del estado, con precipitación que varía entre 380 y 470 mm en promedio anual y temperaturas anuales de 18 a 22°C.

Es un matorral hasta de 4 a 5 m de alto, en el que los arbustos están muy espaciados entre sí; las especies más frecuentes son *Acacia vernicosa* (chaparro prieto), *Condalia mexicana* (granjeno prieto), *Fouquieria splendens* (ocotillo), *Koeberlinia spinosa* (junquillo), *Larrea tridentata* (gobernadora) y *Prosopis laevigata* (mezquite). Otros arbustos que se reportan en esta comunidad son:

<i>Agave lechuguilla</i> (lechuguilla)	<i>Jatropha dioica</i> (sangregrado)
<i>Agave striata</i> (estoquillo)	<i>Justicia hyssopus</i> (mo-xi)
<i>Aloysia gratissima</i> (cedrón)	<i>Karwinskia mollis</i> (tullidora)
<i>Ayenia rotundifolia</i> (escobilla)	<i>Krameria cytisoides</i> (donapé)
<i>Bursera fagaroides</i> (xixote)	<i>Leucophyllum ambiguum</i> (habillo)
<i>Celtis pallida</i> (granjeno)	<i>Lippia graveolens</i> (orégano)
<i>Citharexylum lycioides</i> (tripa de gallina)	<i>Lycium berlandieri</i>
<i>Cnidoscolus tubulosus</i> (mala mujer)	<i>Maytenus phyllanthoides</i> (granadillo)
<i>Croton rzedowskii</i> (palillo)	<i>Mimosa depauperata</i> (uña de gato)
<i>Eupatorium espinosarum</i> (hierba de la mula)	<i>Opuntia imbricata</i> (cardenche)
<i>Euphorbia antisiphilitica</i> (candelilla)	<i>Opuntia kleiniae</i> (tasajillo)
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (olivo)	<i>Opuntia leptocaulis</i> (tasajillo)
<i>Hechtia glomerata</i> (guapilla)	<i>Opuntia microdasys</i> (nopal cegador)
<i>Iresine schaffneri</i> (atlón)	<i>Parthenium incanum</i> (hierba ceniza)

Varias cactáceas de tallos globosos o cilíndricos son frecuentes en estos matorrales, de ellas la más conocida es *Lophophora difusa* (peyote); otros ejemplos son:

<i>Astrophytum ornatum</i>	<i>Echinocereus berlandieri</i>
<i>Coryphantha erecta</i>	<i>Ferocactus histrix</i>
<i>Coryphantha gladiospina</i>	<i>Mammillaria geminispina</i>
<i>Echinocactus grussonii</i>	<i>Neolloydia conoidea</i>
<i>Echinocactus ingens</i>	<i>Strombocactus disciformis</i>

Las plantas herbáceas son escasas, al igual que las trepadoras y epífitas.

Los pequeños manchones de matorral micrófilo en Querétaro, junto con los del Valle del Mezquital, en Hidalgo, representan el límite sur de la distribución de tal comunidad vegetal, que es la más característica del llamado Desierto Chihuahuense.

El disturbio continuo convierte a este matorral en uno francamente espinoso, compuesto

por *Mimosa biuncifera* (uña de gato) y *Acacia farnesiana* (huizache). Tal fenómeno se debe principalmente al sobrepastoreo, debido a la existencia de numerosos rebaños de cabras en la región.

Matorral rosetófilo

Corresponde a una comunidad vegetal que ocupa áreas pequeñas de las cuencas de los ríos Extoraz y Moctezuma, en zonas con las características climáticas del matorral micrófilo, con el cual tiene mucha afinidad. Se establece en algunas laderas de mayor declive de las barrancas y cerros formados por lutitas calcáreas, entre 1,600 y 2,200 m de altitud.

Está constituido principalmente por arbustos con hojas carnosas y coriáceas de ápice y/o margen espinoso, que se agrupan formando una roseta densa. Las especies más comunes de este matorral son: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Dasyllirion acrotriche* (sotol), *D. longissimum* (junquillo) y *Hechtia glomerata* (guapilla). La fisonomía de la comunidad está dada por la forma biológica de la especie dominante. El crecimiento en colonias muy densas, ocasionado por la reproducción vegetativa de algunas de estas plantas, hace difícil el tránsito a través de ellas.

