

Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche

Gerardo García Gil*
Ignacio March Mifsut**
Miguel Ángel Castillo Santiago***

Recibido: 13 septiembre de 2000
Aceptado en versión final: 2 de mayo de 2001

Resumen. Se presentan los métodos y técnicas utilizadas para la elaboración de la carta de vegetación y uso del suelo de la Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC). La información fue procesada mediante un sistema de información geográfica (SIG), por lo que se generó una base geográfica digital a partir de la cual se efectuó un análisis cuantitativo del estado de transformación de la cobertura forestal por actividades antrópicas. A partir de la cartografía de los tipos de vegetación y uso del suelo se evaluó la situación actual en la Reserva de la Biosfera Calakmul, para ello se utilizaron 1 500 fotografías aéreas de 1995 y 1996 en escala 1:20 000; se aplicó la corrección fotogramétrica digital; se validó la información en campo y se generaron diversas coberturas para la base geográfica. Del área estudiada (722 121.6 ha), 96.3% corresponde a selva sin perturbación antrópica visible. Las áreas transformadas por actividades humanas alcanzan un 3.51% del área que comprende la reserva. Los mayores cambios en la vegetación por cambio de uso del suelo dentro del área en estudio, se localizan en el flanco oriental de la reserva y están relacionados directamente con proyectos de colonización humana ocurridos en los últimos treinta años.

Palabras clave: Uso del suelo, cartografía, sistemas de información geográfica (SIG), Calakmul, México.

Vegetation change resulting from the change in soil use in the Calakmul Biosphere Reserve, Campeche

Abstract. The methods and techniques used to develop the vegetation and land-use map of the Calakmul Biosphere Reserve are presented. The information was processed using a Geographic Information System (GIS), generating a digital geographic database. In turn, it was used to conduct a quantitative analysis of the extent of change in forest cover due to anthropogenic activities. The current situation in the Calakmul Biosphere Reserve was assessed through the use of maps of vegetation types and land use. The data in these maps were derived from 1 500 aerial photographs from 1995 and 1996, at a 1:20 000 scale. A digital photogrammetric correction was applied, fieldwork information was validated, and a variety of data layers were developed for the geographic database. The results obtained indicate that of the study area (722 121.6 ha), 96.3% corresponds to forest without any perceivable human disturbance. The areas transformed by productive human activities comprise 3.51% of the reserve area. The major vegetation changes were found at the reserve's eastern portion, and are directly related to colonization projects that have taken place during the last 30 years.

Key words: Land use, cartography, Geographic Information System (GIS), Calakmul, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del espacio geográfico es necesario para la planeación del uso de la tierra y para el ordenamiento del territorio (Tricart y Kilian, 1982). En el caso específico de las áreas destinadas a la conservación de los recursos naturales, es decir, las reservas biológicas, los estudios geográficos y carto-

gráficos permiten reconocer el espacio con distintos niveles de aproximación y detalle, para lo cual es necesario hacer uso de diferentes escalas y herramientas, a fin de construir modelos cartográficos (García, 1998).

El reconocimiento de los recursos naturales, su ubicación y cobertura, así como los tipos

* ECOSUR Unidad Chetumal, Carretera Chetumal-Bacalar Km 2, Zona Industrial No. 2 C. P., Chetumal, Quintana Roo. E-mail: ggarcia@slc.ecosur-groo.mx

** Conservación Internacional México, A. C., Boulevard Comitán No. 191, Col. Moctezuma, 29030 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. E-mail: ijmarc@yaho.com

*** ECOSUR Unidad San Cristóbal de Las Casas, Carretera Panamericana y Periférico Sur s/n, 29290 San Cristóbal de Las Casas, Chiapas. E-mail: mcastillo@slc.ecosur.mx

de actividades humanas y su distribución dentro de un área natural protegida (ANP), son aspectos necesarios a considerar en la elaboración y seguimiento del programa de manejo. La cartografía que se ha realizado en la Reserva Calakmul es una herramienta que permitirá realizar, mediante bases técnicas, la zonificación para el manejo activo, ya que aporta elementos para fundamentar la investigación, el seguimiento del programa de manejo y el desarrollo de las actividades económicas que se practican dentro de esta ANP.

El estado de Campeche cuenta aún con una importante riqueza forestal que, al igual que otras entidades del territorio nacional, sufren una presión económica y demográfica creciente sobre los recursos naturales. La Reserva de la Biosfera Calakmul (RBC) fue establecida en 1989 mediante Decreto Presidencial, con una superficie de 723 185 ha y la finalidad de preservar los ecosistemas que caracterizan a las selvas tropicales del sureste de nuestro país. A escala regional, la Reserva de Calakmul forma parte de un sistema de áreas protegidas del

sureste de México y del Petén guatemalteco, en donde se encuentra la Reserva Maya; la cercanía física y continuidad forestal de dichas áreas permite calcular una superficie aproximada de 3 000 000 ha de selvas tropicales (Figura 1).

