

Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México

José Reyes Díaz Gallegos^{*}

Gerardo García Gil^{*}

Ofelia Castillo Acosta^{**}

Ignacio March Mifsut^{***}

Recibido: 12 de abril de 2000

Aceptado en versión final: 16 de junio de 2000

Resumen. A través de un análisis geográfico-histórico y de la utilización de un sistema de información geográfica (SIG), se evaluó la transformación de las selvas en el ejido La Guadalupe ubicado en la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), correspondiente al periodo 1970-1995. Se encontró que la superficie del ejido abarca 4 919 ha; de éstas, 59% se localiza en la zona núcleo sur y 32.5% en la zona de amortiguamiento. Se reconocieron tres tipos de selva, vegetación riparia y tres tipos de vegetación secundaria, así como cinco usos del suelo, que se distribuyen en tres unidades de paisaje: cañadas altas y planas y "bajal". La selva mediana subperennifolia ocupa la mayor extensión (1 846.5 ha) y le sigue la selva baja subperennifolia (1 484.5 ha). Se observó que la transformación de las selvas es reciente (menos de 15 años), ya que 1 244 ha corresponden a vegetación secundaria, de las cuales 617 tienen entre uno y dos años y 584 de siete a nueve años. En el ejido se practica una agricultura de subsistencia (225 ha) y un incipiente cultivo comercial de chile jalapeño.

La mayor transformación ocurre en la selva mediana, ya que perdió 1 244.3 ha de 1970 a 1995, es decir, la tasa de deforestación alcanza 5%; la selva alta desapareció. La selva baja está poco alterada, debido a las restricciones hídricas y edáficas que presenta para la actividad agrícola. Las áreas de selvas se transformaron en tierras agrícolas. El crecimiento demográfico (8.6%) es el principal factor que ha contribuido a la transformación de las selvas en el ejido.

Palabras clave: SIG, selvas, uso del suelo, deforestación, Calakmul.

Land-use and transformation of a tropical forest in an ejido at the Calakmul Biosphere's Reserve, Campeche, Mexico

Abstract. The transformation of the tropical forest in the La Guadalupe ejido (rural farming community) located at the Calakmul Biosphere's Reserve (CBR), was evaluated for the period between 1970 and 1995 using historical and geographical approaches as well as a Geographic Information System (GIS). The ejido comprised an area of 4 919 ha, 59% of which corresponds to the nuclear zone of the CBR, and 33% to the buffer zone. Three forest types, three types of secondary vegetation, riparian vegetation, and five land use types were recognised. These were distributed along three landscape units: steep slopes, flat slopes, and lowlands. The largest surface area was occupied by medium semi-evergreen forest (1 846.5 ha), followed by low semi-evergreen forest (1 484.5 ha). A recent transformation (within 15 years) of the primary forest in the ejido was observed, with 1 244 ha of secondary vegetation, 617 ha of which was between one to two years old, and 588 ha between seven and nine years old. Subsistence agriculture was practiced on 225 ha in the ejido, with an beginning farming of the jalapeño pepper.

The largest forest transformation occurred in the medium semi-evergreen forest type which has lost 1 244.3 ha from 1970 to 1995, at a deforestation rate of 5% per year. The tall forest type completely disappeared during this period. The forest cover was converted into agricultural land. The low forest was almost not affected due to the edaphic and hydrologic restrictions for agricultural use associated to it. Demographic growth (8.6%) has been the most important factor contributing to the transformation of forest cover in the ejido.

Key words: GIS, tropical rain forest, semi-evergreen forest, land-use, deforestation, Calakmul.

* El Colegio de la Frontera Sur-Unidad Chetumal, Zona Industrial No. 2 Carretera, Chetumal-Bacalar, Chetumal, Quintana Roo, C.P. 77000/Apdo. Postal 424. E-mail. ggarcia@ecosur-qroo.mx

** División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Km 0.5 Carretera Villahermosa-Cárdenas, Entronque a Bosque de Saloya, 86100 Villahermosa, Tabasco, Apdo. Postal 298, E-mail. nicte2@prodigy.net.mx

*** Programa Chiapas, Conservation International, México A. C., Boulevard Comitán N-191, Col. Moctezuma, 29030 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, E-mail. ijmarch@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

El estado de Campeche, y en particular la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC), mantienen diversas comunidades tropicales, entre las que sobresalen la selva baja caducifolia y subperennifolia, la selva mediana subcaducifolia y subperennifolia, la selva alta subperennifolia y diversas asociaciones de hidrófitas. Esta variedad en la vegetación y el flujo genético, por su ubicación biogeográfica, favorece el desarrollo y establecimiento de flora y fauna con elevada biodiversidad y endemismos. Asimismo, se considera a la RBC como una de las superficies de conservación más importantes al estar catalogada como la reserva con mayor extensión de selvas tropicales en toda la República Mexicana (García Gil *et al.*, 1999). Además, constituye un reservorio importante de vestigios y monumentos arqueológicos de lo que fue uno de los centros de mayor desarrollo de la civilización maya en el clásico temprano y tardío del Petén y Mesoamérica (Folan, 1992; Carrasco, 1997).

Sin embargo, esta importante zona de conservación ha sufrido un constante y rápido proceso de colonización humana en las últimas tres décadas, con el consiguiente registro de migraciones de más de mil personas al año (García Gil, 1993; Pino, 1997); los nuevos asentamientos humanos rurales tienen su origen en diferentes estados de la República, lo que implica nuevas formas culturales y tecnológicas en el uso y manejo de los recursos naturales, que repercuten finalmente en la conversión y alteración de las selvas en diversas magnitudes (Galindo, 1998; Weber, 1998).

Considerando lo anterior y la falta de información respecto a la transformación de las selvas en la RBC, se planteó esta investigación con la finalidad de contribuir al entendimiento de los cambios en el uso del suelo y la transformación de selvas en el ejido La Guadalupe; los objetivos fueron determinar las condicionantes socioeconómicas del cambio de uso del suelo y evaluar la velocidad y las tendencias de la transformación de las selvas en el ejido entre 1970 y 1995.

MÉTODOS

Descripción del área en estudio

El estudio se realizó en el ejido La Guadalupe, que se localiza en el interior de la RBC. El ejido se encuentra entre las coordenadas 89°28'29" y 89°29'25" de longitud oeste y entre los 18°17'16" y 18°21'30" de latitud norte (Figura 1). Se estableció de forma irregular en 1980, la resolución presidencial la obtuvo en diciembre de 1986 y fue ejecutada el 10 de marzo de 1987; la superficie decretada es de 4 271 ha (García Gil, 1993). Su población presenta una composición mixta, con un total de 81 ejidatarios que provienen principalmente de Tabasco, Veracruz y Chiapas. Se trata de un ejido que tipifica los procesos de cambios de uso del suelo y transformación de selvas en la RBC.

De acuerdo con INEGI (1982), el clima que predomina en la Reserva es cálido subhúmedo con lluvias de verano, la precipitación promedio anual es de 1 141.6 mm, la precipitación más alta se registra en octubre (344 mm) y la menor, en mayo (50 mm). El promedio anual de temperatura es de 25°C, registra en mayo una máxima de 35 y una mínima de 16°C en enero. La altitud en el ejido fluctúa de 250 a 340 msnm, lo que representa un relieve heterogéneo de lomeríos suaves con mesetas niveladas y zonas altas con pendientes que varían de 1 hasta 25%. La hidrología superficial está conformada por el arroyo El Chorro y escorrentimientos tributarios abundantes en la época de lluvias, que provocan fuertes encharcamientos en las zonas bajas (García Gil *et al.*, 1999 y 2000).

