

Evaluación espacial y temporal de la vegetación de la Sierra Madrigal, Tabasco, México (1973-2003)

Erika del Carmen Salazar Conde*

Recibido: 15 de junio de 2004

Joel Zavala Cruz**

Aceptado en versión final: 31 agosto de 2004

Ofelia Castillo Acosta***

Rafael Cámara Artigas****

Resumen. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar los cambios espaciales de la vegetación en la Sierra Madrigal; estado de Tabasco, en un área de 3 642 ha, en el período 1973-2003. Con base en la fotointerpretación de fotografías aéreas y verificación de campo, se elaboró la cartografía de vegetación y usos del suelo de los años 1973, 1984 y 2003 a escala 1:20 000. Se caracterizó la vegetación y los usos del suelo, se obtuvieron los índices de cambio de uso del suelo, y se compararon algunas propiedades del suelo con base en los tipos de la vegetación. La selva alta perennifolia de ramón (*Brosimum alicastrum*) y huapaque (*Dialium guianense*) tuvo una pérdida del 80% de su superficie en 30 años; las principales causas de esta pérdida fueron los incendios forestales que condujeron a la formación de vegetación secundaria (56%) y la ampliación de los pastizales (10%) para la ganadería de bovinos. La eliminación de la selva provocó, asimismo, disminución de los contenidos de materia orgánica y nitrógeno, lo que indica degradación de suelos en la capa de 0 a 30 cm de profundidad.

Palabras clave: Selva, vegetación secundaria, pastizales, uso del suelo.

Evaluation spatial and temporal of the vegetation Sierra Madrigal, State of Tabasco, México (1973-2003)

Abstract. This study was carried out in the Sierra Madrigal, Tabasco State, México. The purpose was to evaluate the spatial distribution and transformation rate of tropical rain forest in 3 642 ha of Sierra Madrigal from 1973 to the year 2003. Maps of vegetation and land use for the years 1973, 1984, and 2003 were made through the interpretation of aerial photographs at scale 1:20 000. The vegetation and land use were characterized in the field. The rate transformation of land used and vegetation were obtained, and some soil properties were compared, based on the type of vegetation. The tropical rain forest of ramón (*Brosimum alicastrum*) and huapaque (*Dialium guianense*) lost 80% of their original distribution in 30 years. Fire was the principal cause of devastation of the rain forest, which led to the formation

*Universidad Internacional de Andalucía, España. E-mail: teapa@terra.com

**Colegio de Postgraduados, Campus Cárdenas, Tabasco. E-mail: Joelzavala@yahoo.com.mx

***Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Vílalhermosa, Tabasco y Colegio de Postgraduados, Campus Montéon, México. E-mail: castillo_ofelia@hotmail.com

****Universidad de Sevilla, España.

of secondary vegetation (56%) and grassland (10%) for cattle use. The change of rain forest to secondary vegetation and grassland diminished the organic matter and nitrogen in the layer of 0 to 30 cm of soil, which indicates a degradation.

Key words: Tropical rain forest, secondary vegetation, grassland, land use.

INTRODUCCIÓN

El territorio mexicano ha sufrido un acelerado proceso de degradación de bosques y selvas tropicales (Toledo, 1988; Tudela, 1990). Las selvas del estado de Tabasco se ubican entre las más afectadas y en el período 1940-1996 perdieron el 95% de su área, debido al incremento de los pastizales y las zonas agrícolas (Zavala y Castillo, 2002).

La región Sierra de Tabasco tiene gran importancia biológica y ecológica por la biodiversidad de flora y fauna que aún mantiene. Esta región se localiza en las Montañas del Norte de Chiapas y, debido a sus características naturales y a la alta precipitación durante todo el año, forma parte de un gran corredor que, según Wendt (1987), funcionó como refugio de especies de ambientes cálido húmedos durante el Pleistoceno. Esto implica que la sierra de Tabasco tienen afinidades florísticas con otras sierras como las de Uxpanapa y Centroamérica.

En los municipios de Teapa y Tacotalpa, las sierras Madrigal, Tapijulapa y Poana, forman parte del área natural protegida Parque Estatal de la Sierra, el cual se decretó en 1988 a través del Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Tabasco, con el propósito de conservar 15 113 ha de selvas altas y medianas perennifolias. Sin embargo, la pérdida de estas selvas se ha incrementado y, en menos de 30 años, estos ecosistemas disminuyeron en un 60% (Salazar, 2000).

Esta investigación se planteó como objetivos: *a)* evaluar los cambios espacial y temporal de la vegetación de la Sierra Madri-

gal, Tabasco en el período de 1973 al 2003, *y b)* conocer si el cambio de vegetación afecta los suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Sierra Madrigal se ubica al sur del estado de Tabasco, entre los 92° 50' y 92° 57' de longitud oeste y los 17° 30' y 17° 40' de latitud norte (Figura 1), y tiene una superficie de 3 642 ha. Forma parte de la subprovincia Sierras del Norte de Chiapas y el clima es cálido húmedo con lluvias todo el año Af(m), la temperatura media anual oscila entre 23 y 26° C, y la precipitación total anual varía entre 2 900 y 3 600 mm (García, 1973; Cardoso 1979). La alta precipitación alimenta el caudal del río de La Sierra y a la Región hidrológica 30D "Río Grijalva-Villahermosa". La Sierra Madrigal consta de cerros dómicos y cónicos de 50 a 1 000 metros sobre el nivel del mar (msnm), cuyas rocas son sedimentarias del Terciario a base de calizas que se plegaron por movimientos geológicos de la zona (INEGI, 2001). Los suelos representativos son los Leptosoles rendzicos y Leptosoles líticos (Palma y Cisneros, 2000). Los primeros tienen un horizonte A mólico que cubre el material calcáreo donde el equivalente de carbonato de calcio sobrepasa el 40%, y no tiene roca dura y continua dentro de los 10 primeros centímetros de profundidad; se localizan con piedemontes, dolinas y laderas cársticas con pendiente de 5 a 15°. Los Leptosoles líticos están limitados por la roca caliza dentro de los primeros 10 cm de profundidad, y se ubican en mogotes y lade-