La Reserva Calakmul se encuentra al sureste del estado de Campeche y es de gran interés por la riqueza arqueológica y biológica que contiene (Boege, 1993; Folan, 1999). Se localiza al sur de la plataforma yucateca, en el límite internacional con la república de Guatemala. La morfología cárstica de la planicie peninsular le confiere un desarrollo hidrológico subterráneo, en superficie dominan formas de disolución del mismo origen formado por mesetas, planicies y valles. Mantiene condiciones naturales que funcionan como hábitat para muchas especies de flora y fauna silvestre, algunas de ellas amenazadas o en peligro de extinción, por lo que la información generada permite tener un conocimiento más íntimo de las condiciones naturales y antrópicas que prevalecen en la RBC (Aranda, 1990; March, 1992; Figura 2).

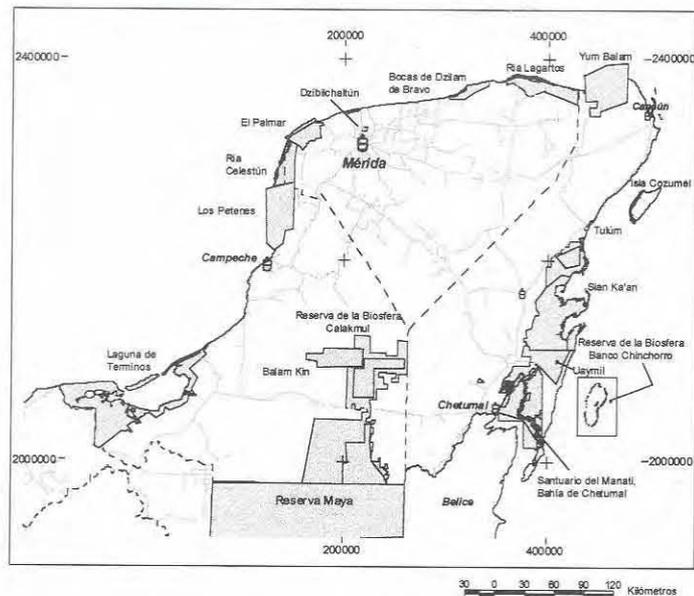


Figura 1. Áreas naturales protegidas en la península de Yucatán, México, y en el Petén, Guatemala.

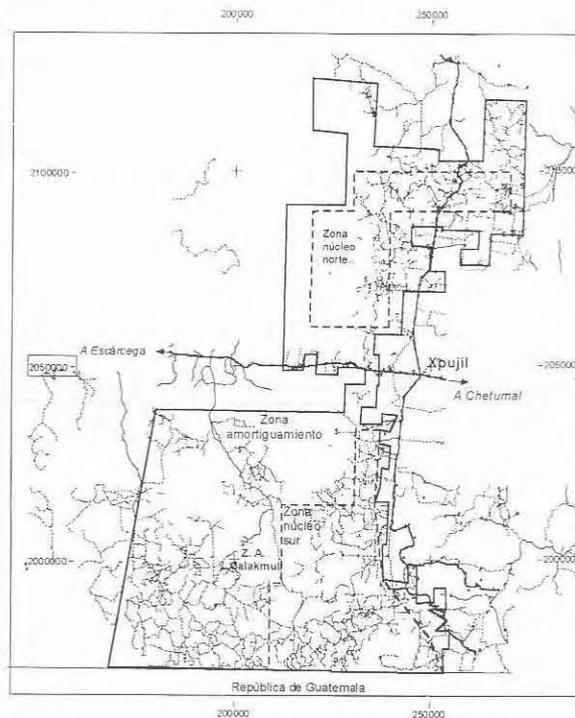


Figura 2. Localidades humanas y antigua red de caminos para la extracción de chicle y aprovechamiento forestal en la RBC.

El trabajo realizado muestra el panorama que prevaleció en 1995 y 1996 en cuanto a la distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo de la Reserva de la Biosfera Calakmul.

MATERIALES Y TÉCNICAS

El insumo para la elaboración de este trabajo es un conjunto de 1 500 fotografías aéreas en color, de 1995 y 1996, escala 1:20 000, que cubren la superficie del polígono decretado para la RBC.

Verificación de clasificación del material fotográfico

Se armaron líneas de vuelo en formato 15 x 20' del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), lo que per-

mitió ubicar líneas de vuelo, cubrimiento, continuidad, así como corroborar la superposición fotográfica de foto a foto y de línea a línea. Se generó cartografía en escala 1:50 000 con base en la información topográfica y los centros de las fotos aéreas, la cual fue utilizada para introducir puntos de control para la corrección de la foto. El sistema cartográfico utilizado en este trabajo fue la Proyección UTM, Esferoide de Clarke 1866; Datum horizontal Norteamericano de 1927.

