



01084

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**  
**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**COLONIZACIÓN HUMANA RECIENTE Y FORMACIÓN DEL PAISAJE  
AGRARIO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA CALAKMUL,  
CAMPECHE, MÉXICO**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**DOCTOR EN GEOGRAFÍA**

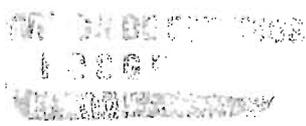
PRESENTA

**M. EN G. JOSÉ GERARDO GARCÍA GIL**



MÉXICO, D.F.

2003





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Ángelus, Gerardo y Manolo  
el fruto y la raíz

... a la Dirección General de B.  
UNAM a difundir en formato electrónico  
contenido de mi trabajo

NOMBRE: José Gerardo  
García G. G.

FECHA: 2-05-03

FIRMA: \_\_\_\_\_

318194

## Agradecimientos

Me es muy grato expresar mi sincero agradecimiento al Dr. José Luis Palacio director de esta tesis, así como a los tutores y revisores Dres. Carlos Melo, Sophie Calme, Martha Cervantes, Atlántida Coll, Teresa Reyna, y Luis Chias, por las valiosas observaciones y sugerencias, las cuales permitieron mejorar sustancialmente este trabajo. A mis maestros y amigos. Ignacio March, Miguel Ángel Castillo, Mario Arturo Ortiz, José Luis Palacio, Juan Manuel Pat y Manuel Elías, por la discusión y recomendaciones en la elaboración de los escritos que dieron forma a esta tesis. A los colegas del Laige San Cristóbal de Las Casas, Chiapas por su entereza para la realización de la base geográfica y por su compañía en el trabajo de validación de campo. A Maru Varela por sus sugerencias y paciente ayuda en la corrección del documento. A mi amigo Neme por su ayuda incondicional para la elaboración de cuadros y graficación de mapas. A la Conabio por el apoyo financiero al proyecto cartográfico y por habernos confiado la fotografía aérea utilizada para la realización de esta investigación, y de manera muy especial al Colegio de la Frontera Sur, quien me brindó la oportunidad de realizar este trabajo; mi agradecimiento a los Dres. Pablo Farias y Pablo Liedo.

## Contenido

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>I INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>II ANTECEDENTES.....</b>	<b>14</b>
COBERTURA FORESTAL.....	17
CREACIÓN DE LA RESERVA .....	23
<b>III OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
<b>IV HIPÓTESIS DE TRABAJO.....</b>	<b>31</b>
<b>V JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....</b>	<b>31</b>
<b>VI RESULTADOS.....</b>	<b>40</b>
MANUSCRITO 1 .....	45
MANUSCRITO 2 .....	64
MANUSCRITO 3 .....	80
<b>VII DISCUSIÓN .....</b>	<b>101</b>
PAISAJE Y RELIEVE .....	101
COLONIZACIÓN Y APROPIACIÓN DE LA SELVA.....	105
FORMACIÓN DEL PAISAJE Y TENENCIA DE LA TIERRA.....	106
<b>VIII CONCLUSIONES .....</b>	<b>121</b>
<b>FUENTES CONSULTADAS .....</b>	<b>127</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de sitios arqueológicos que mantuvieron algún tipo de relación con Calakmul durante el periodo Clásico y Posclásico.	10
Figura 2. Mapa de ubicación de concesiones chicleras durante el periodo 1946 - 1947	11
Figura 3. Mapa de tipos de vegetación y uso del suelo de la selva maya	19
Figura 4. Mapa de tipos de vegetación y uso del suelo de la reserva de la biosfera Calakmul	20
Figura 5. Mapa de las principales localidades humanas de la zona de estudio	33
Figura 6. Distribución de familias, géneros y especies reportados en la reserva Calakmul y áreas próximas en la selva maya.	35
Figura 7. Familias mejor representadas en la flora de la reserva Calakmul y áreas próximas en la selva maya	35
Figura 8. Distribución de formas de vida en la reserva Calakmul y áreas próximas en la selva maya	36
Figura 9. Distribución de grupos de fauna silvestre en la reserva Calakmul y áreas próximas en la selva maya	36
Figura 10. Distribución de formas de vida la reserva Calakmul y áreas próximas en la selva maya	37
Figura 11. Mapa de las áreas de conservación en el sur de la península de Yucatán, norte de Guatemala y Belice.	39
Figura 12. Diagrama de las principales actividades realizadas en la elaboración de la investigación	42
Figura 13. Mapa geomorfológico de la reserva de la biosfera Calakmul	104
Figura 14. Mapa de tenencia de la Tierra y de las localidades humanas en la zona de Bosque Modelo	108
Figura 15. Mapa de las ampliaciones forestales en zona de amortiguamiento y fuera de la reserva Calakmul	109
Figura 16. Mapa de los tipos de paisajes en la reserva de Calakmul y zona de influencia	113
Figura 17. Mapa de la transformación de la selva por cambio de uso del suelo del proyecto ganadero Bel-ha.	118
Figura 18. Mapa de la zona centro y sur oriental de la reserva con áreas transformadas por cambio de uso del suelo	119