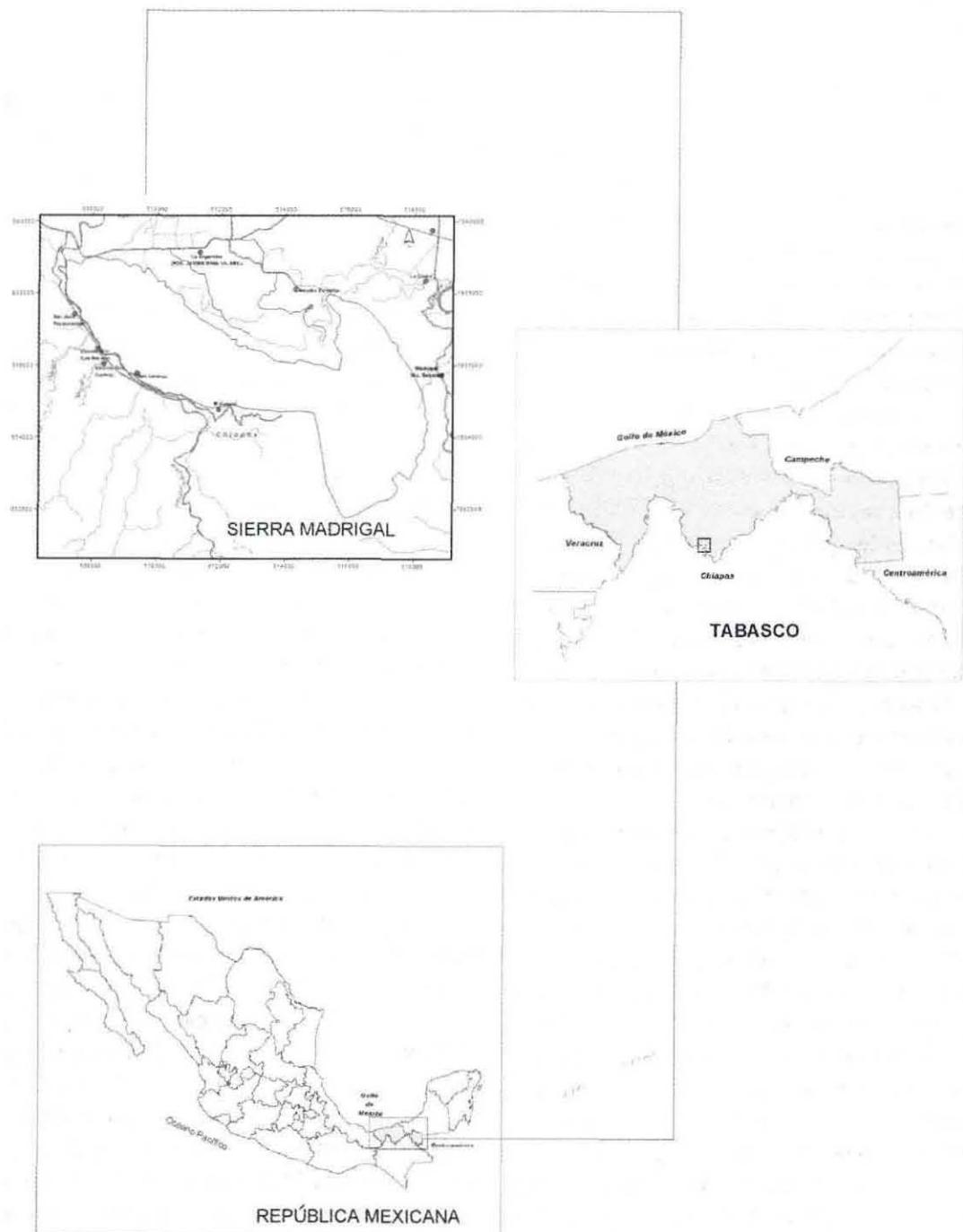


Figura 1. Localización de la Sierra Madrigal, estado de Tabasco.

ras escarpadas con pendientes de 15 a 45°. La capacidad de uso de estos suelos es para la conservación de la vida silvestre. Otros suelos del área son los Vertisoles, Luvisoles, Cambisoles y Acrisoles que se desarrollan en lomeríos, y los Fluvisoles en las llanuras aluviales. En estos suelos se desarrollan las actividades agropecuarias y forestales. Vicente Guerrero Lerma es la principal localidad rural con 1 296 habitantes.

El área de estudio se delimitó con base en fotomapas escala 1:20 000 (INEGI, 1984), tomando en cuenta los límites geomorfológicos de la Sierra Madrigal en la carta fisiográfica de INEGI (1988). Para la evaluación de los cambios de la vegetación, la información espacial y tabular se estructuró en una base geográfica digital. Con este propósito se utilizó la estructura de base de datos definida por Moolenaar (1989a, 1989b), la cual consiste en que cada punto, línea o área de un mapa tiene información sobre la localización (datos geométricos) y el contenido (información temática), con un identificador único. Las coberturas (mapas) de la base geográfica digital (BGD) son producto de la recopilación y tratamiento de información digital existente del área de estudio (Salazar, 2000; RAN, 2001), y de la construcción de los mapas de vegetación y usos del suelo.

La cartografía de vegetación y usos del suelo se elaboró con fotografías aéreas blanco y negro del INEGI, de los años 1973, 1984 y 2000 a escala 1:75 000. En la rectificación de las fotografías aéreas, éstas se digitalizaron a 2 000 puntos por pulgada, con una resolución de 1.5 m, y en los mosaicos digitales tuvieron un tamaño final de píxel de 2 m. En el proceso de aerotriangulación se usaron nueve puntos de control en promedio y, para ello, se usó el paquete Albany. Los errores

promedio fueron de 2.05 m para 1973, 2.53 m para 1984 y 2.37 m para el 2003. La rectificación y el ortofotomapta derivado de las fotografías aéreas, se realizó en el módulo ortho del paquete I2S; para el mosaico se utilizó un algoritmo bilineal. La vegetación y uso del suelo se fotointerpretó en las fotografías aéreas de varios años, y la información se transfirió a los ortofotomapas a escala 1: 20 000, utilizando el software ArcView 3.2. El trabajo de campo consistió en recorridos y la verificación de 35 sitios, los cuales se seleccionaron en el mapa del año 2000, considerando la extensión de la vegetación y usos del suelo y las unidades geomorfológicas. En cada sitio se colectó material botánico (Figura 2) y 12 muestras de suelo tomadas con barrena a 0-30 cm de profundidad. Se obtuvieron las coordenadas geográficas con un posicionador geográfico. Además, se hicieron 20 entrevistas a productores del área para conocer los usos del suelo y vegetación actual, y de años anteriores.

El material botánico se identificó y procesó en el herbario del Instituto de Biología de la UNAM y la vegetación se clasificó con base en Miranda y Hernández (1963). Se cuantificaron las propiedades de los suelos: pH en agua (1:2.5); textura por el método de Boyoucos; materia orgánica (MO) mediante digestión húmeda por el método de Walkley-Black (León y Aguilar, 1987); fósforo extratable (P), por el método Olsen (Cajuste, 1987) y capacidad de intercambio catiónico (CIC), utilizando AcONH₄IN pH 7 como extracante (Aguilar, 1987).

Con base en los datos de campo se efectuó la digitalización de los mapas de vegetación, con el apoyo de los software Carta linx y Arc/Info versión 3.5. Este procedimiento se basó en un estricto control de calidad en la