Definición de la leyenda

El sistema de clasificación de tipos de vegetación y uso del suelo utilizado se basa en las características fisonómicas de las comunidades vegetales y del uso del suelo. Se consideraron los trabajos concernientes a

esta región de la península, realizados por diferentes botánicos (Lundell, 1934; Miranda, 1958; Flores, 1990; Flores y Espejel, 1994), y la clasificación convencionalmente utilizada por el INEGI en su cartografía de vegetación y uso del suelo (INEGI, 1989). Se hizo un análisis de las coincidencias y discrepancias entre los distintos sistemas de clasificación propuestos, y se caracterizó la vegetación en campo de acuerdo con la clasificación presentada en el Cuadro 1. Posteriormente, y con base en un análisis multivariado, se encontró que todos los tipos naturales de vegetación se pueden resumir en cuatro: selva alta perennifolia, selvas medianas, selvas bajas y vegetación hidrófita (Pérez y

Foster, 2001; Turner *et al.*, en prensa). Para facilitar el análisis y la discusión de resultados, se presentan las coberturas considerando estos cuatro tipos de vegetación, cuyos sinónimos con otras clasificaciones se presentan en el Cuadro 2.

Se realizó un recorrido preliminar de campo así como un sobrevuelo, que permitieron determinar la relación entre los tipos de vegetación existentes en el área y los rodales identificables en la fotografía aérea, a fin de definir las categorías de la leyenda empleada durante la fotointerpretación; ésta se realizó empleando estereoscopios de campo y de espejos.

Cuadro 1. Superficie al interior de la poligonal según tipo de vegetación y uso del suelo

Atributo	Superficie (ha)	Porcentaje de la poligonal
<i>Tipos de vegetación</i>		
Selva alta perennifolia	9 781.47	1.35
Selva mediana subperennifolia	471 650.19	65.31
Selva mediana subcaducifolia	10 108.66	1.40
Selva baja subperennifolia	105 616.35	14.63
Selva baja caducifolia	2 469.78	0.34
Selva baja subperennifolia (<i>Akalché</i>)	82 589.65	11.44
Vegetación riparia	11 850.56	1.64
Vegetación hidrófita	1 581.87	0.22
<i>Uso del suelo</i>		
Agricultura de temporal	1 412.70	0.20
Roza-tumba-quema	2 392.57	0.33
Cultivos perennes	13.16	0.00
Vegetación secundaria arbórea	5 383.72	0.75
Vegetación secundaria arbustiva	10 595.16	1.47
Vegetación secundaria herbácea	3 282.75	0.45
Pastizal	1 802.39	0.25
Selva perturbada por incendios	167.44	0.02
Sin vegetación aparente	45.02	0.01
Sin cobertura fotográfica	314.42	0.04
<i>Otros rasgos</i>		
Poblados	260.87	0.04
Zona arqueológica	376.34	0.05
Aguadas	348.17	0.05
Jagüey	5.48	0.00
Laguna perenne	72.97	0.01
Total	722 121.69	100.00

Cuadro 2. Leyenda de la cartografía de los tipos de vegetación y uso del suelo de la RBC

Categoría	Tipo o clase	Subtipo o subclase
Tipos de Vegetación	Selva alta Selva mediana Selva baja	Selva alta perennifolia Selva mediana subperennifolia Selva baja subperennifolia Selva baja caducifolia <i>ak'alché</i>
	Vegetación riparia Vegetación hidrófita	
	Vegetación secundaria	Herbácea Arbustiva Arbórea
	Agricultura de temporal	
Usos del suelo	Cultivos perennes Pastizales Zonas urbanas, habitacionales y de infraestructura	
Otros	Roza-tumba-quema Sin vegetación aparente	

Los rodales identificados fueron delimitados mediante polígonos trazados directamente sobre las fotografías. Las categorías se codificaron con etiquetas que posteriormente fueron asignadas a los polígonos durante la captura y edición digital de los rodales.

Verificación de campo y georreferenciación de puntos de control

Se realizaron recorridos de campo con el fin de validar la fotointerpretación, así como para la obtención de puntos de control terrestre. Los recorridos de campo fueron realizados principalmente sobre brechas y caminos de extracción forestal en donde se señalaron puntos sobre la fotografía, que corresponden a sitios identificables en el terreno, sobre los cuales se tomaron coordenadas geográficas con un geoposicionador, *Geoexplorer II Trimble*, las lecturas fueron posteriormente corregidas empleando la técnica de corrección diferencial post proceso, para tal efecto se hizo uso de los datos obtenidos de una estación base

de GPS *Trimble* ubicada en el poblado Zoh-laguna que guardan lecturas cada cinco segundos.

Corrección fotogramétrica

La corrección de la deformación geométrica de las fotografías aéreas puede abordarse mediante diferentes técnicas, en este trabajo se utilizó la técnica digital. Para realizar este proceso se utilizaron dos programas específicos: ILWIS (*Integrated Land and Water Information Systems*), que en su versión 2.4 para DOS contuvo un módulo para efectuar este proceso (*Monoplot*); y el PC *PhotoGIS*; éste resultó más eficiente por la compatibilidad con ARC/INFO, lo que permitió reducir los tiempos en la corrección de la fotografía aérea.