Marco socioeconómico

Se elaboró con base en la información obtenida a partir de una encuesta efectuada a 15 ejidatarios, con preguntas estructuradas y semi-estructuradas. Aunado a lo anterior, se levantaron un censo de población y otro agrícola; la codificación de las preguntas y el censo se procesaron en el software *Statistical program Science social* (SPSS. 8.0). La estructura de edades -clases quinqueniales- y las tasas

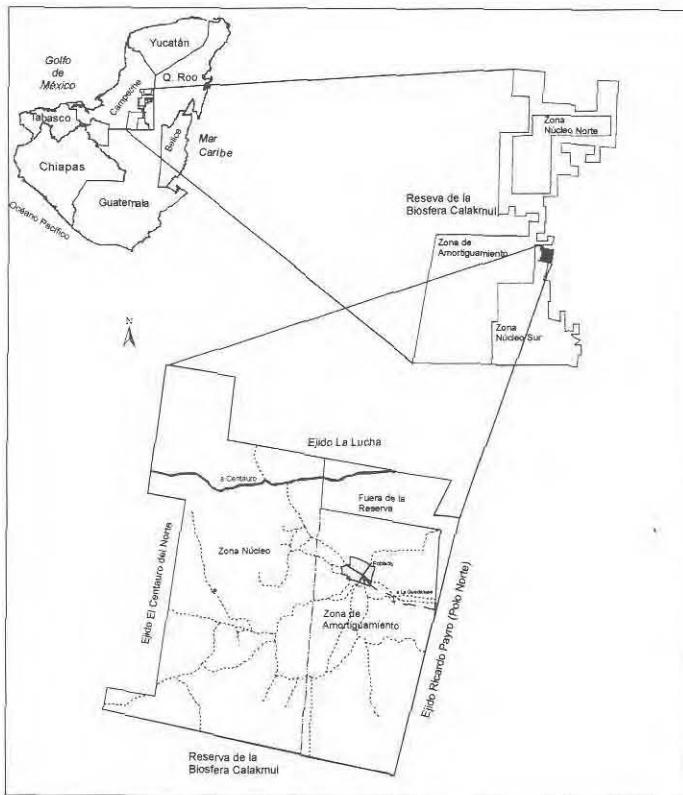


Figura 1. Localización geográfica del ejido La Guadalupe en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

de crecimiento anual de la población, se calcularon siguiendo los criterios del INEGI (1991).

Se analizó la correlación entre el tamaño de la familia (número de personas) y la superficie total de cultivo –maíz-chihua, chile, frijol y arroz– y en forma separada, por su importancia, con los cultivos de maíz-chihua y chile; como variable independiente se utilizó la unidad familiar.

Evaluación de la transformación espacio-temporal de las selvas

Esta evaluación consistió en la interpretación de fotografías aéreas en color correspondientes a 1995 en escala 1:20 000, que cubren la superficie del ejido; las fotos se interpretaron mediante el uso de estereoscopios de campo y espejos, con base en los criterios de Carroll *et al.* (1977) y Guerra (1980). El resultado de la

fotointerpretación se digitalizó en el programa ARC/INFO. A fin de eliminar la distorsión de las fotos aéreas y referenciarlas en un sistema de proyección cartográfica, se aplicó la reseción fotogramétrica utilizando el programa *PhotoGis*.

La generación del mapa de uso del suelo y tipos de vegetación de 1995 se respaldó con recorridos de campo que incluyeron: la verificación de sitios seleccionados en gabinete; la obtención de puntos de control necesarios para corregir las fotos aéreas; la georreferenciación de los sitios de muestreo de los tipos de vegetación; para conocer la estructura –con énfasis en la estructura vertical– y la composición de especies arbóreas y arbustivas, se seleccionaron cinco sitios de muestreo, cada uno de 0.1 ha ($1\ 000\ m^2$; Gentry, 1988), que corresponden a la selva mediana y baja sub-

perennifolia –que no presentaran tocones u otro indicador de alteración en los últimos 20 años–, y a tres tipos de vegetación secundaria con diferente edad. En cada sitio se establecieron diez transectos de 50 x 2 m, en posición paralela, con dirección norte-sur y separados entre sí a 20 m. En estos segmentos se censaron todos los árboles y arbustos con diámetro a la altura de 1.3 m ≥ 2.5 cm, aunado a estos datos, medidos con un estadal de madera graduado cada metro. En forma simultánea, se colectó el material botánico, por triplicado, correspondiente a cada especie muestrada. El material botánico fue procesado y conservado considerando los criterios de Lot y Chiang (1986). La determinación de las especies en campo se realizó con apoyo en los manuales de Pennington y Sarukhán (1968) y Niembro (1990); la determinación de los especímenes desconocidos y la corroboración de las especies identificadas en campo se llevó a cabo en el herbario del Ecosur, unidad Chetumal. El material se depositó en el mismo herbario. Las comunidades vegetales se definieron a través de índices de densidad absoluta y relativa, frecuencia absoluta y relativa, dominancia absoluta y relativa y el valor de importancia de cada especie, de acuerdo con Mueller-Dombois y Ellemburg (1974) y Cox (1980); se calcularon los índices de diversidad de Shannon-Weiner y similitud florística de Sorensen; asimismo, se actualizó la cartografía de las terracerías, callejones y brechas que conducen a las zonas de labor de los productores, para lo que se utilizó un posicionador geográfico GPS (*Global Positioning System*).

Los puntos de control se seleccionaron al analizar las características presentes en las cartas topográficas y las fotografías aéreas: cruce de caminos, brechas, escurrimientos, entre otros. Se efectuó la corrección diferencial de las lecturas del GPS, para eliminar la disponibilidad selectiva, con el programa *Pathfinder* 2.0.

A fin de conocer los cambios registrados en la superficie de las selvas en el ejido correspondientes al período de análisis, se digitalizó la carta E16A72 del Inventario Nacional Fores-

tal de la SARH en escala 1:50 000 (1970). Las tasas de deforestación por tipo de selva se calcularon con la fórmula propuesta por Dirzo y García (1991).

Con el objeto de conocer si la transformación de las selvas tiene relación con la altitud, la pendiente y la distancia a la que se encuentren del poblado La Guadalupe (no se consideró a las vías de comunicación porque el patrón de transformación es geomorfológico), se elaboró una cobertura de clases altimétricas (250-270, 270-290, 290-310 y >310 m, respectivamente) y otra de diferentes proximidades al poblado; las clases fueron (0-1.2, 1.2-2.1, 2.1-3.2, 3.2-4.1 y > 4.1 km, respectivamente), en ambas se sobrepuso la cobertura de uso del suelo y tipos de vegetación de 1995. Para su análisis, las coberturas se convirtieron a formato *raster*, reticulado, en unidades de 3 x 3 m; la sobreposición se hizo mediante el *Spatial Analyst* del programa *ArcView* 3.1.