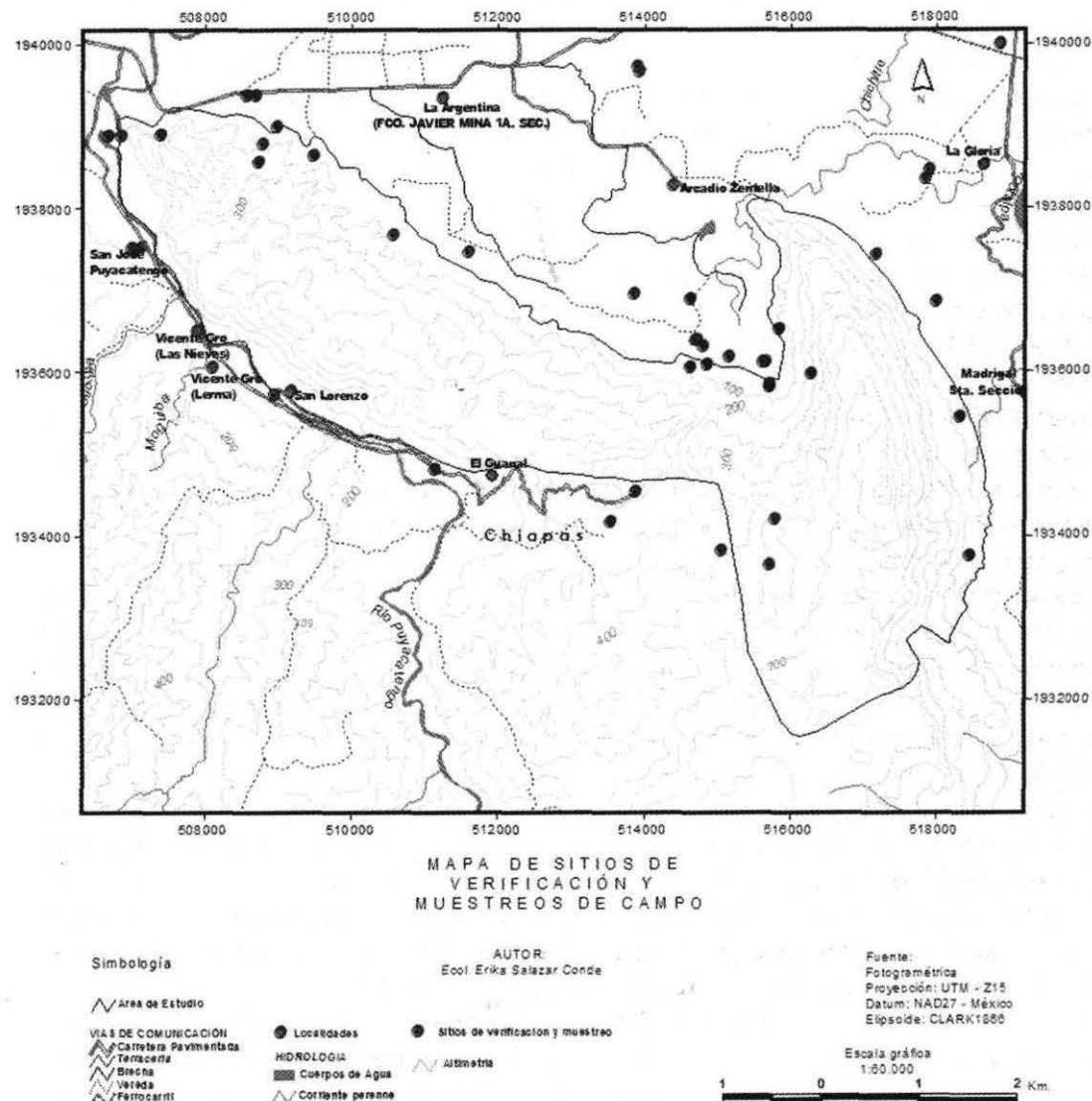


Figura 2. Sitios de verificación y muestreo de la vegetación en la Sierra Madrigal, Tabasco.

precisión posicional de los rasgos geográficos, así como en sus atributos. Los errores RMS variaron entre 0.80 a 2.25 m de precisión para cada uno de los mosaicos fotográficos.

Se elaboró un mapa de transformación global de la vegetación de 1973 y 2003 con el software de GIS Arc/Info. La evaluación de los cambios de la vegetación se hizo con los siguientes índices:

a) índice de velocidad de cambio de uso del suelo de FAO y PNUMA (Ortiz *et al.*, 1994):

$IU = (\% US \text{ del último año} - \% US \text{ del año anterior}) \times 100 / \text{Núm. años}$

% US del último año

donde:

IU = incremento del uso del suelo.

US = uso del suelo.

b) Tasa de deforestación (Mendoza y Dirzo, 1999; Dirzo y García, 1992):

$TD = 1 - (1 - (A1 - A2) / A1) \times 100$.

donde:

A1 = superficie del año anterior.

A2 = superficie del último año.

N = número de años del período de estudio.

Las propiedades de los suelos pH, MO, N, P y CIC, se caracterizaron con base en los criterios propuestos por Salgado *et al.* (1999), y los de CIC con base en Cottenie (1984). Los datos de los suelos se agruparon por tipo de uso del suelo y se hicieron comparaciones de medias (Tukey $a < 0.05$), usando el paquete estadístico SSP 10 para Windows 1999 (Darren y Mallory, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Vegetación y usos del suelo

Los tipos de vegetación y usos del suelo actuales de la Sierra Madrigal, se muestran en la Figura 3 y en el Cuadro 1. Se identificaron relictos de selva alta perennifolia de ramón (*Brosimum alicastrum*) y huapaque (*Dialium guianense*), vegetación secundaria, vegetación caldólica, pastizales, cultivos anuales y perennes, y asentamientos humanos.

El relicto de selva alta perennifolia de ramón y huapaque se localiza en forma de islas sobre laderas, mogotes y mesetas cársticas, en Leptosoles rendzicos y Uticos, entre los 50 y 700 msnm, cuyas pendientes varían de 15 a $> 45^\circ$. En el estrato alto, además del ramón y huapaque, sobresalen los árboles chicozapote (*Martillea zapata*), amate de montaña (*Ficus insipida*), tinco (*Vatairea lundellii*), molinillo (*Quararibea funebris*), y algunos árboles de zopo (*Guatteria anomala*). En el estrato bajo abundan la chapaya (*Astrocarium mexicanum*), guaya (*Chamaedorea* sp) y shate (*Chamedorea* sp). Arcadio Zentella es el ejido con más relictos de selva y éstos no rebasan las 107 ha y su mayor frecuencia es de 10 a 50 ha.

Otras especies típicas de la selva alta perennifolia son: *Alchornea latifolia*, *Alibertia edulis*, *Alseis yucatenensis*, *Amphitecna apiculata*, *Bactris baculifera*, *Bernolia flammeri*, *Blepharidium mexicanum*, *Calathea lutea*, *Casearia nitida*, *Chamaedorea ernesti augustii*, *Chamaedorea tepejilote*, *Chrysophyllum argenteum*, *Cordia alliodora*, *Crataeva tapia*, *Desmoncus chinantlensis*, *Faramea occidentalis*, *Geonoma magnifica*, *Guarea* sp., *Hibiscus esculentus*, *Leucaena collinsii*, *Lonchocarpus* sp., *Miconia trinervia*, *Poulsenia armata*, *Pouteria campe-*