Los programas empleados tienen similares requerimientos de información en formatos diferentes, ILWIS necesita un modelo digital de alturas del terreno en formato reticulado (*raster*), coberturas en formato propio, así

como un archivo de texto donde se mantiene la información de los puntos de control; *PhotoGIS* necesita el modelo digital de alturas en formato TIN (*Triangular Irregular Network*) las coberturas en formato de exportación de ARC/INFO y un archivo con la información de los puntos de control. Después de una serie de pruebas, *PhotoGIS* se presentó como una alternativa más eficiente, ya que evitó la transformación de formato de ILWIS a ARC/INFO y viceversa.

Los modelos digitales del terreno en formato TIN fueron generados a partir de la digitización de las curvas de nivel de las cartas topográficas del INEGI en escala 1:50 000. Este procedimiento consiste en generar un modelo tridimensional del relieve construido con una red de triángulos irregulares y con base en la interpolación de valores altitudinales a partir de los vértices que conforman las curvas de nivel ubicados a cada 20 m de distancia mínima.

Una vez interpretadas las fotografías, fueron digitalizadas, posteriormente se efectuó la corrección fotogramétrica utilizando dos insumos: a) coordenadas de control obtenidas en campo con GPS (con corrección diferencial) y de la cartografía del INEGI en escala 1:50 000 para puntos identificables en las fotografías y b) el modelo digital del terreno en formato TIN. Aproximadamente el 10% de las fotografías aéreas no cumplieron con los requisitos necesarios para ser corregidas mediante el procedimiento descrito; esto debido a los siguientes factores: a) las características topográficas del terreno al que correspondían impidieron tomar puntos de control cartográficos por la ausencia de rasgos físicos relevantes; b) la inaccesibilidad para obtener puntos de control terrestre en campo, y c) la ausencia de rasgos identificables en fotos y terreno.

Las fotografías no corregidas fueron digitalizadas para ser corregidas mediante otra técnica; el procedimiento consistió en llevar a

coordenadas UTM los puntos de control que se pueden generar a partir del centro de la foto y de esta manera hacer la corrección mediante el procedimiento de *rubber sheeting* de ARC/INFO. En algunos casos, cuando se disponía de fotos corregidas en la vecindad, algunos rasgos de éstas se empleaban como puntos de apoyo para el proceso mencionado.

Con los procedimientos anteriores fue posible ensamblar el mosaico de líneas de fotos georreferidas y corregidas geoméricamente para generar una cobertura digital de los rodales obtenidos de las fotos.

Digitización de la carta base

La digitización de la cartografía utilizada comenzó con la proyección de coordenadas de control (*tics*) en ARC/INFO, la proyección de *tics* se hizo para cada carta individual considerando su ubicación en la zona UTM No. 15 o 16. El registro de las cartas para ser digitizadas se limitó a un error medio cuadrático (RMS) de entre 0.000 a 0.004.

La digitización de los distintos rasgos correspondientes a las diversas coberturas temáticas se realizó mediante un sistema de codificación numérica de los atributos de arcos y polígonos diseñado previamente. Los procesos de edición de las coberturas geográficas incluyeron la conexión de arcos y polígonos, etiquetado, eliminación de seudonodos y la corrección de errores de digitización y etiquetado. La información obtenida de las 18 cartas base en escala 1:50 000 fue sobre vías de comunicación, asentamientos humanos, escurrimientos superficiales, límites y tipos de cuerpos de agua, así como las curvas de nivel a cada 10 m.

Proyección del polígono de la Reserva

Con base en el decreto que estableció la RBC (*Diario Oficial de la Federación*, 1979), se generó una cobertura con las poligonales

de las áreas de amortiguamiento y las zonas núcleo (norte y sur).

Las coordenadas geográficas estipuladas en dicho decreto fueron capturadas en un archivo *.cgp de AutoCAD. Posteriormente, a este archivo se le aplicó el programa Vértice. lsp, el cual proyecta las coordenadas y genera una poligonal que une los vértices en orden consecutivo. Posteriormente, esta poligonal fue ajustada al límite fronterizo señalado por el INEGI en sus cartas 1:50 000, debido a que uno de los vértices del decreto se localiza cerca de 200 m dentro del territorio de la república de Guatemala. Con este procedimiento se generaron, con precisión geográfica, las poligonales de la Reserva.

RESULTADOS

El fenómeno de ocupación humana y colonización de la Reserva de la Biosfera Calakmul se manifiesta en dirección nortesur a lo largo de la carretera que une U-kum-X-pujil- Arroyo Negro (Figura 2), en donde la cabecera municipal X-pujil representa un límite. Al sur de X-pujil se presenta un proceso de intensa ocupación humana generado a partir de concesiones ejidales y nuevos centros de población ejidal (NCPE), resultantes de programas gubernamentales de colonización humana y reparto agrario. Al norte de X-pujil se presenta principalmente un modelo de ocupación caracterizado por transformaciones inducidas por una ganadería extensiva practicada por pequeños propietarios y, en menor grado, por campesinos ejidatarios.

La carretera Escárcega-Chetumal, de dirección este-oeste, divide a la reserva en sector norte y sur (Figura 2). A lo largo de ella se observa un patrón de ocupación mixto en donde predominan la propiedad social, propietarios privados de ranchos ganaderos y el sector empresarial (de más reciente ingreso), con la introducción de servicios para el turis-

mo. La deforestación y fragmentación de las masas forestales en este sector colocan en situación crítica la continuidad forestal del norte con el sur, por lo que la fragmentación de la selva en poco tiempo podría dividir en dos porciones a la Reserva.