Se correlacionaron entre sí los rangos de distancia, la superficie perturbada y la de selva mediana; se empleó como variable independiente la distancia al poblado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Marco socioeconómico del ejido La Guadalupe en la RBC

La población del ejido ha presentado un elevado crecimiento en los últimos años; en 1990 se reportaron 217 habitantes (INEGI, 1991) y en 1999, 324, lo cual indica que hubo un incremento de 107 personas (47%) en nueve años; esto representa una tasa de crecimiento anual de la población de 8.6%, más alta que la correspondiente a 70% de las comunidades ejidales de la región de Calakmul (Ericson *et al.*, 1999), e incluso mayor a la del estado de Campeche (3%), según el INEGI (1991).

En el censo de población realizado, se registró una estructura poblacional conformada por 172 mujeres (53.2%), de las cuales 33 están en edad reproductiva; los hombres suman 152 individuos (46.8%). Ambos se albergan en

58 familias con un promedio de cinco personas cada una (mín.=1, máx.=12, $\bar{x}=5$ Ds.=1.3, n=58); de esta forma, se considera que la población del ejido está formada por unidades familiares numerosas. En la Figura 2 se aprecia la pirámide de edades característica de las zonas rurales de México, con mayor proporción de individuos jóvenes (70%) en relación con la población adulta (30%). Se observa una disminución en el rango de 0 a 4 años, decremento que puede estar influido por una reciente emigración de varias familias en 1997, debido a conflictos sociales internos en el ejido.

Con base en el modelo estadístico de correlación para determinar el efecto del crecimiento de la población con respecto al espacio geográfico que demanda cada unidad familiar, se encontró un coeficiente de correlación alto ($r^2=0.72$ p<0.01); este valor de asociación indica que entre mayor es el número de individuos de la unidad familiar, mayor será la demanda de alimentos; por tanto, está condicionada a exigir un mayor espacio agrícola para su subsistencia (Figura 3).

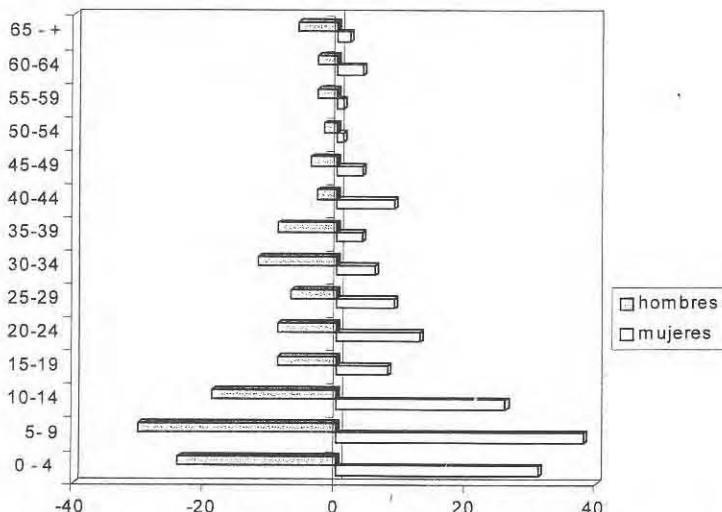


Figura 2. Distribución de la población por clases de edades, en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

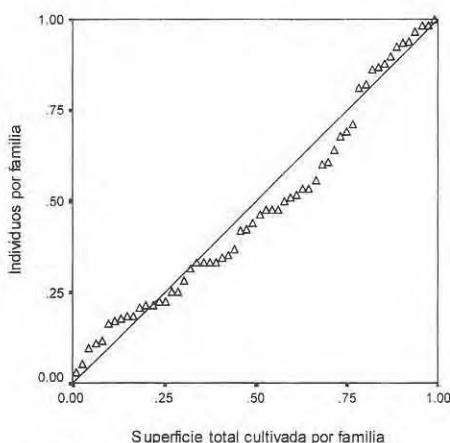


Figura 3. Relación entre el número de personas por familia y la superficie cultivada por familia ($R^2=0.74$ p<0.01), en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

Al efectuar el mismo análisis, separando los cultivos más importantes (maíz-chihua y chile), se encontró que el policultivo maíz-chihua es el que presenta una mayor asociación con el tamaño de la unidad familiar ($r^2=0.59$ $p<0.01$); así, la superficie sembrada de este policultivo se comportó de la siguiente manera (total=189 ha, min.=1 ha, max.=7 ha, $x=3.3$ ha, $Ds=1.4$, $n=58$). El monocultivo de chile jalapeño registró un bajo valor de asociación ($r^2=0.29$ $p<0.01$), lo que muestra que es un cultivo comercial, que no depende del tamaño de la unidad familiar, sino más bien, obedece a un estrato económico, ya que es un monocultivo que demanda una inversión mayor para su mantenimiento, debido al uso de agroquímicos y a la cantidad de mano de obra -jornales- requerida. La superficie de este monocultivo fluctuó de la siguiente forma (total=73.8 ha, min.=0.25 ha, max.=3 ha, $x=1.3$ ha, $Ds=0.71$, $n=58$).

Lo anterior muestra que el proceso social determinante en la ocupación del espacio geográfico es el crecimiento de la población y está expresado principalmente por una reciente agricultura de subsistencia, en forma extensiva del cultivo de maíz y, en segundo término, del monocultivo de chile jalapeño. Estas actividades, se han incrementado e intensificado en los últimos cinco años, como resultado de los apoyos crediticios del programa Procampo, iniciado en 1994. Este proceso de transformación por crecimiento poblacional lo reportan Sohn *et al.* (1999) para el norte de Yucatán.

Distribución del uso del suelo y tipos de vegetación en el ejido

De acuerdo con los métodos utilizados en este trabajo, el ejido La Guadalupe ocupa una superficie de 4 919 ha, mayor a la referida en su decreto (4 271 ha). Ésta se distribuye en la reserva como sigue: 59% (2 891.3 ha) se localiza en la zona núcleo sur, 32.5% (1 621.1 ha) en zona de amortiguamiento y 8.5% (406.6 ha) se ubica fuera de los límites de la reserva (Figura 1).

Los productores identifican tres tipos de paisaje: la cañada alta, la cañada plana y el "bajial".

La cañada alta tiene pendientes mayores de 10% y se ubica principalmente en altitudes superiores a 290 m. La cañada "plana" se localiza en sitios con pendientes menores de 5% y se ubica de 270 a 310 m, respectivamente. El "bajial" es plano y se localiza entre los 250 y 290 m, tiene pendientes menores de 2% y corresponde a pequeñas zonas de depresión, con elevado proceso de depositación y gleización; esto provoca anegamientos en la época de lluvias e imprime a la selva baja características paisajísticas únicas.

En el mapa de uso del suelo y tipos de vegetación de 1995, se consideraron: la selva alta, la selva mediana subperennifolia, la selva baja subperennifolia, la vegetación riparia, tres tipos de vegetación secundaria y cinco usos del suelo (Figura 4). La mayor superficie corresponde a la selva mediana (37.5%) a la que le sigue la selva baja (30.2%).

Se clasificaron 1 244 ha (24.3%) ocupadas por vegetación secundaria; de ellas, 617 ha tienen menos de dos años y 588 ha entre siete y nueve. Esta alta perturbación se explica por la tradicional rotación de parcelas conocida como roza-tumba-quema, roza-quema y roza-siembra, que efectúan los productores en el ejido. Se reconocieron 225 ha (4.5%) destinados a cultivos anuales –maíz-chihua, chile, frijol, arroz, calabaza, sandía– y 9.5 ha a pastizales (Figura 5), los cuales incrementaron a 34 ha en 1999, de acuerdo con el censo.