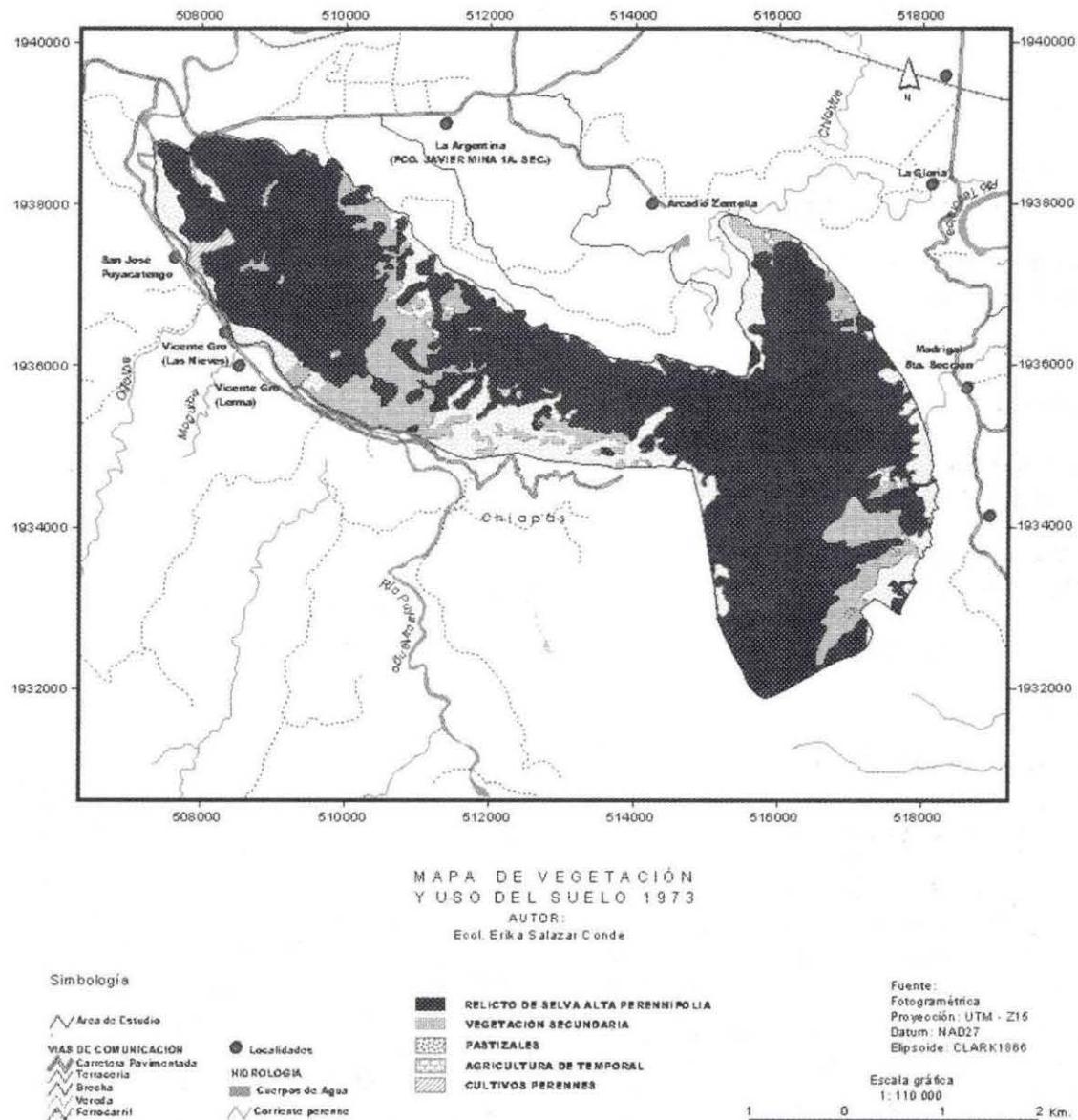


Figura 3. Vegetación y uso del suelo en la Sierra Madrigal, Tabasco, en 1973.

Cuadro 1. Vegetación y usos del suelo en la Sierra Madrigal en el período 1973-2003

Vegetación y uso del suelo	Superficie por año					
	1973		1984		2003	
	ha	%	ha	%	ha	%
Relicto de selva alta perennifolia	2 627.1	72.1	1 807.8	49.6	584.4	16.0
Vegetación secundaria	471.6	12.9	1 190.6	32.7	2 032.4	55.8
Vegetación calcdóla					22.5	0.6
Pastizal	503.6	13.8	616.1	16.9	885.0	24.3
Agricultura de temporal	24.7	0.7	27.3	0.7	59.1	1.6
Agricultura perenne	14.9	0.4			57.3	1.6
Asentamientos humanos					1.2	0.0
Total	3 641.9	100.0	3 641.9	100.0	3 641.9	100.0

chiana, *Pseudolmedia oxyphylaria*, *Pterocarpus rohrii*, *Reinhardtia gracilis*, *Rinorea guatemalensis*, *Spatiphyllum blandum*, *Spondias mombim* y *Sterculia mexicana* (López, 1989; López-Hernández, 1994).

La vegetación secundaria es aquella que crece después de la alteración de la selva alta perennifolia, debido a factores naturales y antrópicos. Los factores naturales se relacionan con la caída de árboles viejos y derribos en las laderas de la sierra que afectan pequeñas áreas, por lo que este impacto no tiene expresión cartográfica. Los factores antrópicos se asocian a las actividades agropecuarias, incendios forestales y a la tala selectiva de maderas. Para ampliar la frontera de pastizales y cultivos, los productores practican la técnica de rosa-tumba-quema de la selva, y después de algunos años abandonan las tierras debido al sobrepastoreo y disminución en los rendimientos de cultivos; posteriormente, se desarrolla la vegetación secundaria en tres estadios: herbácea, arbustiva y arbórea, cuya superficie, con respecto al total de este uso, es 5, 52 y 43%.

La vegetación secundaria herbácea es la primera fase de desarrollo y crecimiento de

hierbas de las familias gramínea, leguminosa y compuestas; tiene una edad de uno a tres años y una altura de 1 a 10 m. Las especies dominantes son: *Piper auritum*, *Homelia longipes*, *Phytolacca rivinoides*, *Pasiflora coriácea*, *Carica mexicana*, *Tectaria herculeifolia*, *Pteridium aquilinum*, *Acacia* sp, *Calliandra* sp y *Heliconia* sp.

En la vegetación secundaria arbustiva, las especies dominantes son arbustos o algunos árboles con edad de 4 a 10 años, cuya altura no sobrepasa los 15 m. Esta vegetación cubre la mayor parte de la sierra (30%) en laderas con pendiente de 15 a 45°, en Leptosoles rendzicos y líticos, en altitudes que van de los 50 hasta los 600 msnm. Las especies dominantes son chalogocho (*Urera caracasana*), palo mulato (*Bursera simaruba*) y *Louteridium mexicanum*.

La vegetación secundaria arbórea crece en los mismos ambientes que la selva y la vegetación secundaria herbácea y arbustiva. Los árboles tienen edades mayores a 11 años y alturas superiores a 20 m; destacan las especies mulato (*Bursera simarouba*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), jolotzin (*Helicocarpus donnell-smithii*), quebracho (*Cupania dentata*),

bojón (*Cordia alliodora*) y jobo (*Spondias mombin*).

La vegetación calcícola se desarrolla en escarpes de falla del cerro Tapijulapa, al este de la Sierra Madrigal, en Leptosoles líticos con pendientes de 45 a 90°, en altitudes que van de 600 a 1 000 msnm. Sobresalen especies del grupo de agavaceas como *Hechita*, palmeras (*Gausia gomez-pompae*), bromelias, algunas especies de begonias (*Begonia heracleifolia* y *B. punctata*) y gesneriáceas.