A partir de la proyección geográfica de los vértices estipulados en el decreto de la RBC, conforme al procedimiento mencionado, la superficie contenida en el polígono resultó ser de 722 121.69 ha; este cálculo arroja una diferencia de 1 063.31 ha menos de la superficie estipulada en el decreto (723 185 ha).

La cuantificación de las áreas de cada uno de los tipos de vegetación y uso del suelo, contenidas en el polígono de la Reserva, arrojan los resultados que se muestran en el Cuadro 1. Según los cálculos obtenidos se determinó que el 96.3% de la superficie de la Reserva mantiene vegetación de selva. Las áreas perturbadas corresponden a menos del 4% (Figura 3).

La ubicación actual de las localidades humanas se relaciona directamente con las principales vías de acceso en la región y su origen está ligado a antiguas concesiones para aprovechamientos forestales, ya que varios de los asentamientos fueron en el pasado campamentos chicleros o monterías para la explotación de madera. Es importante hacer notar el patrón de colonización que se presenta a partir de las principales carreteras de la región.

Este patrón, conocido en la literatura como de "peine" o "hueso de pescado", resulta de la fragmentación cada vez mayor de la matriz de selva, lo que reduce su capacidad de mantener la biodiversidad, de proveer servicios ambientales y aumenta su vulnerabilidad a otras perturbaciones antrópicas (Laurance *et al.*, 1997, 1998).

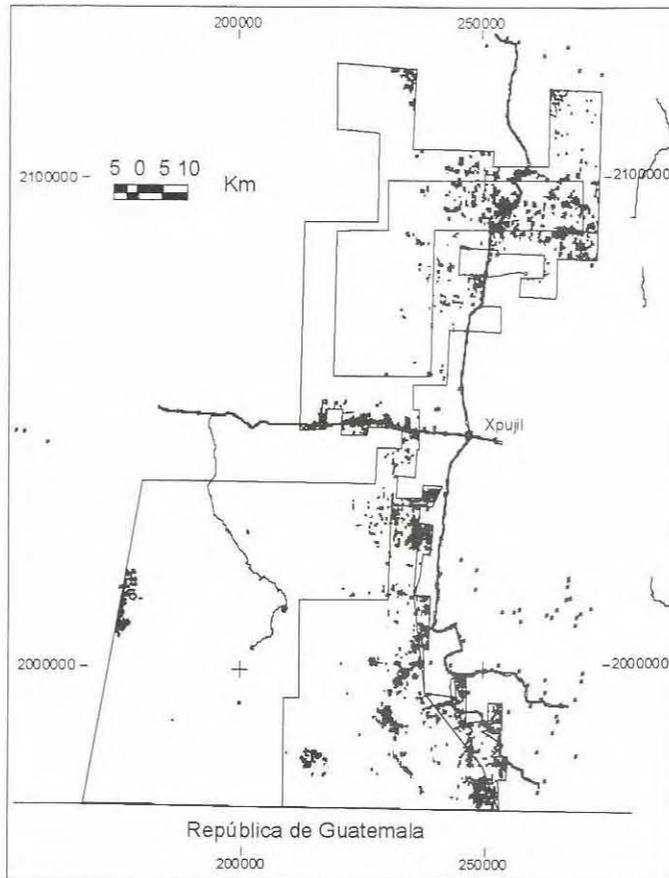


Figura 3. Distribución de la vegetación perturbada y áreas transformadas en las zonas núcleo y zona de amortiguamiento de la RBC.

TIPOS DE VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO EN LA RESERVA

Selva alta perennifolia

Este tipo de vegetación está constituido por masas forestales cuya altura media del dosel sobrepasa los 25 m de altura, existen árboles emergentes de hasta 40 m de altura. Permanece verde todo el año, algunas especies (menos del 25%), pierden sus hojas en la época más seca del año (Miranda, 1958; Flores y Espejel, 1994). Los rodales clasificados con dicha categoría tienen una distribución

relativamente limitada dentro de la Reserva. Cubren una superficie de 9 781.47 ha (1.35% del total de la Reserva; Figura 4). La selva alta se encuentra en el norte de la Reserva en la zona núcleo, sobre laderas de poca pendiente, al pie de estructuras que propician condiciones de mayor humedad en el suelo. Sin embargo, la selva alta es más abundante al sur de la Reserva sobre suelos mejor desarrollados cuando presentan buen drenaje en el perfil, generalmente sobre laderas de débil inclinación y sobre márgenes fluviales en donde los suelos son más profundos, también se encuentran en el sureste

de la Reserva (límite con Guatemala), sobre laderas y barrancos de pendientes fuertes y moderadas en la zona en donde ocurren

las máximas precipitaciones de la región (1 200 mm).