Los resultados de la estructura y composición arbórea de la selva mediana y baja subperennifolia, así como de los tres tipos de vegetación secundaria, muestran que existe una elevada diversidad de árboles y arbustos, ya que se determinaron 147 especies, distribuidas en 115 géneros y 45 familias botánicas.

De acuerdo con Lundell (1934) y Miranda (1958), la selva alta subperennifolia que existió en el ejido, tenía un estrato arbóreo de más de 30 m, dominado por *Aspidosperma megalocarpon*, *Brosimum alicastrum*, *Pouteria campechiana*, *Licania platypus*, *Swietenia macrophylla*, *Manilkara zapota*, *Alchornea*

latifolia, *Dendropanax arboreus*, y *Tabebuia chrysantha*, pero en la actualidad, únicamente quedan árboles relictos de esta comunidad vegetal en el ejido.

La selva mediana subperennífolia está dominada por los siguientes árboles: chicle (*M. zapota*), *Pouteria reticulata*, *Nectandra salicifolia*, *Brosimum alicastrum*, *Eugenia sp.*, *Piper sp.*, *Drypetes lateriflora* y *Coccoloba acapulcensis*. En esta comunidad vegetal se registraron un total de 63 especies de árboles, distribuidas en 907 individuos. Sin embargo, con base en los resultados obtenidos, se denota que en la actualidad aún existe una alteración constante de la estructura y composición de la selva mediana debido a los siguientes factores: extracción selectiva de árboles de madera fina, como caoba (*S. macrophylla*) y cedro (*Cedrela odorata*), y de otras especies como el chicle (*M. zapota*), amapola (*Pseudobombax ellipticum*), chaca rojo (*Bursera simaruba*), ciricote (*Cordia dodecandra*), pukte (*Bucida buceras*), jobillo (*Astronium graveolens*), guayacán (*Tabebuia chrysantha*), entre otras especies maderables.

Por otra parte, la extracción de recursos no maderables, como la pimienta (*Pimenta dioica*), la guaya (*Talisia olivaeformis*) y, en menor escala, el látex del árbol del chicle (*M. zapota*), contribuyen a la alteración de la estructura de la selva mediana en forma importante. En la extracción de guaya y pimienta, los árboles son derribados completamente. Estos recursos son extraídos estacionalmente como una fuente económica complementaria. Además, existe cacería de fauna silvestre, misma que también repercute en la alteración de la dinámica y reclutamiento de individuos de las especies arbóreas, principalmente de las selvas.

Esta "defaunación" le impide a muchos árboles el potencial de propagación y germinación de sus semillas. Todo ello contribuye a que presente especies características de la vegetación secundaria como componentes de su estructura y composición florística, como son: *Eugenia sp.*, *Lonchocarpus xuul*, *Lonchocarpus yucatanensis* y *Croton aff. arboreus*, lo cual coincide con lo reportado por Miranda (1958).

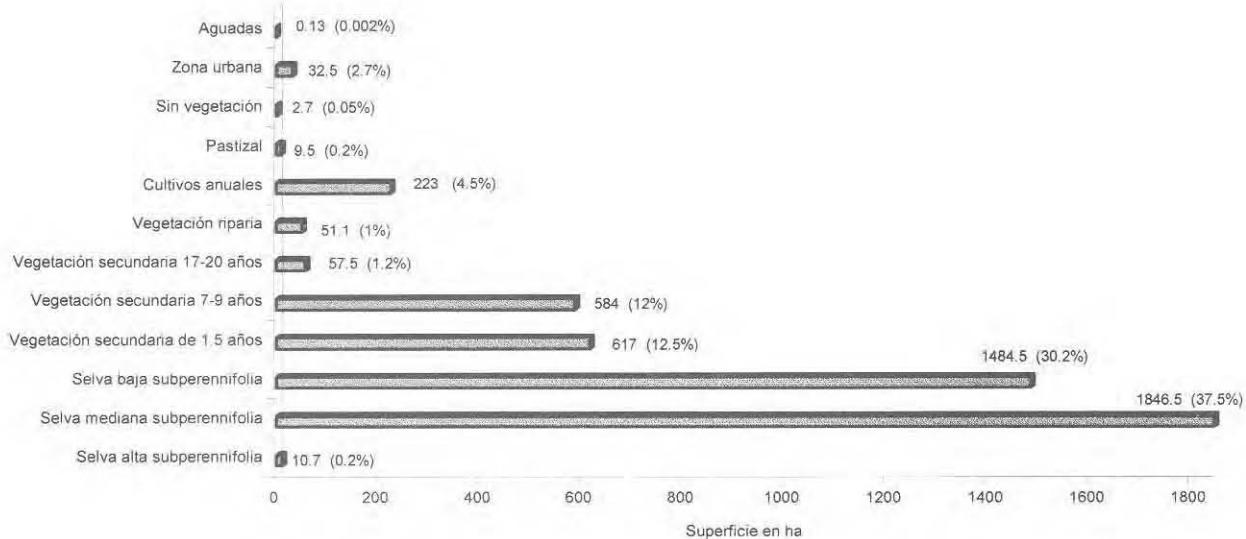


Figura 5. Uso del suelo y tipos de vegetación en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, 1995.