Los pastizales se desarrollan en ranchos ganaderos sobre los mejores suelos del área, en lomeríos que rodean la Sierra Madrigal, en llanuras aluviales de los ríos Puyacatengo y Madrigal, y en pequeñas áreas en las laderas cársticas, piedemontes y dolinas de la sierra. Las especies típicas de pastos cultivados e inducidos son gigante (*Pennisetum purpureum*), estrella de África (*Cynodon sp*) y remolino (*Paspalum notatum*). En estos pastizales es común encontrar especies relictas de las selvas alta y mediana perennifolia, como ramón, huapaque y canacoíte (*Bravaisia integerrima*), así como islas de vegetación secundaria arbórea con las especies matapalo (*Ficus sp*), majagua (*Hampea trilobata*), bojón (*Cordia alliodora*), amate (*Ficus sp*), jobo (*Spondias mombin*) y tocoí (*Coccoloba barbadensis*). Esta vegetación sirve para dar sombra al ganado. Los linderos de los ranchos ganaderos y las parcelas de ejidatarios, tradicionalmente se construyen con cercas vivas de cocoíte (*Gliciridia sepium*) y chipilcoíte (*Diphysa robinoides*).

La actividad agrícola de temporal anual consiste en el cultivo de maíz (*Zea mays L*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), en Fluvisoles y Leptosoles rénnicos. Los últimos suelos se ubican en laderas cársticas con pendiente de hasta 15° por lo que son susceptibles a la

erosión y no tienen vocación agrícola (Palma y Cisneros, 2000). El rendimiento del cultivo de maíz varía de 0.5 a 3.5 ton ha⁻¹, dependiendo del suelo, humedad y labores de cultivo; la producción se destina al autoconsumo. Para el establecimiento de la milpa de maíz y frijol, desde tiempos prehispánicos, los campesinos de la zona utilizan la técnica de roza-tumba-quema, en marzo y junio. La ceniza generada en la quema de la vegetación, incorpora nutrientes al suelo y mejora la producción de los cultivos. Pero, después de dos o tres años los rendimientos disminuyen y se abandonan las milpas. Luego se procede a la rosa-tumba-quema de nuevas áreas con vegetación secundaria o selva. Después de la quema, algunas especies sobreviven en la milpa, como cedro, ramón, bojón y chico zapote, las cuales se aprovechan para madera, construcción de viviendas, postes, leña y frutos.

Los cultivos perennes y semiperennes más importantes son cacao (*Theobroma cacao*) y plátano (*Musa sp*), sobre Fluvisoles en la orilla del río Puyacatengo, y Leptosoles rénnicos en dolinas y piedemontes. Las especies cocoíte (*Gliciridia sepium*) y chipilcoíte (*Diphysa robinoides*) se utilizan como árboles de sombra del cacao. El plátano es un cultivo que puede estar intercalado con el cacao y en los huertos familiares en los centros de población.

Plantaciones forestales de cedro, caoba, bojón, teca y hule (*Hevea brasiliensis*), se desarrollan en los Leptosoles rénnicos con pendiente < 15°, en superficies no mayores a las 20 ha. Las plantaciones de teca funcionan como barreras rompevientos en los ranchos ganaderos. Especies de otros países como la teca, melina, casuarina y eucalipto, se están introduciendo debido a su rápido crecimiento.

to, aunque pueden afectar la biodiversidad del área. El uso forestal con especies nativas, principalmente cedro, caoba y bojón, es una actividad que tiene potencial para su desarrollo en los Fluvisoles y Leptosoles con pendiente < 15°. Varios productores han intercalado estas especies con el cacao y plátano, con resultados prometedores.

Evaluación espacial y temporal de la vegetación y usos del suelo

La distribución espacial de los tipos de vegetación y usos del suelo en los años 1973, 1984 y 2003, se presentan en las Figuras 3, 4 y 5, y en el Cuadro 1. En el Cuadro 2 se muestran las tasas de cambio de vegetación y uso del suelo, de los mismos años. Se observa que la vegetación de selva alta perennifolia de ramón y huapaque, ocupó el 72.1% en 1973 y en el 2003 ocupa el 16%, lo que significa que en 30 años se perdió el 80% de su área. La mayor pérdida de esta vegetación (1 223 ha) ocurrió entre 1984 y 2003.

El índice de velocidad de cambio del uso del suelo de FAO y PNUMA (Ortiz *et al.*, 1994), en los períodos 1973-2003, 1973-1984 y 1984-2003, fue de -11.6, -4.1 y -11, respectivamente. Estos índices son superiores a los reportados para las selvas del estado de Tabasco (-4.6) en el período 1940-1996, y la zona norte de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla (-1.1) en el período 1984-1995. Aunque, varios campos petroleros de las llanuras aluviales de Tabasco han registrado cambios de uso del suelo más severos, con índices entre -13.1 y -26.2 (Zavala y Castillo, 2003; Zavala *et al.*, 2003).

La tasa de desforestación de la selva alta perennifolia, de acuerdo con Mendoza y Dirzo (1999) y Dirzo y García (1994), indica

que fue de 4 y 6 en los períodos 1973-1984 y 1984-2003, y 5 en el período 1973-2003. Estos índices indican que la selva de la Sierra Madrigal se destruye a un ritmo más acelerado en comparación con otras selvas del sur y sureste de México, como la Sierra de Los Tuxtlas (4.3%; Dirzo y García, 1992), la Selva Lacandona (de 1.7% a 2.1%; Mendoza y Dirzo, 1999), la Reserva de Calakmul (2%; Cortina *et al.*, 1999) y una zona comunal de Oaxaca (1.6%; Medellín, 2000).

Estos índices de cambio de uso del suelo indican que el ritmo de destrucción de la selva es muy severo y que se aceleró en los últimos 19 años, no obstante que la Sierra Madrigal es uno de los últimos relictos de la selva alta perennifolia en el estado de Tabasco y está protegida por decreto como reserva estatal. La degradación de esta selva ha seguido la misma tendencia de deterioro observada para el resto del estado de Tabasco (Tudela, 1990; Zavala y Castillo, 2003), y las zonas tropicales de México (Toledo, 1988; Toledo 1990), Centroamérica (Richters, 1995), Latinoamérica y la zona intertropical mundial (IRM *et al.*, 1993).

En cuanto a la vegetación secundaria, su área se incrementó 43% en 30 años, ya que pasó del 13% en 1973 al 56% en el 2003. El índice de velocidad de cambio de uso de FAO y PNUMA (Ortiz *et al.*, 1994) indica que el incremento de la vegetación secundaria fue de 2.8 en los primeros 11 años, y de 3.5 para los últimos 19 años. El incremento de esta vegetación se debe al deterioro creciente de la selva. En el período 1973-2003, mientras que la selva disminuyó 2 043 ha, la vegetación secundaria se incrementó en 1 560 ha. El cambio de uso del suelo representa un impacto irreversible en la biodiversidad y aunque la mayor parte de la sierra continúa