En la mayoría de los casos la comunidad es muy pobre en especies, ya que se desarrolla en laderas muy expuestas, con fuerte erosión hídrica, en donde no pueden establecerse muchas plantas. Sin embargo, conforme el terreno se hace menos accidentado, otros arbustos hacen acto de presencia entre las colonias de *Hechtia* y *Agave*. Se apuntaron las siguientes:

<i>Acacia vernicosa</i> (chaparro prieto)	<i>Flourensia resinosa</i>
<i>Brickellia veronicifolia</i> (peixtó)	<i>Karwinskia humboldtiana</i> (sarambullo)
<i>Echinocactus ingens</i> (acitrón)	<i>Opuntia imbricata</i> (cardenche)
<i>Eupatorium espinosarum</i> (hierba de la mula)	<i>Opuntia stenopetala</i> (nopal de coyote)
	<i>Turnera difusa</i> (hierba del pastor)

Matorral Submontano

Esta comunidad vegetal es particularmente característica de la parte norte del estado, donde cubre importantes extensiones de los municipios de Landa, Jalpan y Arroyo Seco. Además penetra a la porción del centro de Querétaro, donde se le observa en amplias zonas de los cañones de los ríos Extoraz y Moctezuma, principalmente en los municipios de Cadereyta, Peñamillín y San Joaquín.

Se establece sobre suelos someros y pedregosos en laderas inclinadas, abanicos coluviales y en cañones profundos; su presencia se encuentra estrechamente ligada a los afloramientos de rocas sedimentarias, entre las que predominan calizas y calizas-lutitas. Los suelos sobre los que se encuentra son variados, desde los muy someros hasta suelos rojizos, Cambisoles Crómicos. Se desarrolla en la franja altitudinal entre 800 y 2,200 m. Desde el punto de vista fisonómico es un matorral subinermé, en el que el estrato alto mide de 3 a 4 m; con predominancia especies siempre verdes con hojas de tamaño

pequeño. Su composición florística y estructura son variables, como las condiciones ecológicas en las que existe. En lugares con mayor humedad y suelo mejor desarrollado es un matorral alto y denso, mientras que en los sitios más expuestos o secos y con suelo somero su diversidad disminuye, formando una comunidad baja y espaciada.

En la región de Landa, Jalpan y Arroyo Seco se presenta sobre calizas: el estrato alto, de 3 a 4 m, está compuesto por:

<i>Acacia angustissima</i> (barba de chivo)	<i>Helietta parvifolia</i> (barreta)
<i>Acacia berlandieri</i> (guajillo)	<i>Hybanthus mexicanus</i>
<i>Acacia micrantha</i> (mezquitillo)	<i>Mimosa leucaenoides</i> (quebrafierro)
<i>Bauhinia coulteri</i>	<i>Morkillia mexicana</i> (manto de coyote)
<i>Berberis gracilis</i>	<i>Neopringlea integrifolia</i> (palo varilla)
<i>Cigarrilla mexicana</i> (San Pedro)	<i>Pithecellobium pallens</i> (xonfé)
<i>Cordia boissieri</i> (trompillo)	<i>Pseudosmodingium multifolium</i> (xongua)
<i>Exostema coulteri</i>	<i>Pseudosmodingium virletii</i> (guau)
<i>Exothea copalillo</i>	<i>Pterostemon mexicanus</i>
<i>Fraxinus schiedeana</i> (escobillo)	<i>Senna racemosa</i>
<i>Goehnatia magna</i>	<i>Senna wislizeni</i> (palo prieto)
<i>Harpalyce arborescens</i> (frijolillo)	

Las plantas trepadoras son relativamente abundantes en este matorral; se pueden citar:

<i>Callaeum septentrionale</i>	<i>Heteropteris beecheyana</i>
<i>Clematis dioica</i>	<i>Marsdenia coulteri</i>
<i>Clematis pitcheri</i>	<i>Rivea corymbosa</i>
<i>Dalembertia populifolia</i>	<i>Sarcostemma pannosum</i>
<i>Gonolobus quadriflorus</i>	<i>Tournefortia volubilis</i>

En la parte central del estado, en las laderas de los grandes cañones de los ríos Extoraz y Moctezuma el matorral submontano se distribuye ampliamente, pero cambia en composición florística con mucha frecuencia. En varias cañadas profundas y laderas poco inclinadas, en donde se conserva más humedad, se encuentra un matorral denso y alto, compuesto por:

<i>Acacia berlandieri</i> (guajillo)	<i>Helietta parvifolia</i> (barreta)
<i>Acacia micrantha</i> (mezquitillo)	<i>Justicia hyssopus</i> (mo-xi)
<i>Acacia vernicosa</i> (chaparro prieto)	<i>Lindleyella mespiloides</i> (barrera)
<i>Aralia regeliana</i>	<i>Machaonia coulteri</i> (huele de noche)
<i>Ayenia rotundifolia</i> (escobilla)	<i>Morkillia mexicana</i> (manto de coyote)
<i>Bonetiella anomala</i>	<i>Neopringlea integrifolia</i> (palo varilla)
<i>Bursera schlechtendalii</i> (xixote)	<i>Plumeria rubra</i> (dexé)
<i>Cigarrilla mexicana</i> (San Pedro)	<i>Pseudosmodingium multifolium</i>
<i>Ditaxis heterantha</i> (azafrancillo)	<i>Randia watsonii</i> (cruceta)
<i>Fouquieria splendens</i> (ocotillo)	<i>Senna wislizeni</i> (palo prieto)
<i>Fraxinus greggii</i>	<i>Sophora secundiflora</i> (patol)
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (olivo)	<i>Vauquelinia corymbosa</i> (palo verde)

En los alrededores de Peñamiller el matorral es bajo (de 1.5 a 2 m de altura) y los individuos se encuentran espaciados; está compuesto principalmente por:

<i>Acacia sororia</i>	<i>Bursera schlechtendalii</i> (xixote)
<i>Acacia vernicosa</i> (chaparro prieto)	<i>Fouquieria splendens</i> (ocotillo)
<i>Astrocasia neurocarpa</i>	<i>Morkillia mexicana</i> (manto de coyote)
<i>Ayenia rotundifolia</i> (escobilla)	<i>Neopringlea integrifolia</i> (palo varilla)
<i>Bonetiella anomala</i>	<i>Pseudosmodium multifolium</i>

La expresión más pobre de esta comunidad se encuentra al norte de Peña Blanca, sobre laderas de caliza-lutita, prácticamente sin suelo, que son muy sensibles a la erosión. Es un matorral de alrededor de metro y medio de alto, compuesto por:

<i>Calliandra eriophylla</i> (charrasquillo)	<i>Lippia graveolens</i> (orégano)
<i>Eupatorium espinosarum</i> <i>Eysenhardtia polystachya</i> (vara dulce)	<i>Mimosa biuncifera</i> (uña de gato)
<i>Fouquieria splendens</i> (ocotillo)	<i>Mimosa similis</i> (uña de gato)
<i>Hoffmanseggia melanosticta</i> (coquito)	<i>Neopringlea integrifolia</i> (palo varilla)
<i>Karwinskia mollis</i> (tullidora)	<i>Opuntia microdasys</i> (nopal cegador)
	<i>Salvia ballotiflora</i> (mirto)

Encinar arbustivo

En la parte alta de algunos cerros o en laderas expuestas a la acción directa del sol y de vientos fríos se desarrolla una comunidad vegetal dominada por encinos arbustivos y otros arbustos de hojas chicas y duras, particularmente adaptados a ambientes secos y fríos. Se encuentra dispersa en las sierras del estado ocupando pequeñas áreas.

Se ha observado en la Sierra Peña Azul, al suroeste de Vizarrón, en la Sierra de El Doctor, en el Cerro Pingüical, cercano a Pinal de Amoles, y en el Cerro Grande, en el municipio de Landa, entre otras localidades.

Es un matorral muy denso, de 1 a 2 m de alto, formado por varias especies de encinos (*Quercus*) de reproducción vegetativa, por pingüica (*Arctostaphylos pungens*) y laurel (*Litsea*). Las especies que con mayor frecuencia se han observado en tal comunidad son:

<i>Acacia subangulata</i>	<i>Forestiera phillyreoides</i> (acibuche)
<i>Amelanchier denticulata</i> <i>Bouvardia ternifolia</i> (trompetilla)	<i>Litsea schaffneri</i> (laurel)
<i>Brickellia veronicifolia</i> (peixtó)	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> (uña de gato)
<i>Brongniartia intermedia</i> (garbancillo)	<i>Montanoa tomentosa</i>
<i>Ceanothus coeruleus</i>	<i>Quercus depressipes</i>
<i>Ceanothus greggii</i>	<i>Quercus greggii</i>
<i>Cercocarpus fothergilloides</i>	<i>Quercus microphylla</i>
<i>Cercocarpus macrophyllus</i> (cuatlalpal)	<i>Quercus pringlei</i>
<i>Cercocarpus paucidentatus</i>	<i>Rhus pachyrrhachis</i> (lantrisco)
<i>Citharexylum oleinum</i>	<i>Rhus trilobata</i> (agito)
<i>Dalea bicolor</i> (engorda cabra)	<i>Rhus virens</i> (lentisco)
<i>Dalea dorycnoides</i> (engorda cabra)	<i>Stillingia sanguinolenta</i>
	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> (perilla)