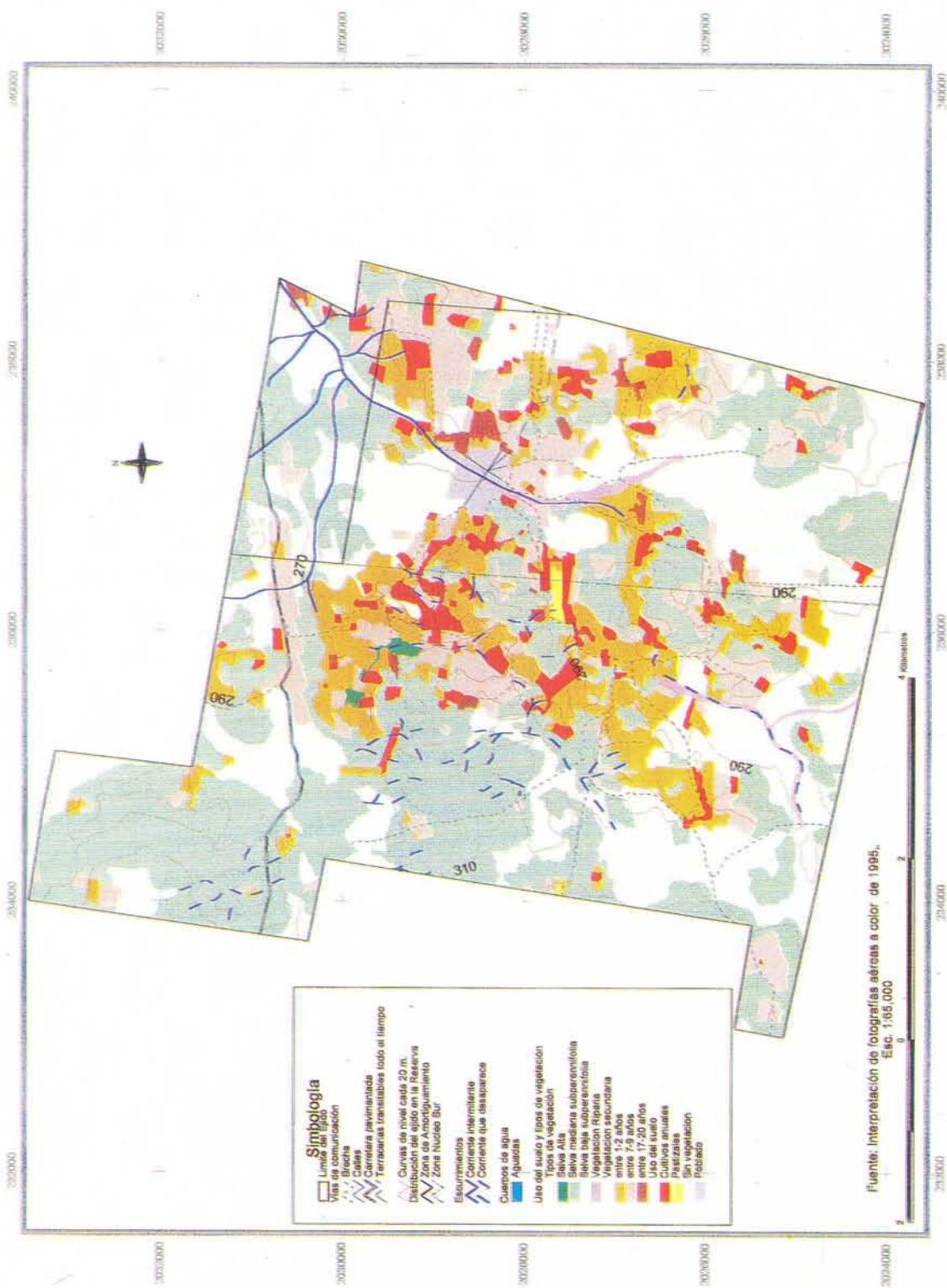


Figura 4. Uso del suelo y tipos de vegetación en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, 1995.

Es por ello que la mayor similitud florística se presenta entre la selva mediana y la vegetación secundaria de 17 a 20 años, con 61% y compartiendo 40 especies. Entre los árboles compartidos sobresalen: *L. xuul*, *L. yucatanensis*, *L. rugosus*, *Neomillspaughia emarginata*, *Machaonia lindeniana*, *C. aff. arboreus*, *Parathesis cubana*, *Bursera simaruba* y *Thouinia paucidentata*, entre otras. Estas especies tienen una abundancia representativa al interior de la selva mediana.

La vegetación secundaria de 17 a 20 años, derivada de la selva mediana, está representada por 69 especies repartidas en 1 564 individuos; sobresalen por su importancia ecológica las siguientes especies: *Lonchocarpus yucatanensis*, *Croton aff. arboreus*, *L. xuul*, *Lysiloma latisiliqua*, *Croton icche*, *N. salicifolia*, *Thevetia gaumeri*, *Caesalpinia mollis* y *B. simaruba*; se aprecia una elevada abundancia de especies de la familia Fabaceae en esta comunidad.

Según Miranda (1958), en la selva destruida para fines agrícolas se establece la vegetación secundaria dominada por *Cecropia peltata* y *Guettarda combsii*. Esto coincide con los resultados de la estructura y composición de la vegetación secundaria de siete a nueve años de edad; además, se establecen las siguientes especies: *C. aff. arboreus*, *Trema micrantha*, *Eupatorium sp.*, *L. xuul*, *Hamelia trilobata*, *Thevetia gaumeri* y *Bursera simaruba*. Asimismo, en esta comunidad se determinaron 57 especies y 1 571 individuos. Igualmente, en las primeras etapas del desarrollo de la vegetación secundaria, Miranda (1958) reporta que se establece vegetación en forma de matorrales espinosos dominado por *Acacia gaumeri* y *Mimosa lindeniana* y en una etapa de desarrollo más maduro se establece *Pscida piscipula* y *Caesalpinea sp.*. Sin embargo, los resultados del muestreo efectuado para la vegetación secundaria cuya edad varía de uno a dos años señalan el dominio de *Carica papaya*, *Solanum sp.*, *C. aff. arboreus*, *T. micrantha*, *B. simaruba*, *L. yucatanensis* y *T. Gaumeri*. Estas especies están reportadas como características de vegetación secundaria.

La selva baja subperennifolia está dominada por la siguientes especies: *Myrciaria floribunda*, *Haematoxylum campechianum*, *Croton icche*, *Ateleia cubensis*, *Gymnopodium floribundum*, *Erytroxylum rotundifolium*, *Metopium brownei* y *Rouchefortia sp.* Cabe señalar que esta comunidad vegetal tiene poca alteración en su estructura y composición arbórea, ya que tiene la mayor abundancia y frecuencia de individuos, entre los que sobresalen: *M. floribunda*, *C. icche*, *E. rotundifolium*, *G. floribundum*, *Coccoloba Reflexiflora*, *Lonchocarpus xuul* y *Coccoloba cosumelensis*. Lo anterior indica que estas especies, con valores de importancia elevados, presentan un buen proceso de reclutamiento y sobrevivencia de individuos en los diferentes estadios de su ciclo de vida.

La poca alteración de la estructura y composición florística de esta comunidad vegetal se debe a que tiene limitantes hídricas (inundación estacional) y edáficas (suelos arcillosos y poco fértils), lo que no permite el buen establecimiento de los principales cultivos que practican los productores del ejido (Díaz *et al.*, 2000).

Distribución del uso del suelo y tipos de vegetación por rangos hipsométricos

Al analizar los patrones de distribución del uso del suelo y tipos de vegetación de 1995, se aprecia que la selva mediana predomina en superficie en los rangos altimétricos mayores. De esta manera, el 42% (777 ha) de esta selva se establece en el rango de 290-310 m, el 34% (630.2 ha) en el de 270-290 m y el 16% (296.5 ha) se ubica en el rango mayor de 310 m (Figura 6).

La vegetación secundaria de siete a nueve años ocupa 326.9 ha en el rango de 270 a 290 m y 160.6 ha en el rango de 290 a 310 m; de igual forma se distribuye la vegetación secundaria de uno a dos años con 350 y 208.9 ha, respectivamente. La selva baja se establece con 970 ha (63.5%) en el rango de 270-290 m y 386.5 ha (26%) en el rango de 290-310 m (Figura 6).