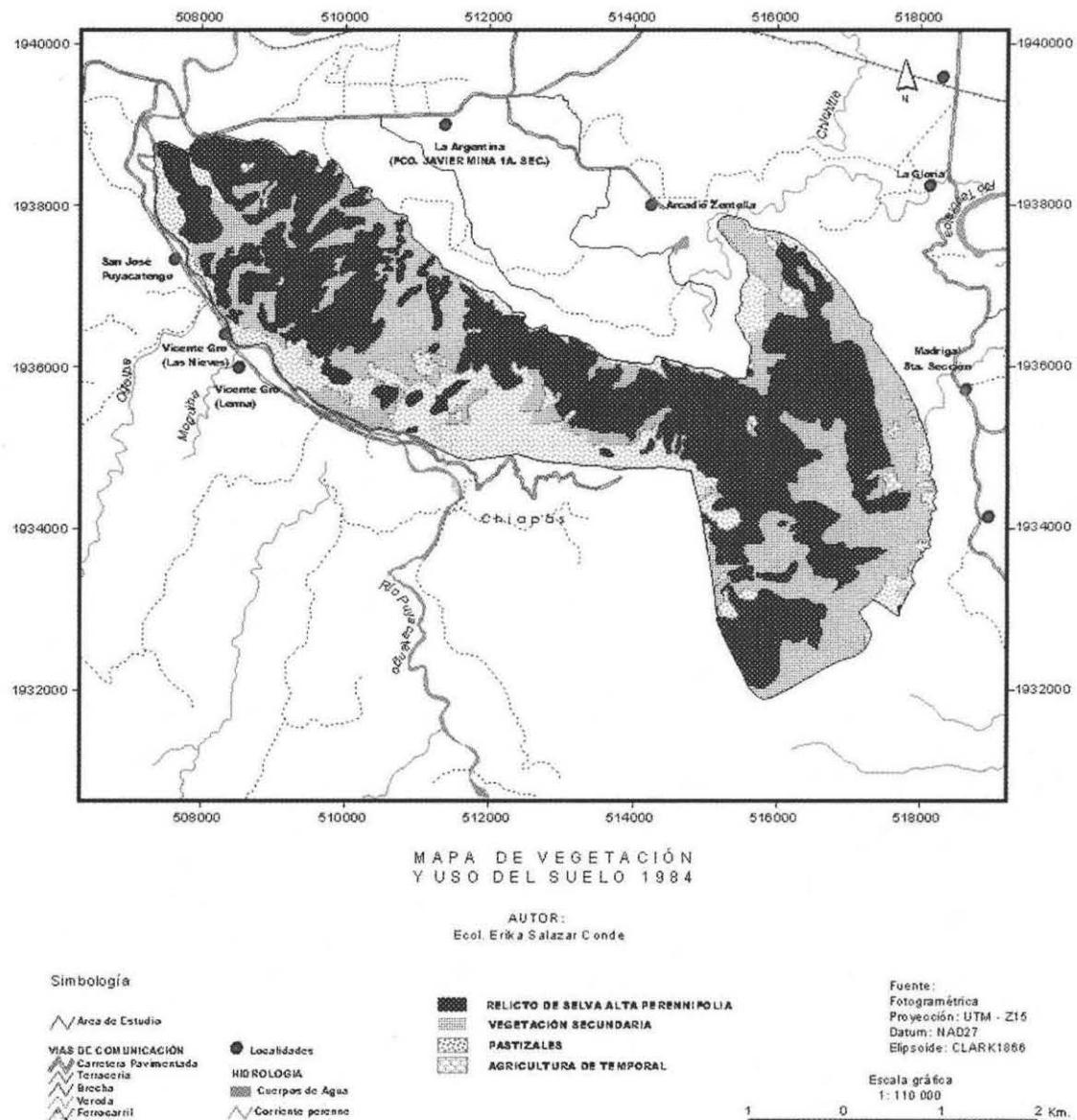


Figura 4. Vegetación y uso del suelo en la Sierra Madrigal, Tabasco, en 1984.

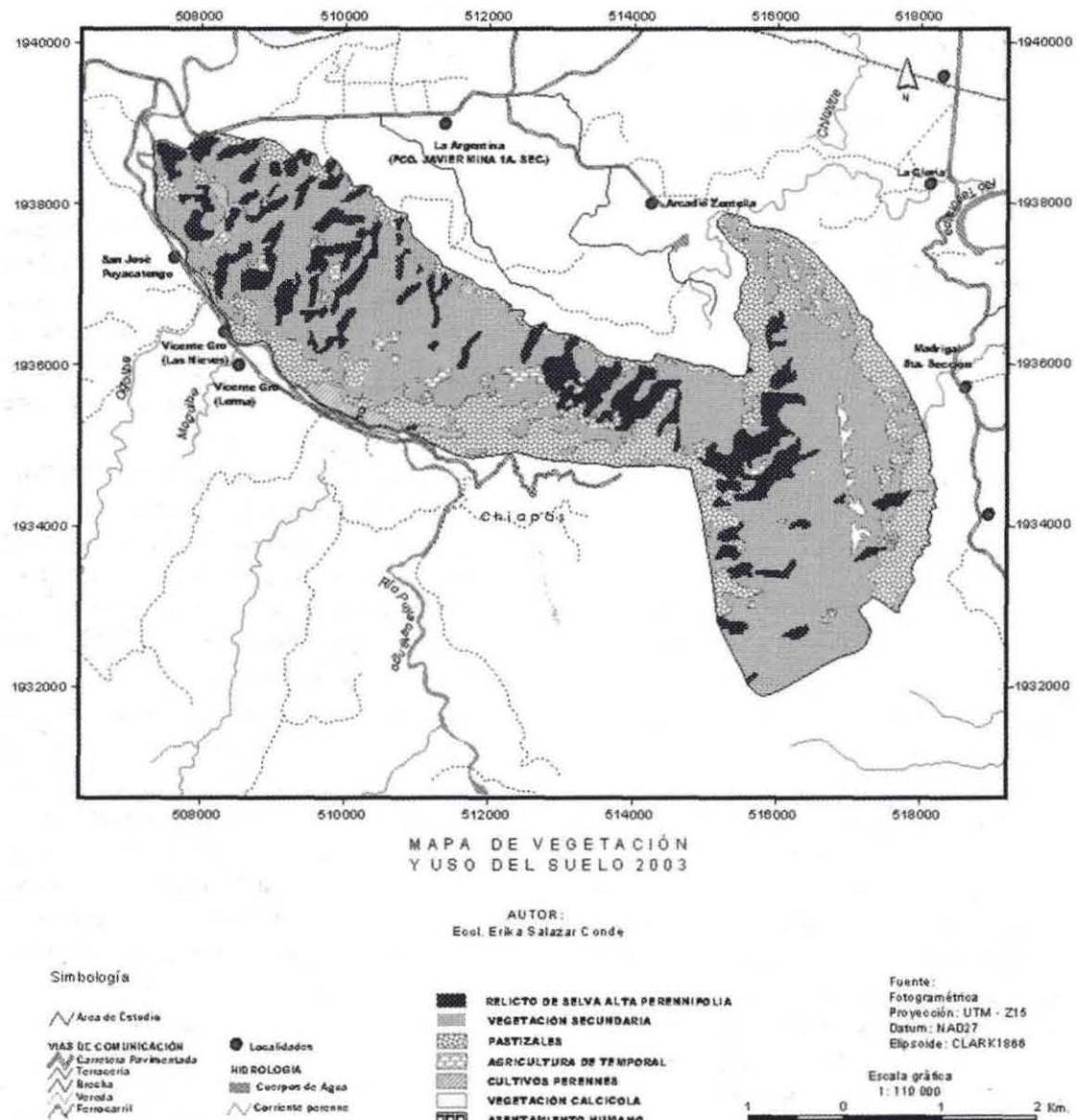


Figura 5. Vegetación y uso del suelo en la Sierra Madrigal, Tabasco, en el 2003.