Muchos de los componentes de estos matorrales se han observado como elementos comunes en los bosques de encino y es probable que en algunos sitios su presencia se deba a la tala o quema de tales bosques, de modo que se trataría entonces de una comunidad secundaria.

B). INFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN EL CAMPO

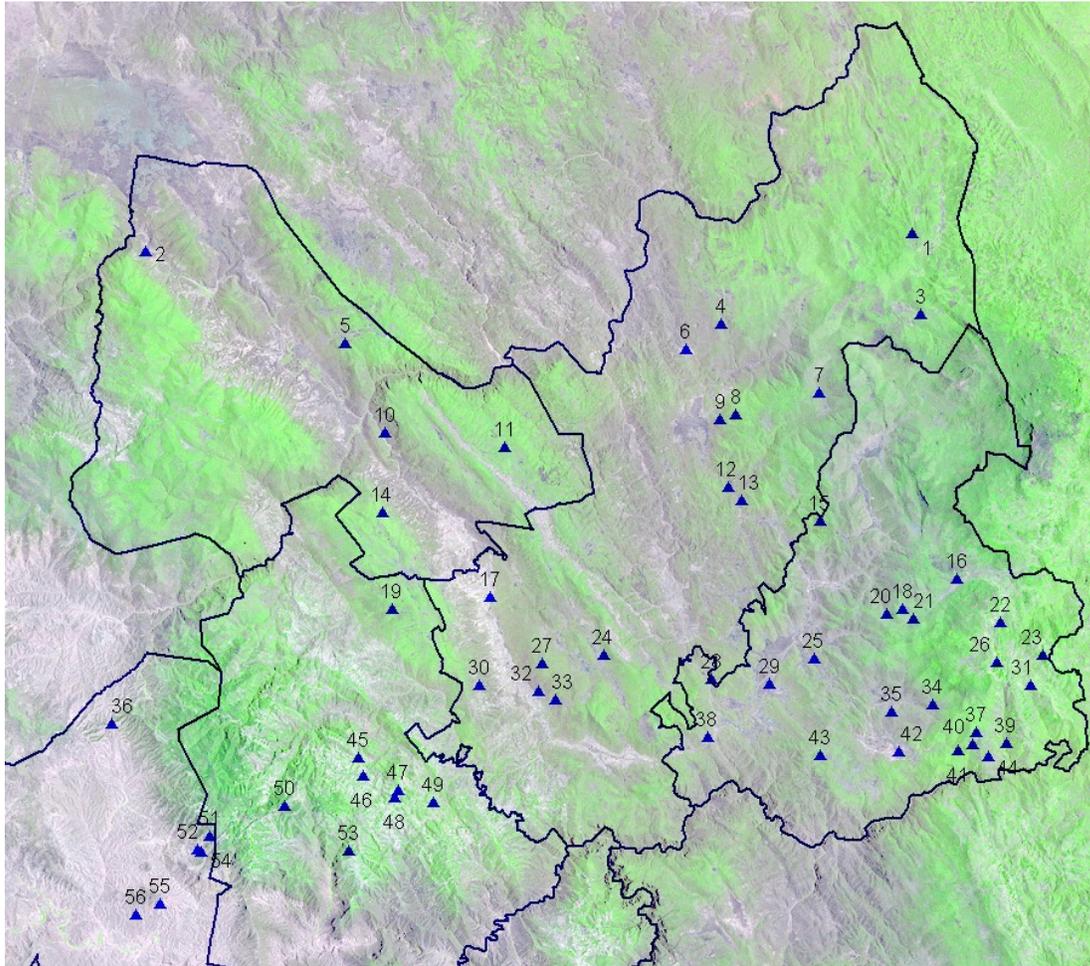


Figura B.1 Puntos de verificación en campo

A continuación se presenta una tabla en la que se anotan algunas observaciones realizadas en la verificación de campo, como sus coordenadas UTM, la altitud en metros y la pendiente.

INFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN EL CAMPO

Nº	Vegetación o uso del suelo	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Pend. %
		X	Y		
1	Bosque de encino-pino	481538	2380361	1291	48
2	Matorral submontano	423249	2378958	660	39
3	Bosque de encino-pino	482195	2374235	1318	19
4	Bosque tropical caducifolio	467031	2373440	1107	12
5	Bosque de encino	438464	2372027	1120	11
6	Agricultura de temporal	464312	2371520	882	7
7	Bosque de encino-enebro	474504	2368168	1615	20
8	Matorral submontano	468155	2366593	1198	7
9	Matorral submontano	466965	2366211	918	27
10	Bosque tropical caducifolio (<i>Lysiloma, Bursera</i>)	441437	2365217	653	4
11	Bosque de encino	450536	2364093	1355	9
12	Bosque tropical caducifolio-pastizal	467545	2361076	858	37
13	Matorral submontano secundario	468576	2360045	899	10
14	Bosque de encino, <i>P. ayacahuite</i>	441234	2359145	1360	38
15	Bosque de encino-enebro	474509	2358438	1544	38
16	Bosque de pino-encino	484931	2354032	1711	20
17	Agricultura de riego, frutales	449459	2352709	697	0
18	Bosque de encino	480808	2351730	1825	20
19	Bosque de encino-enebro	441959	2351718	1752	10
20	Bosque de encino	479623	2351342	1650	18
21	Bosque de encino-pino (enebro, parcelas)	481598	2351043	1597	0
22	Bosque de encino-pino	488256	2350756	1213	18
23	Agricultura de temporal	491513	2348282	1628	15
24	Agricultura de temporal, Matorral <i>Acacia berlandieri</i>	458059	2348249	1059	18
25	Agricultura de temporal, caña de azúcar	474053	2348028	1108	5
26	Agricultura de temporal	487963	2347702	1403	16
27	Bosque tropical caducifolio, <i>Erythrina</i>	453401	2347572	1261	2
28	Matorral submontano	466300	2346400	969	19
29	Agricultura de temporal	470698	2346074	1037	0

INFORMACIÓN DE LOS PUNTOS DE VERIFICACIÓN EN EL CAMPO

N°	Vegetación o uso del suelo	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Pend. %
		X	Y		
30	Bosque tropical caducifolio, <i>Pilosocereus cometes</i>	448594	2345971	1004	4
31	Bosque mesófilo de montaña, pastizal	490543	2345961	1422	24
32	Bosque tropical caducifolio, <i>Neobuxbaumia</i>	453114	2345477	882	28
33	Bosque tropical caducifolio	454443	2344903	912	18
34	Matorral submontano	483076	2344512	1342	25
35	Matorral submontano	479982	2343959	1449	26
36	Matorral submontano	420631	2343047	1901	18
37	Bosque de encino	486432	2342396	1467	24
38	Matorral submontano	465964	2341972	1129	14
39	Bosque de encino	488679	2341517	575	32
40	Agricultura de temporal	486171	2341485	1126	27
41	Bosque tropical caducifolio	485063	2340996	928	37
42	Agricultura de temporal	480568	2340866	1057	0
43	Bosque de encino	474527	2340610	1381	5
44	Agricultura de temporal	487376	2340541	951	21
45	Bosque de encino-pino	439433	2340434	1866	17
46	Bosque de galería, <i>Platanus</i>	439759	2339046	1751	7
47	Agricultura de temporal, maíz; reforestación	442492	2337998	1789	9
48	Bosque de encino	442201	2337383	1880	12
49	Bosque mesófilo de montaña, <i>Liquidambar</i>	445114	2337051	1609	16
50	Bosque de pino	433806	2336741	2599	14
51	Bosque de enebro-pino, veg. secundaria	428160	2334427	2458	19
52	Pastizal inducido	427205	2333494	2189	34
53	Matorral submontano	438727	2333372	2024	39
54	Bosque de enebro-pino piñonero, pastizal	427442	2333275	2111	36
55	Matorral submontano, <i>Acacia, Fouquieria</i>	424335	2329356	1709	29
56	Matorral submontano	422550	2328482	1463	12



**CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
DEL ESTADO DE QUERETARO**



GOBIERNO DEL ESTADO DE
QUERÉTARO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN

Publicación del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro


Querétaro
es
Mejor