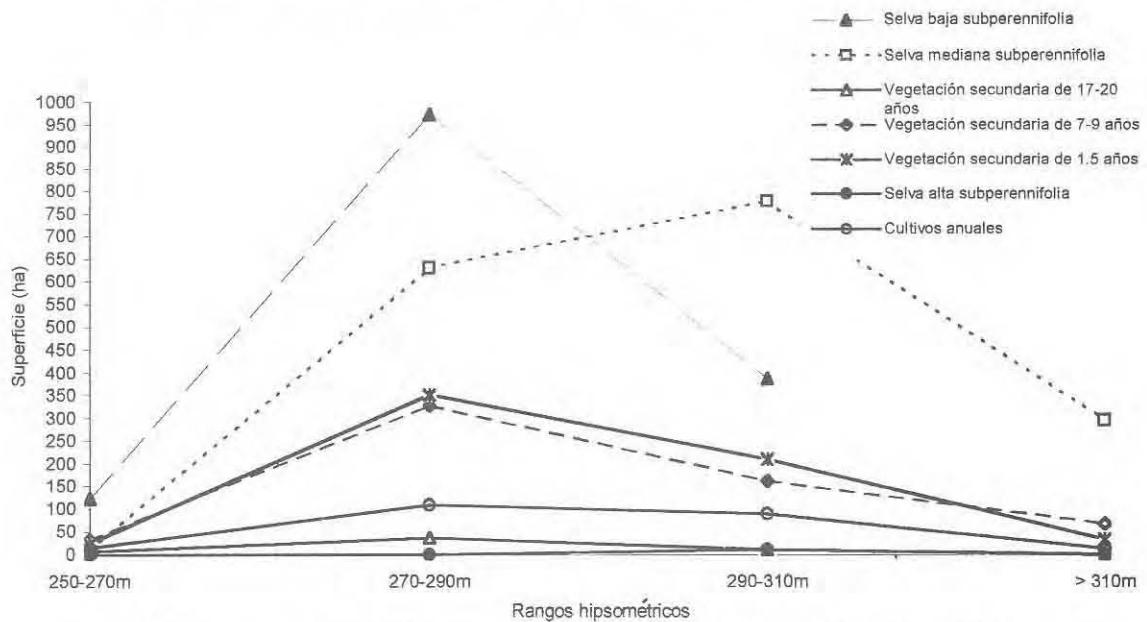


Figura 6. Distribución del uso del suelo y tipos de vegetación por rangos hipsométricos en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

De esta forma, se aprecia que la transformación de la selva mediana se presenta en todos los niveles altimétricos; pero se acentúa en 822 ha en el rango de 270-290 m, que corresponde a la zona de la cañada plana. Lo anterior tiene una lógica productiva para los ejidatarios, ya que en esta zona se encuentran los suelos profundos, fértiles, con menor pendiente y, en consecuencia, con menor riesgo de erodabilidad.

Transformación de las selvas en el período de 1970-1995

En general, se encontró que la mayor transformación de la vegetación del ejido ocurre en la selva alta y mediana subperennifolia (Figura 7).

La selva alta cubría 165 ha en 1970 y, con base en los recorridos de campo realizados en 1999, puede afirmarse que este tipo de vegetación desaparece. En 1970, la selva mediana subperennifolia cubría la mayor superficie en el ejido (62.8%); sin embargo, en 1995 representa sólo 36.5%, lo que significa una pérdida de 1 244.3 ha (26.3%), con una tasa de deforestación de 5%, exclusiva para esta

comunidad vegetal.

En este sentido, la tasa de deforestación del 5% de la selva mediana se encuentra en un rango alto, comparada con las reportadas para Chamela, Jalisco (3.8%, Masera *et al.*, 1992), Los Tuxtlas, Veracruz (4.3%, Dirzo y García, 1991) y la cuenca del Usumacinta en la Lacandona (4.5%, Masera *et al.*, 1992).

Sucede lo contrario en la selva baja subperennifolia que, en 1970, cubría 33.8% y en 1995 se redujo a 30.1%, lo que significa una pérdida de 178.2 ha (3.6%; Figura 7), con una tasa anual de deforestación de 1.2%. Esta tasa es menor que la reportada para la selva baja caducifolia en el país (2.02%, Masera *et al.*, 1992); la selva baja caducifolia del estado de Morelos (1.4%, Trejo, 1998), y mucho menor que para la selva baja en los límites de Veracruz, Oaxaca y Puebla (10.4%, Mas *et al.*, 1996). Por ello, se le puede considerar mínimamente modificada a nivel espacial, la poca reducción de la superficie de esta selva se debe a que los productores del ejido la perciben con poca capacidad para la agricultura, debido a las restricciones edáficas e hídricas que tiene (Díaz *et al.*, 2000).

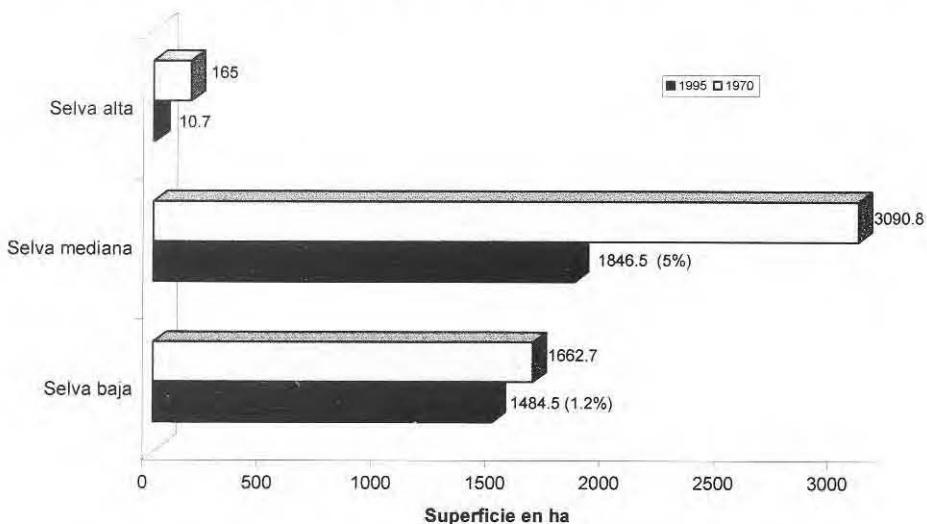


Figura 7. Transformación de las selvas tropicales en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, 1970-1995.

Vulnerabilidad a la transformación de la selva mediana

La porción de selva mediana (296.5 ha) que se establece en el rango mayor de 310 m (Figura 8), se considera un área de riesgo agrícola, debido a que coincide con suelos delgados, pedregosos, menos fértiles y con pendientes pronunciadas ($>15\%$), esto ocasiona que tenga mayor vulnerabilidad de erosibilidad o degradación, y en lo consecuente, se convierta en una zona de incertidumbre para la producción agrícola en el largo plazo.

Al analizar la vulnerabilidad de la selva mediana con relación a la distancia del poblado, se aprecia que la mayor transformación ocurre entre los 3 y 3.5 km de distancia y, conforme se incrementa, hay un aumento proporcional de la selva mediana conservada. Este patrón de transformación ocurre, porque los productores tienen acceso a la selva más cercana gracias a algún tipo de parentesco, con la finalidad de disminuir los costos de producción. En las zonas perturbadas ocurre lo contrario, ya que se observa un decremento conforme se incrementa la distancia (Figura 9).

En el análisis de correlación se encontró que la mayor asociación se presenta en las zonas

perturbadas con una $r^2=0.91$ ($p\leq 0.01$) y en la selva mediana conservada, el coeficiente de correlación es $r^2=0.8$ ($p\leq 0.01$). Este último valor indica que existe un riesgo de vulnerabilidad de transformación de la selva mediana, el cual es independiente de la distancia a la que se localice del poblado; sin embargo, la magnitud tiende a ser menor. Este patrón de transformación por la influencia de asentamientos humanos y vías de comunicación ha sido reportado para otras áreas de selvas por Mas *et al.* (1996), Mertens y Lambin (1997) y García Gil *et al.*, (1999).