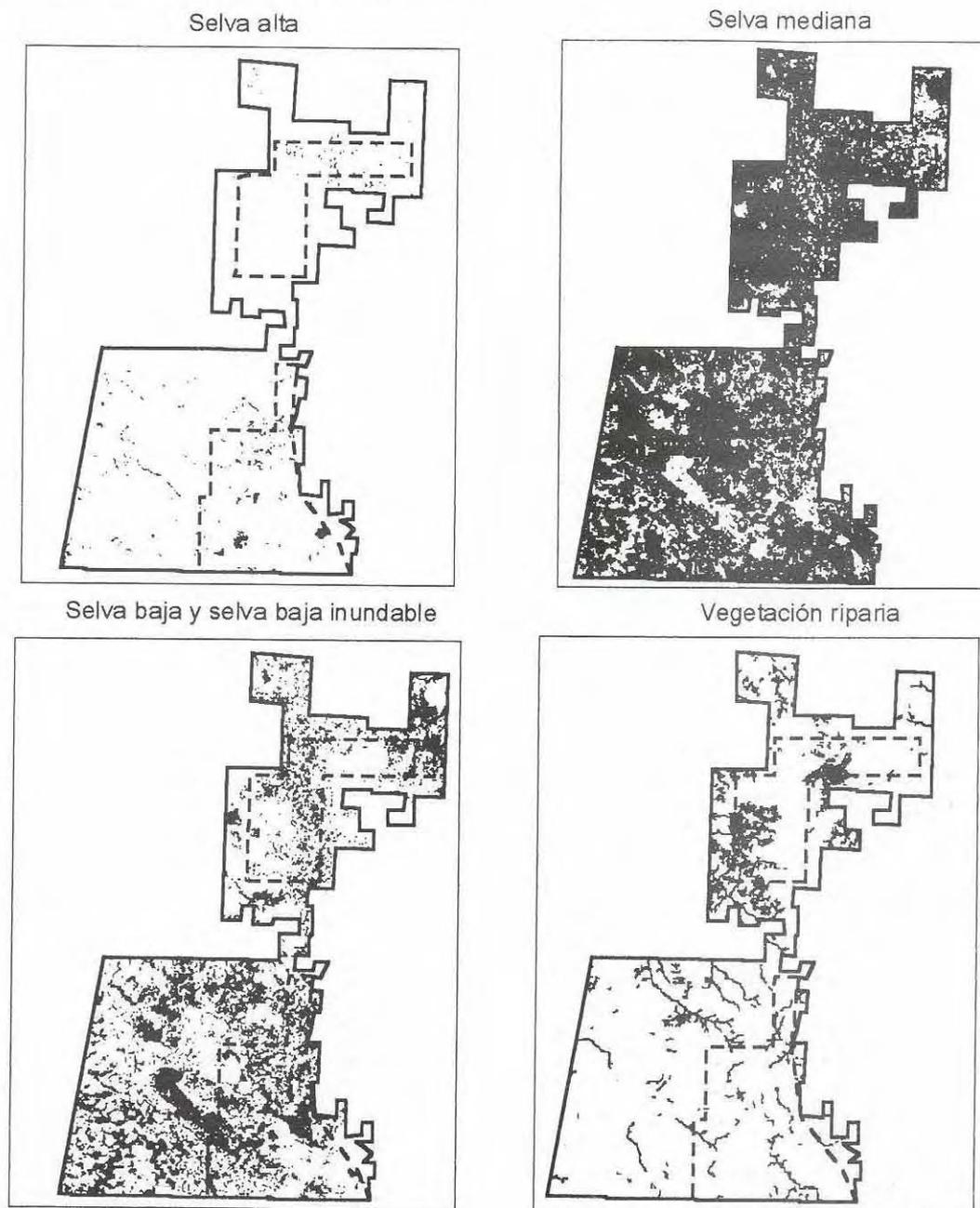


Figura 4. Distribución de las selvas altas, medianas, bajas y vegetación riparia en la RBC.

Selva mediana subperennifolia y selva mediana subcaducifolia

La selva mediana subperennifolia es predominante en la Reserva, la altura media que alcanza el dosel de estas masas forestales oscila entre 15 y 25 m sobre el terreno. La selva mediana subperennifolia se caracteriza porque aproximadamente entre el 25 y el 50% de los árboles pierden su follaje durante la época más seca del año. La selva mediana subperennifolia se extiende sobre todo tipo de relieve, a excepción de las superficies de planicie con drenaje deficiente. Las selvas medianas perennifolias dominan en el sector sur de la Reserva, en donde existen condiciones de mayor humedad; la selva mediana subcaducifolia se encuentra sobre planicies, laderas y mesetas, principalmente al norte (más seco). Los diámetros de los fustes no rebasan los 40 cm, excepto en especies como el cedro, la caoba, el chicozapote y el ramón. Además del estrato arbóreo, se encuentra un estrato arbustivo poco desarrollado de aproximadamente 3 m de altura. Este tipo de vegetación se encuentra sobre suelos derivados de la roca caliza (rendzinas) de evolución temprana, por lo que es evidente una marcada influencia de material parental, la posición geográfica que ocupan los mantiene fuera de las zonas inundables. La selva mediana subperennifolia cubre dentro de la Reserva un área de 471 650.19 ha, la selva mediana subcaducifolia cubre 10 108.66 ha, lo que representa un 65.31 y 1.40%, respectivamente.