Cuadro 2. Tasas de cambio de vegetación y uso del suelo en la Sierra Madrigal, en el período 1973-2003

Vegetación y uso del suelo	Tasa de cambio de vegetación y uso del suelo		
	FAO y PNUMA (1984) ¹		
	1973-2003	1973-1984	1984-2003
Relicto de selva alta perennifolia	-11.65	-4.12	-11.01
Vegetación secundaria	2.55	5.48	2.17
Pastizal	1.43	1.66	1.6
Agricultura de temporal	1.95	0.85	2.85
Agricultura perenne	1.14		

¹Fuente: Ortiz *et al.*, 1994.

cubierta con vegetación arbustiva o arbórea, las especies típicas de la selva desaparecen en la composición florística de la vegetación secundaria. En el estado de Tabasco, desde 1986, se ha observado un proceso similar de incremento de la vegetación secundaria, debido al deterioro de las selvas y al abandono de tierras de cultivos y pastizales (Zavala *et al.*, 2003).

Los pastizales cultivados se incrementaron del 13.8% en 1973 al 24% en el 2003, lo que representa un aumento de 381 ha. El índice de cambio de uso del suelo de FAO y PNUMA (Ortiz *et al.*, 1994) indica incremento de la superficie de pastizales, con valores de 5.5 y 2.2 en los períodos 1973-1984 y 1984-2003. Estos índices son superiores al reportado para el estado de Tabasco (0.9) y similar a las del campo petrolero Samaría (3.1) y los parques estatales La Sierra (2) y Agua Blanca (3); (Zavala y Castillo, 2003; Zavala *et al.*, 2003). El incremento de los pastizales para ganadería indica que este uso del suelo creció a un ritmo mayor al observado en el estado de Tabasco, en detrimento de las selvas, no obstante que los suelos de la Sierra Madrigal carecen de vocación pecuaria (Palma y Cisneros, 2000). El incremento de los pastizales se relaciona con el proceso

de ganaderización que ha experimentado esta entidad desde 1940, cuando se consideró que los trópicos tenían vocación agrícola y ganadera, y la selva se convirtió en un estorbo, teniendo este proceso un mayor impacto a partir de 1960 con la apertura de las vías de comunicación (Tudela, 1990).

La superficie ocupada por la agricultura de temporal y perenne sólo se incrementó del 1.1 al 3.2% en el período 1973-2003. Aunque la agricultura se localiza en pequeñas áreas, también influyó en la destrucción de la selva debido a la aplicación extensiva de la técnica de rosa-tumba-quema, sobre todo en áreas de cultivos anuales. Las quemas para labores agropecuarias están reglamentadas en la Norma 015 (NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997) que establece que sólo pueden efectuarse bajo permiso de la SAGARPA. Sin embargo, en la Sierra Madrigal se registran incendios forestales debido a las quemas agropecuarias, principalmente en los meses de marzo a junio.

Las tasas de cambio de uso del suelo en la Sierra Madrigal indican que en el período 1973-2003, la degradación de la selva se debió principalmente al incremento de áreas con vegetación secundaria y pastizales para la ganadería, y en segundo lugar por la agri-

cultura y la tala clandestina de árboles made- rables y recolecta de varias especies de plan- tas como se muestra en el Cuadro 3. La vegetación secundaria se incrementó 42.9% en 30 años, y esto se debió al impacto de incendios forestales y al saqueo de maderas de la selva. Estas actividades se relacionan con conflictos por la tenencia de la tierra, en- tre los ejidos y entre ejidatarios y ganaderos.

Por ejemplo, el ejido Arcadio Zentella, el más extenso de la Sierra Madrigal, ha sido invadido en cientos de hectáreas por pro- pietarios y otros ejidos. En este clima de in- certidumbre, los campesinos provocan accio- nes de deterioro de los recursos como quemadas intencionales de la vegetación, tala para milpas o pastizales, y saqueo de made- ras.

Los incendios forestales han sido la causa principal de disminución de la selva en la Sierra Madrigal y el incremento de la vegeta- ción secundaria, en los últimos 10 años. En la región de La Sierra, al sur del estado de Ta- basco, se reportaron 139 incendios forestales en el período de 1973-1998, con impacto en 41 201 ha de selvas, 316 especies de flora, 79 especies de mamíferos, 370 especies de aves, 742 especies de fauna y 20 especies amenazadas o en peligro de extinción (http://cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/deforestacion/cap_4.htm).

Posiblemente los incendios se extendieron a municipios vecinos a la Sierra Madrigal, en el estado de Chiapas, o se originaron en este estado, ya que fue una de las entidades más afectadas por incendios en 652 171 ha.

Efecto de los cambios de vegetación en los suelos

Las propiedades de los suelos de la sierra Madrigal mostrados en el Cuadro 4, indican

que en el estrato de 0 a 30 cm, el pH es moderadamente ácido; los contenidos de MO y N varían de altos en la selva a medios en la vegetación secundaria y pastizales. Los contenidos de P varían de bajos a medios en las áreas con vegetación y pastizales; los de CIC son altos en las áreas con vegetación y medios en los pastizales (Cuadro 4).

El contenido de MO no se modificó sig- nificativamente al cambiar de selva a vege- tación secundaria, pero disminuyó 1.7 veces al ser sustituida por pastizales. La conversión de selva a vegetación secundaria y pastizal, provocó disminución del contenido de N entre 1.5 y 1.4 veces (Cuadro 2). Estos resul- tados indican que la destrucción de la selva y su conversión a vegetación secundaria y pastizales degradó los suelos. Estos cambios en propiedades del suelo son similares a los cuantificados por Zavala y Castillo (2002) en selvas de la región Sierra de Tabasco, y confirman la tendencia de degradación de la MO y química en los suelos en el sureste de México (Ortiz *et al.*, 1994).

CONCLUSIONES

La selva alta perennifolia de ramón (*Brosi- mum alicastrum*) y huapaque (*Dialium guia- nense*) fue la más afectada en el período 1973- 2003, con una pérdida del 80% de su co- bertura. Gran parte de las selvas fue ocupada por la vegetación secundaria y el pastizal, que aumentaron 56 y 10% en el mismo pe- ríodo.

Las principales causas de la pérdida de selva son los incendios forestales que condu- jeron a la formación de vegetación secun- daria, y a la ampliación de los pastizales para la ganadería de bovinos.

La conversión de selvas a vegetación se- cundaria y pastizales provoca disminución

Cuadro 3. Especies de plantas aprovechables por ejidatarios de la Sierra Madrigal, Tabasco

Nombre común	Nombre científico	Familia
Bojón	Cordia alliodora	Boraginaceae
Caoba	Swietenia macrophylla	Meliaceae
Cedro	Cedrela odorata	Meliaceae
Guarumo	Cecropia obtusifolia	Moreaceae
Guaya	Cxhamaedorea	Areaceae
Huapaque	Dialium guianense	Leguminosae
Jobo	Spondias mombin	Anacardiaceae
Motusai	Phitodendrum radiatum	Araceae

Cuadro 4. Propiedades de suelos por tipo de vegetación en la Sierra Madrigal, Tabasco

Vegetación	Repeticiones	Propiedad del suelo				
		pH	MO	N	P	CIC
		Rel. 1:2.5	(%)	(%)	mg kg ⁻¹	Cmol kg ⁻¹
Selva alta perennifolia	4	6.5a	7.0a	0.36a	2.91a	22.8a
Vegetación secundaria	4	6.1a	4.5a	0.25b	2.27a	22.9a
Pastizal	4	6.3a	2.9b	0.21b	7.62a	17.4a

MO = Materia orgánica

P = Fósforo extractable

N = Nitrógeno total

CIC = Capacidad de intercambio catiónico

Las letras diferentes en cada columna de datos indican diferencia significativa de promedios al nivel 0.05.

de los contenidos de materia orgánica y nitrógeno, lo que indica degradación química de los suelos en la capa de 0 a 30 cm de profundidad.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT y SEMARNAT por su apoyo a través del convenio SEMARNAT-2002-CO1-0761.