## Resumen

Con la intención de reconocer los procesos de colonización humana reciente y la formación de los paisajes antrópicos en la reserva de la biosfera Calakmul, fueron analizados tres ejes temáticos: *a)* la estructura física y los procesos de la dinámica kárstica, que da origen a distintas condiciones topográficas que integran la geomorfología de la región; *b)* el reconocimiento de la distribución de los tipos de vegetación y uso del suelo, ya que el tipo de relieve y la presencia de humedad desempeñan un papel importante en la determinación de los tipos de vegetación y uso del suelo; y finalmente, *c)* el reconocimiento de las políticas de colonización humana, la apropiación del espacio por lo nuevos habitantes y el proceso de definición de la tenencia de la tierra en la reserva Calakmul.

Con base en el reconocimiento de los aspectos físicos se clasificó el relieve por su morfología y los procesos que lo modelan (kársticos y fluviales); La reserva Calakmul se caracteriza por la formación de mesetas con diferente altura sobre la plataforma yucateca, formando cuatro tipos de relieve. Las mesetas ocupan la mayor superficie en la reserva, cubren el 70%; sobre las mesetas dominan ambientes xéricos en donde se desarrolla selva alta, mediana y baja. Las depresiones tectónicas forman valles y son elementos conspicuos en el relieve kárstico, desempeñan una función importante al concentrar los escurrimientos superficiales y subterráneos que alimentan el sistema hidrológico subterráneo peninsular, vital para el mantenimiento de los procesos ecológicos en lagunas costeras y litorales de la Península de Yucatán.

La cartografía de los tipos de vegetación y uso del suelo fue creada mediante la interpretación de fotos aéreas de 1995 en escala 1:25 000. La vegetación dominante es la selva mediana subperennifolia que cubre más de 65 % de la superficie de la reserva, le siguen en importancia por su extensión la selva baja subperennifolia (14 %), y la selva baja inundada con dominancia de *Haematoxylum campechianum* (11 %). El proceso de colonización humana en la reserva Calakmul es un fenómeno reciente que se manifiesta espacialmente en transformaciones ocurridas en la vegetación por cambio en el uso del suelo y como consecuencia de la construcción de espacios sociales de colonización agropecuaria. Las actividades antrópicas principales son desarrolladas creando los espacios productivos; la actividad agrícola más importante es la producción de maíz para autoconsumo, la cual se realiza mediante la técnica tradicional (roza tumba quema); Se realizan también entre otras prácticas el cultivo comercial del Chile Xalapeño, la extracción de productos silvestres y en menor medida la ganadería bovina extensiva.

Las condiciones ambientales, la distribución y uso histórico de los recursos de la selva, el proceso de colonización reciente y la apropiación del espacio, permitieron reconocer la existencia de ocho paisajes funcionales con distintos grados de intervención humana. En los cuales se realizan prácticas de mantenimiento de la biodiversidad y de aprovechamiento de los recursos por la población que la habita, la indefinición de la tenencia de la tierra en ciertos casos y las limitaciones naturales del medio (disponibilidad de agua durante el estiaje y bajos rendimientos agrícolas) son retos a alcanzar mediante el desarrollo humano de la región sin la pérdida de la riqueza biológica de la Selva Maya.

## Summary

The purpose of this work was to describe the recent process of human settlement and the formation of anthropic landscapes in the Calakmul Biosphere Reserve. Three main topics were considered: *a)* the physical structure and processes inherent to the limestone dynamics, which give rise to the different topographical conditions that determine, in turn, the region's geomorphology; *b)* the distribution of vegetation types and land use, determined to a large extent by the type of relief and the presence of humid conditions; and *c)* the description of policies of human settlement, appropriation of space by the new inhabitants and the process of definition of land tenure in the Calakmul reserve.

Based on the description of the physical characteristics, the area's topography was classified according to its morphology and the processes that mould it limestone dynamics and karst. The Calakmul Reserve contains distinctive karst plateau of different height on the Yucatan peninsula platform, forming four types of relief. These karst plateau occupy the majority of the reserve's surface, 70%; and they are dominated by xeric environments where high, medium and low forests develop. Tectonic depressions form valleys and are conspicuous elements in the karst topography, performing an important function by concentrating the superficial and underground drainage, which feeds the hydrological system of the peninsula. This system is of vital importance for the maintenance of ecological processes in coastal regions of the Yucatan peninsula.