Selvas bajas

Este tipo de vegetación comprende a aquellas comunidades vegetales que tienen una altura promedio del dosel por debajo de los 15 m de altura; fueron diferenciadas por su fisonomía y situación topográfica en tres subtipos: selva baja no inundable, selva baja caducifolia y selva baja subperennifolia (*ak'alché*). Esta última abarca los llamados tintales con abundancia de "palotinto"

o "palo de Campeche" *Haematoxylum campechianum*. Los suelos característicos en estas asociaciones corresponden a suelos de "gley". Los *ak'alché* ocupan una extensión de 82 589.65 ha (11.44% del total de la Reserva). La selva baja no inundable ocupa una extensión de 105 616.35 ha, es decir, un 14.63% de la Reserva; su distribución es muy amplia, tanto en el norte como en el sur de la Reserva. La selva baja caducifolia considera a aquellas comunidades donde entre 50 y 75% de las especies en el dosel pierden sus hojas en la época seca del año, su distribución es limitada y ocupan una extensión de 2 469.78 ha (0.34%), se ubica al norte de la Reserva.

Vegetación hidrófita

En este tipo de vegetación quedaron agrupadas varias especies de hidrófitas, restringidas a superficies y orillas de las aguadas y zonas de inundación. Los tulares, dentro de la Reserva, son muy reducidos y están asociados a cuerpos lacustres, sobre todo en las depresiones cársticas que se encuentran colmatadas o en proceso de azolve, debido a la deposición de materiales, producto de la disolución de las rocas calizas. Se localizan en las cercanías de cuerpos de agua en ambos sectores de la Reserva, sobre superficies colectoras de escurrimientos llamados "bajos", el total de las áreas en esta categoría es de 1 581.87 ha.

USO DEL SUELO

Vegetación secundaria y Roza-Tumba-Quema (RTQ)

La vegetación secundaria (*acahuales*) fue clasificada en tres estados evolutivos: vegetación secundaria herbácea (de 1 a 3 años), arbustiva (de 3 a 10 años) y arbórea (de más de 10 años). Están ligados directamente a la práctica agrícola del sistema de RTQ, sobre todo las primeras dos fases de desarrollo, es decir, la herbácea y la arbustiva, que pueden

considerarse como tierras en descanso, en recuperación de la fertilidad de los suelos.

El sistema agrícola tradicional de (RTQ) es la actividad económica más extendida en la región de Calakmul, es utilizado por los colonos que producen en un esquema de agricultura de subsistencia maíz, frijol, chile y calabaza. Ocupa dentro de la Reserva 2 392.57 ha (0.33%). Se distribuyen dentro de la Reserva en el sector oriente y sobre el eje de colonización este- oeste (Figura 5). Las superficies agrícolas y de vegetación secundaria están directamente asociadas a las localidades humanas y al régimen de tenencia de la tierra.

Agricultura de temporal

Esta práctica agrícola también es conocida como agricultura permanente o estabilizada, el cultivo que ha tenido mayor expansión en la región durante los últimos años es la siembra de chile jalapeño, su ampliación espacial se debe al relativo éxito económico que representa para los productores, ya que es un producto para el mercado. La mayor superficie dedicada a este fin se ubica en el sureste de la Reserva y abarca una superficie de 1 412.70 ha.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este trabajo, sobre

las superficies transformadas en las selvas de la RBC, indican que 25 310.76 ha (Cuadro 3) estuvieron sometidas en alguna época, durante los últimos 20 años, a un uso agrícola en forma intermitente, permanente y a la actividad pecuaria, estas actividades representan las mayores transformaciones antrópicas del paisaje natural.

Un componente de perturbación, que no fue considerado en este trabajo, es la actividad forestal, que fue intensa en las selvas de Calakmul desde principios del siglo pasado hasta finales de 1960. Sin embargo, la extracción en las selvas de Calakmul fue altamente selectiva, ya que la extracción consideró principalmente dos especies explotables, el cedro y la caoba, por lo que las dos especies se han reducido, pero no la selva. Otra actividad extractiva que no ha tenido un impacto directo en la deforestación es la obtención del látex del chicozapote (chicle). De dichas actividades forestales en las selvas de Calakmul, sólo se puede observar actualmente la densa red de caminos que sirvieron para la extracción de madera y chicle; sin embargo, no hubo un impacto espacial observable mediante la fotografía utilizada en este trabajo.