REFERENCIAS

Aguilar, N. A. G. (1987), "Capacidad de intercambio catiónico", en Aguilar S., A., J. D. Etchevers B. y J. Z. Castellanos R., *Ánálisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial No. 1. Chapingo, México, pp. 93-107.

la fertilidad del suelo, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial No. 1. Chapingo, México, pp. 93-107.

Cajuste L., J. (1987), "El fósforo aprovechable en los suelos", en Aguilar S., A., J. D. Etchevers B. y J. Z. Castellanos R., *Ánálisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial No. 1. Chapingo, México, pp. 133-142.

Cardoso, D. M. (1979), *El clima de Chiapas y Tabasco*, UNAM, México.

Cortina, V. S., P. Macario e Y. Ogneva (1999), "Cambios de uso del suelo y deforestación en el

- sur de los estados de Campeche y Quintana Roo, México", *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 38, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 41-56.
- Cottenie, A. (1984), "Los análisis de suelos y de plantas como base para formular recomendaciones sobre fertilizantes", *Boletín de suelos* 38, FAO, Roma, Italia.
- Darren, G. y P. Mallory (2000), *SPSS for Windows step by step: a simple guide and reference, 10.0 update*, 3rd. Edition, SPSS, USA.
- Dirzo, R y M. C. García (1992), "Rates of deforestation in Los Tuxtlas a neotropical área in southeast México", *Conservación Biology* 6:84-90.
- FAO (1996), Forest Resources Assesment 1990. Survey of tropical forest cover and study of change processes, Number 130, Rome.
- García, E. (1973), *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kóppen*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- IRM, PNUMA y PNUD (1993), Recursos mundiales 1992-1993. Instituto de Recursos Mundiales, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Programa de las Naciones Unidas. Edición del Banco Interamericano de Desarrollo.
- Incendios forestales y deforestación en México: *Una perspectiva analítica*, http://www.cce.org.mx/cespedes/publicaciones/otras/deforestacion/cap_4.htm.
- INEGI (2001), *Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del Estado de Tabasco*, México.
- León, A. R. y A. Aguilar S. (1987), "Materia orgánica", en Aguilar S., A., J. D. Etchevers B. y J. Z. Castellanos R., *Ánalisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Publicación especial No. 1, Chapingo, México, pp. 85-91.
- López, M. R. (1994), *Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas*, Universidad Autónoma Chapingo, México.
- López-Hernández, E. S. (1994), *La vegetación y la flora de la sierra de Tabasco (municipios de Tacotalpa y Teapa)*, México, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Medellín, G. G. (2000), *La vegetación y sus tasas de deforestación en mia zona comunal chinanteca en Oaxaca, con apoyo de un sistema de información geográfica*, tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Mendoza, E. y R. Dirzo (1999), "Deforestation in lacandonia (southeast México): evidence for the declaration of the northern most tropical hot-spot", *Biodiversity and Conservation* 8:1621-1641.
- Miranda, F. y X. Hernández (1963), "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (28):29-72.
- Moolenaar, M. (1989a), "Single valued vector maps. A concept in geographic information systems", *GIS* (2):18-26.
- Moolenaar, M. (1989b), "Towards a geographic information theory", *ITC Journal* (1):5-11.
- Ortíz, S. M. de la L., M. Anaya G. y J. W. Estrada B. W. (1994), *Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra*, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma Chapingo, Comisión Nacional de las Zonas Áridas, Chapingo, México.
- Palma-López, D. J. y J. Cisneros D. (2000), *Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco*, vol. I, Fundación Produce Tabasco A. C, Villahermosa, Tabasco.
- Richters, E. J. (1995), *Manejo del uso de la Tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostensible del recurso tierra*, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica.

- Salazar, C. E. (2000), *Dinámica de uso del suelo en el Parque Estatal de la Sierra, Tabasco (1972-1995)*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Salgado G. S., D. J. Palma-López y J. Cisneros D. (1999), *Manual de procedimientos para el maestreo de suelos, plantas y aguas e interpretación en cultivos tropicales*, ISPROTAB-Gobierno del Estado de Tabasco y Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, Villahermosa, Tabasco.
- Toledo, V. M. (1988), "La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa", *Ciencia* 34:43-59.
- Toledo, V. M. (1990), "El proceso de ganaderización y la destrucción biológica y ecológica de México", en Leff, E. (coord.), *Medio Ambiente y Desarrollo en México*, CIIH-UNAM/M.A., Porrúa, México.
- Tudela, F. (1990), "Recursos naturales y sociedad en el trópico húmedo", en Leff, E. (coord.), *Medio ambiente y desarrollo en México*, vol. I, UNAM, México, pp. 149-182.
- Wendt, T. (1987), "Las selvas de Uxpanapa, Veracruz-Oaxaca, México: evidencia de refugios florísticos Cenozoicos", *Anales Inst. Biol. Serie Botánica*, núm. 58, UNAM, México, pp. 29-54.
- Zavala, C. J. y O. Castillo A. (2002), "Cambios de uso de la tierra en el estado de Tabasco", en Palma-López, D. J. y A. Triano S. (eds.), *Plan de uso sustentable de los suelos del Estado de Tabasco*, vol. II, ISPROTAB, Campus Tabasco, Colegio de Postgraduados, Villahermosa, Tabasco, pp. 38-56.
- Zavala, C. J. y O. Castillo A. (2003), "Uso del suelo y manejo en los cordones litorales de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, Tabasco", *Universidad y Ciencia*. 19 (37): 17-33.
- Zavala, C. J., R. Ramos R., O. Castillo A. y A. I. Ortiz C. (2003), "Cambio de usos del suelo", en Zavala C. J., C. Gutiérrez C. y D. J. Palma-López (eds.), *Impacto ambiental en las tierras del campo petrolero Samaría, Tabasco*, Campus Tabasco-Colegio de Postgraduados-CONACYT-CCYTET, Villahermosa, Tabasco, pp. 33-52.

FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y CARTOGRAFÍA

CETENAL (1973), Fotografías aéreas blanco y negro, escala 1: 50 000.

INEGI (1984), Fotografías aéreas blanco y negro, escala 1:75 000.

INEGI (2000), Fotografías aéreas blanco y negro, escala 1:75 000.

RAN (2000), Carta de catastro municipal de Tacotalpa y Teapa, Tabasco. Registro Agrario Nacional, escala 1:72 000.

Salazar (2000), Base Geográfica Digital de la Sierra de los Municipios de Teapa y Tacotalpa, escala 1:50 000.