CONCLUSIONES

En el área en estudio se aprecia una heterogeneidad ambiental, resultado de las características geomorfológicas, edáficas y de las comunidades vegetales que se expresan principalmente en forma de relictos o remanentes de selva mediana y baja subprerennifolia. La extensión superficial que alcanzan estos relictos oscila de 0.5 a 40 ha. En las áreas destinadas a cultivos anuales se observa una extensión de 0.25 a 3.0 ha, en tanto que las superficies cubiertas por vegetación secundaria abarcan entre 2.0 y 5.0 ha.

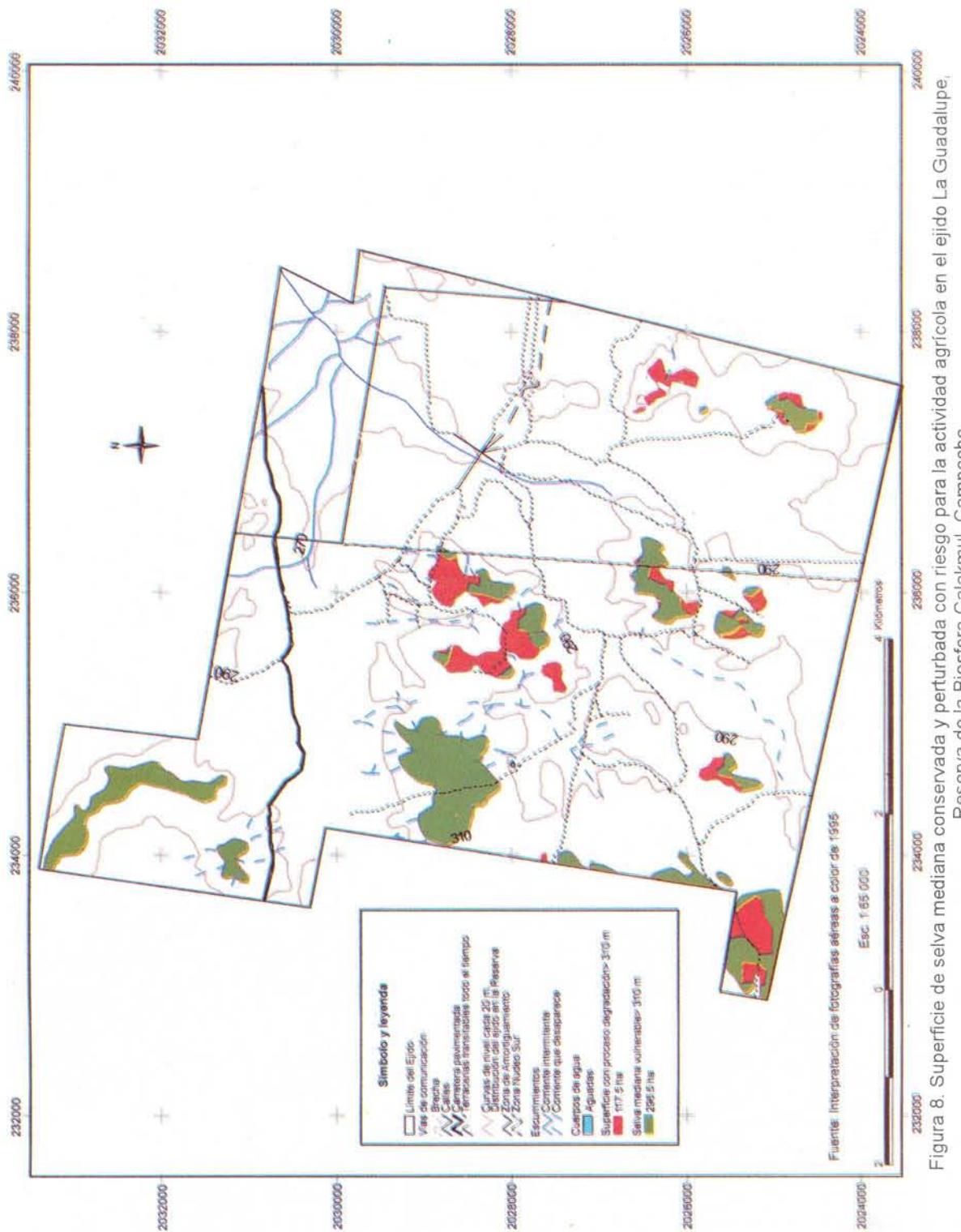


Figura 8. Superficie de selva mediana conservada y perturbada con riesgo para la actividad agrícola en el ejido La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

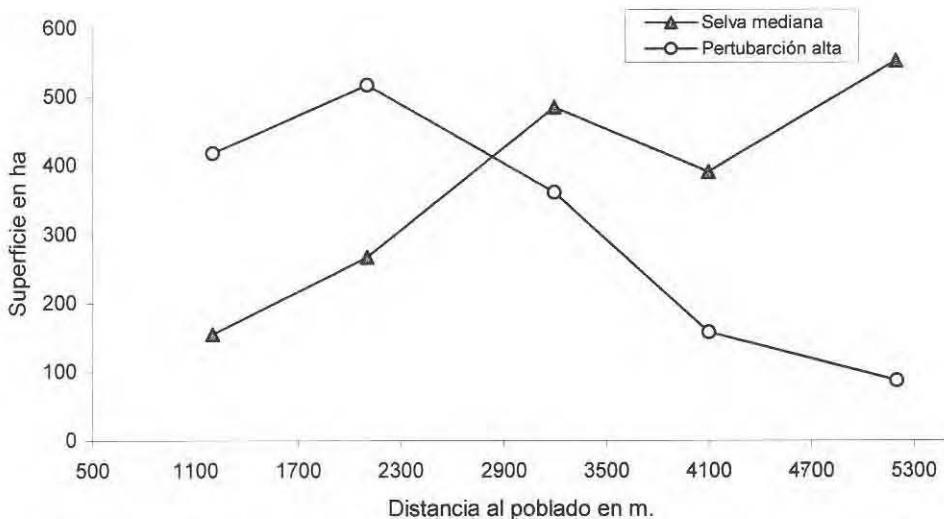


Figura 9. Superficie de selva mediana y de zonas perturbadas en relación con la distancia del poblado
La Guadalupe, Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche.

El patrón de distribución de las áreas de cultivos anuales y las áreas de vegetación secundaria, de siete a nueve años y de uno a dos años, no están asociadas directamente con las vías de acceso de los productores; sin embargo, se observa una distribución asociada a las geoformas, principalmente a las laderas de pendiente suave (menos de 5%). Asimismo, se aprecia una relación directa con la proximidad del poblado.

El ejido La Guadalupe abarca 4 919 ha, de las cuales 91.5% se encuentra en el interior de la reserva, el área transformada en el ejido alcanza 46.7%, y son la selva mediana y alta subperennifolia las comunidades vegetales las que tienen mayor transformación. Las actividades productivas que ocasionan la sustitución de la vegetación son la agricultura de subsistencia y el incipiente cultivo comercial del chile jalapeño.

La transformación de estas selvas es ocasionada por el elevado crecimiento de la población, asociado a su vez a la inmigración y a la natalidad. Esta situación es evidenciada por lo numeroso de la unidad familiar, ya que el promedio de miembros por familia es

superior a cinco personas. Lo que se traduce en una tasa de crecimiento entre 1990 y 1999 de 8.6%, que se puede considerar muy alta.