Las zonas que han sido sujetas a cambio en la vegetación por uso del suelo dentro del área en estudio se ubican en el sector oriental de la Reserva, tanto al norte como al

Cuadro 3. Resumen de las superficies ocupadas por los tipos de vegetación y usos del suelo en la RBC para 1995 y 1996

Atributo	Superficie (ha)	Porcentaje de la poligonal
Tipos de vegetación (selvas, vegetación hidrófita y riparia).	695 648.53	96.33
Roza-tumba-quema, vegetación secundaria, agricultura de temporal, pastizal.	25 310.76	3.51
Laguna perenne, aguadas, jagüey.	426.62	0.06
Otros (sin cobertura fotográfica, sin vegetación aparente, zonas arqueológicas, poblados).	735.78	0.10
<i>Total</i>	<i>722 121.69</i>	<i>100.00</i>

sur de la superficie protegida, y están relacionadas directamente con proyectos de colonización humana inducida por acciones del gobierno durante los últimos 30 años.

La gran extensión superficial que la Reserva ocupa y su conexión con otras áreas protegidas (Reserva Maya) la hacen una zona ideal para mantener poblaciones animales y vegetales de los ecosistemas que preserva, así como para permitir flujos biológicos naturales de material genético.

Con el fin de hacer operativo el funcionamiento de esta área protegida, se debe trabajar en una zonificación que considere aspectos biológicos, socioeconómicos y legales en términos de la tenencia de la tierra, en dicha medida será posible establecer programas de conservación, aprovechamiento, restauración y monitoreo de los recursos naturales.

Considerando la dimensión que ocupa la RBC y las áreas que han sido transformadas y dedicadas a otros usos, se puede reconocer que la Reserva mantiene extensas superficies bien conservadas; la intensa red de caminos y tarjas de extracción, para aprovechamiento forestal y del látex del chicozapote, es indicativa del saqueo que se ha hecho de algunas especies tropicales en particular; esto tiene algún efecto al nivel de especie. Sin embargo, la cubierta forestal se mantiene, así como la diversidad biológica que la caracteriza.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro reconocimiento a la CONABIO por haber apoyado financieramente esta investigación, así como por habernos proporcionado las fotografías aéreas sobre las que se realizó el trabajo. A los doctores José Luis Palacio Prieto, Carlos Melo y Martha Cervantes, por la revisión del manuscrito; así también a Emmanuel Valencia, Delfino Méndez y Julio

Llanes, integrantes del Laboratorio de Información Geográfica y Estadística (LAIGE), del Departamento de Ordenamiento Ecológico y Áreas Silvestres ECOSUR, por su eficiente trabajo en la digitización, corrección digital de la fotografía y edición de las coberturas digitales.

REFERENCIAS

Aranda, J. M. (1990), *El Jaguar (Panthera onca) en la Reserva Calakmul, México: morfometría, hábitats alimenticios y densidad de población*, tesis de grado, Programa de maestría en manejo de vida silvestre, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

Diario Oficial de la Federación (1979), Decreto mediante el cual se declara la Reserva de la Biosfera Calakmul, México.

Flores, S. (1990), *Reporte preliminar de la vegetación de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche*, Universidad Autónoma de Yucatán, Licenciatura en Biología, Mérida, Yucatán, México, manuscrito.

Flores, J. S. e I. Espejel Carvajal (1994), "Tipos de vegetación de la península de Yucatán", *Etnoflora Yucatanense*, fascículo 3, Universidad Autónoma de Yucatán, México.

García Gil, G. (1998), "La conservación de los paisajes en la selva Lacandona, Chiapas", *Geografía y Desarrollo*, núm. 16, Colegio Mexicano de Geografía, A. C., México, pp. 55-70.

Laurance, W. F., S. G. Laurance y P. Delamonica (1998), "Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions", *Forest Ecology and Management*, no. 110, pp. 173-180.

López Blanco, J., I. Valdez Muciño y J. Ugalde Rivera (1995), "Corrección fotogramétrica de segmentos digitizados de fotografías aéreas aplicando un SIG", *Boletín SELPER-México*, núms. 30-31, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 6-24.

Lundell, C. L. (1934), *Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatán peninsula*, Carnegie Institution of Washington, Contributions to American Archaeology, vol. II, no. 12.

☞ Miranda, F. (1958), "Estudios acerca de la vegetación", en Beltrán, E. (ed.), *Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, tomo II, IMRNAR, México, pp. 215-271.

☞ March, I. J. (1992), *Estudio para la autorregulación de la cacería de subsistencia en la Reserva Calakmul, Campeche, Informe final*, Centro de Estudios para la Conservación de los Recursos Naturales, A. C., San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México (inédito).

☞ Pérez Salicrup, D. R. and D. R. Foster (2001), "Forest types and forest recovery after long and short term land use in the Southern Yucatán, Mexico", *21st Symposium in Plant Biology*, University of California-Riverside.

☞ Tricart J., J. Kilian (1982), *La Ecogeografía y la ordenación del medio natural*, Anagrama, Barcelona, España.

☞ Turner, B.L. II, S. Cortina Villar, D. Foster, J. Geoghegan, E. Keys, P. Klepeis, D. Lawrence, P. Macario Mendoza, S. Manson, Y. Ogneva-Himmelberger, A. B. Plotkin, D. R. Pérez-Salicrup, R. Roy Chowdhury, B. Savitsky, L. Schneider, B. Schmook and C. Vance (en prensa), "Deforestation in the Southern Yucatán Peninsular Region: an integrative approach, *Forest Ecology and Managment*.