La deforestación de la selva mediana alcanza una tasa de 5% anual, es decir, se encuentra entre las más elevadas de las reportadas en otras zonas de selvas en México. En cuanto a la selva baja, se determinó una tasa de deforestación de 1.2%, explicable por su poca capacidad para las prácticas agrícolas, debido a las restricciones hídricas y edáficas que la caracterizan.

El proceso de transformación de las selvas que se observó en el ejido puede atribuirse a la presión social sobre la tierra y a la expansión de la frontera agrícola, fenómeno que ha tenido un mayor impacto sobre la superficie ocupada por la selva alta y mediana. De continuar esta tendencia se estima que la selva mediana podría desaparecer en los próximos diez años.

El proceso de transformación que experimenta el ejido debe ser de especial interés para las instituciones responsables de la conservación de los recursos y su adecuado aprovecha-

miento en la RBC. En consecuencia, uno de los retos para lograr esta meta es lograr articular a las instituciones (gubernamentales, civiles, privadas e investigación) con las políticas de desarrollo, para establecer propuestas y alternativas prioritarias que utilicen mecanismos realistas.

Para el ordenamiento territorial del ejido se requiere del desarrollo de planes de manejo para las selvas medianas y altas cuyo aprovechamiento es necesario modificar a fin de terminar con la tendencia actual de sustitución y extracción. Lo anterior conduce a la necesidad de planear un ordenamiento territorial con la participación de los ejidatarios, tarea indispensable para cumplir con el buen desarrollo del ejido y de los objetivos de conservación de la RBC.

Entre las actividades que deben ser incluidas se pueden sugerir: programas que apoyen el establecimiento de cultivos permanentes, la capacitación (en especial para el aprovechamiento de la pimienta y la guaya) y el manejo adecuado de las áreas aptas para cultivos agrícolas intensivos, esto con la finalidad de hacer más eficiente y redituable su aprovechamiento.

Es recomendable realizar una actualización de la carta de uso del suelo y tipos de vegetación, para conocer el estado en el que se encuentran las selvas en el ejido, ya que ésta sólo es representativa hasta 1995.

AGRADECIMIENTOS

A Demetrio Álvarez por su valioso apoyo en el trabajo de campo. El laboratorio de análisis geográfico de Ecosur-unidad Chetumal facilitó sus instalaciones. A los productores del ejido La Guadalupe, por el acceso a sus parcelas y la valiosa información proporcionada sobre el manejo de sus selvas. El primer autor agradece al CONACyT por otorgarle una beca-crédito y a la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), por proporcionar una beca complementaria.

REFERENCIAS

- Carroll, D. M., R. Evans y V. C. Bendelow (1977), "Air photo-interpretation for soil mapping", *Technical monographic*, no 8, Harpenden.
- Carrasco, R. (1997), "Consideraciones sobre el postclásico en la provincia de los Cehaches" en Anónimo, (1997), *Calakmul: volver al sur*, Gobierno del Estado de Campeche, México, pp. 13-31.
- Cox, W. G. (1980), *Laboratory manual of general ecology*, William C. Brown Publishers, San Diego State University, USA.
- Dirzo, R. y M. C. García (1991), "Rates of deforestation in Los Tuxtlas a Neotropical Area in Southeast Mexico", *Conservation Biology* 6: 84-90.
- Ericson, J., S. F. Märk y E. Boege (1999), "Population dinamycs migration, and the future of the Calakmul Biosphere Reserve", Occasional paper No. 1, *Program on population and sustainable development (PSD)* and American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Folan, W. (1992), "Calakmul, Campeche, México: competencia entre facciones y desarrollo político en el área maya y regiones contiguas a la gran Mesoamérica", en Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, *Publicaciones de la Universidad Autónoma de Campeche*, información 15, publicación semestral, México, pp. 107-136.
- Galindo Leal, C. (1996), "La Biosfera de Calakmul y el desarrollo sustentable, en Xpujil: la esperanza de la armonía entre el hombre y la naturaleza", *Voz Común*, ed. especial, 30: 20-21.
- García, E. (1988), *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- García Gil, G. (1993), *Tenencia de la tierra y uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche*, Informe presentado a Pronatura Península de Yucatán, ECOSFERA, A. C., Xalapa, Veracruz, México.
- García Gil, G., I. March, M. Castillo, M. Osorio, R. Vázquez, R. González, J. Mosnreal, E. Valencia, D. Méndez y J. C. Fernández (1999), *Base geográfica digital de la Reserva de la Biosfera Calakmul*, El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 1 CD.

- García Gil, G., I. March M., J. J. Fuentes, M. A. Castillo, B. Merlán y E. Valencia (1997), "Uso actual del suelo y estado de conservación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche", *Informe parcial*, El Colegio de la Frontera Sur, Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Gentry A. H. (1988), "Changes in plant community and floristic composition on environmental and geographical gradients", *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75: 1-34, USA.
- Guerra P., F. (1980), *Fotoeogeología*, UNAM, México.
- INEGI (1982), *Carta climatológica*, en escala: 1 250 000, México.
- INEGI (1991), *Campeche. Resultados definitivos datos por localidad, XI Censo General de Población y Vivienda, 1990*, México.
- Lot, A. y F. Chiang (1986), *Manual de herbario, administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos*, Consejo Nacional de la Flora de México, México.
- Lundell, C. (1934), "Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatán Peninsula", *Contributions to American Archaeology*, 12: 257-321, USA.
- Mas, J. F., V. Sorani y R. Álvarez. (1996), "Elaboración de un modelo de simulación del proceso de deforestación", en Percepción Remota, *Investigaciones Geográficas Boletín*, núm. especial 5, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 43-57.
- Masera, O. R., M. J. Ordóñez y R. Dirzo (1992), "Emisiones de carbono a partir de la deforestación en México", *Ciencia*, México, 43:151-153.
- Mertens, B. y E. F. Lambin (1997), "Spatial modelling of deforestation in southern Cameroon", *Applied Geography* 17 (2):143-162.
- Miranda, F. (1958), "Estudios acerca de la vegetación", en Beltrán, E. (ed.), *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, tomo II, Instituto Mexicano de Recursos Naturales no Renovables, México, pp. 161-271.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellemberg (1974), *Aims and methods of vegetation ecology*, John Wiley & Sons, USA.
- Niembro, R. A. (1990), *Árboles y arbustos útiles de México*, Limusa, México.
- Pino Castilla, E. (1997), "Calakmul: una deuda comienza a saldarse", en Anónimo (1997), *Calakmul: volver al sur*, Gobierno del Estado de Campeche, México, pp. 193-225.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán (1968), *Manual para la identificación de los principales árboles tropicales de México*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, FAO-ONU, México.
- Sohn, Y., E. Moran y F. Gurri (1999), "Deforestation in north-central Yucatán (1985-1995): mapping secondary succession of forest and agricultural land use in Sotuta using the cosine of the angle concept", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, USA, 65 (8):947-958.
- Trejo V., R. I. (1998), *Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo*, cap. V., tesis de Doctorado en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Weber, M. (1998; comp.), *Estrategia regional institucional de investigación (1999-2002). Vinculación y posgrado en la región Frontera Sur del estado de Campeche (Calakmul Silvituc)*, El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México.