The cartography of vegetation types and land use was created through the interpretation of aerial photographs from 1995 at a 1:25 000 scale. The dominant vegetation type is semievergreen medium forest, which covers more than 65% of the reserve's surface, followed by semievergreen low forest (14 %) and flooded low forest with dominance of *Haematoxylum campechianum* (11 %). The process of human settlement in the Calakmul reserve is a recent phenomenon that results in transformations to the vegetation due to the construction of social spaces of agricultural and cattle ranch colonization. The main anthropic activities are developed by creating productive spaces; the most important agricultural activity being the production of corn for self-consumption, performed through the traditional widden technique; also found among these productive activities are commercial plantations of *Xalapeno* pepper, extraction of wild products and, to a lesser extent, extensive cattle ranching.

The environmental conditions, the historical distribution and use of the forest's resources, the recent settlement process and the appropriation of space combined to produce eight functional landscapes with different degrees of human intervention, where biodiversity maintenance and resource use practices take place. Indefinitions in the land tenure and the natural limitations of the environment (water availability during the dry season, low agricultural yield) must be addressed in order to preserve the Maya forest's biodiversity in parallel with the development of the human populations.

Colonización humana reciente y formación del paisaje agrario en  
la Reserva de la Biosfera Calakmul,  
Campeche, México

**I. INTRODUCCIÓN**

El actual paisaje de las selvas en la península de Yucatán es resultado de procesos históricos y colonización humana que en el transcurso del tiempo paulatinamente lo han transformado desde el año 600 a. de C. hasta nuestros días. En ese marco se inscriben los cambios del paisaje en Calakmul, al sur de la península, como resultado de transformaciones antrópicas de magnitud variable, derivadas de los contextos culturales, sociales y económicos ocasionados por los sucesivos pobladores en función de sus intereses y capacidades tecnológicas.

La selva de Calakmul es base del rico patrimonio histórico y cultural de la civilización maya, una de las más importantes de Mesoamérica y el mundo prehispánico. En la región estudiada floreció Calakmul, el mayor centro urbano durante el periodo Clásico, cuyo auge abarcó del Preclásico Tardío hasta el Clásico Terminal. Los mayas poblaron la selva y la fueron transformando en la medida en que construían espacios sagrados y productivos; su influencia en el sur de la península de Yucatán está comprendida entre los años 200 a. C. y 1519 d.C. Calakmul mantuvo conflictos armados con Tikal, Palenque, Dos Pilas y estableció relaciones con otros centros importantes como Piedras Negras, Yaxchilán, El Perú, Cancuén, Naranja y Caracol (Folan, 1999; Carrasco, 2000; Rodríguez, 2000; Martín, 2000).

Los efectos del impacto antrópico sobre la vegetación y el paisaje natural de la selva maya han sido compensados por los procesos de sucesión vegetal o

regeneración de la selva ocurridos con el paso de los siglos, de tal forma que sólo las edificaciones mayores evidencian la presencia humana. Este es el caso de las antiguas ciudades mayas con magníficos centros ceremoniales que florecieron a partir del Preclásico Medio (600-300 a. C), hasta el Clásico Terminal (800-1000 d. C) y Posclásico Tardío (1250-1519 d. C.). Entre los centros más importantes construidos durante más de 2000 años por la cultura maya figuran Calakmul, Xpujil, Hormiguero, Becán, Chicaná, Balamku, Kohunlich, Dzibanche, Alacranes y Río Bec (figura 1).

Después de largo tiempo de aparente abandono, a inicios del siglo XVII, esta selva fue ocupada por pequeños grupos de mayas procedentes del norte de la península, donde ya habían tomado posesión los conquistadores españoles (Konrad, 1999; Macario, 2000). Durante la segunda mitad del siglo XIX la selva sirvió también de refugio a mayas rebeldes que lucharon en la llamada Guerra de Castas. Hacia los primeros años del siglo XX, grandes extensiones de selva se concesionaron a capitales extranjeros que abrieron los primeros caminos e introdujeron grupos de población flotante, originaria principalmente de Veracruz, para trabajar en la extracción del chicle y de la madera. De estas actividades extractivas dan cuenta los vestigios de las grandes centrales chicleras que hacían acopio del látex del chicozapote; aún se encuentran abandonadas en la selva las centrales Villahermosa, La Esperanza, Buenfil, Durango, y el aserradero de Zoh Laguna. (Figura 2.)

La explotación forestal estaba sujeta a condiciones estacionales y era de dos tipos: la maderable que se practicaba durante la época de secas, comprendía de enero a mayo; y la extracción del chicle, en periodo de lluvias. El aprovechamiento maderable fue muy selectivo, enfocándose básicamente a dos especies, el cedro y la caoba. Los chicleros, por su parte, se dedicaron a extraer el látex del chicozapote e hicieron de esta actividad una importante fuente de recursos económicos para la región (Ponce Jiménez, 1990; Konrad, 1999).

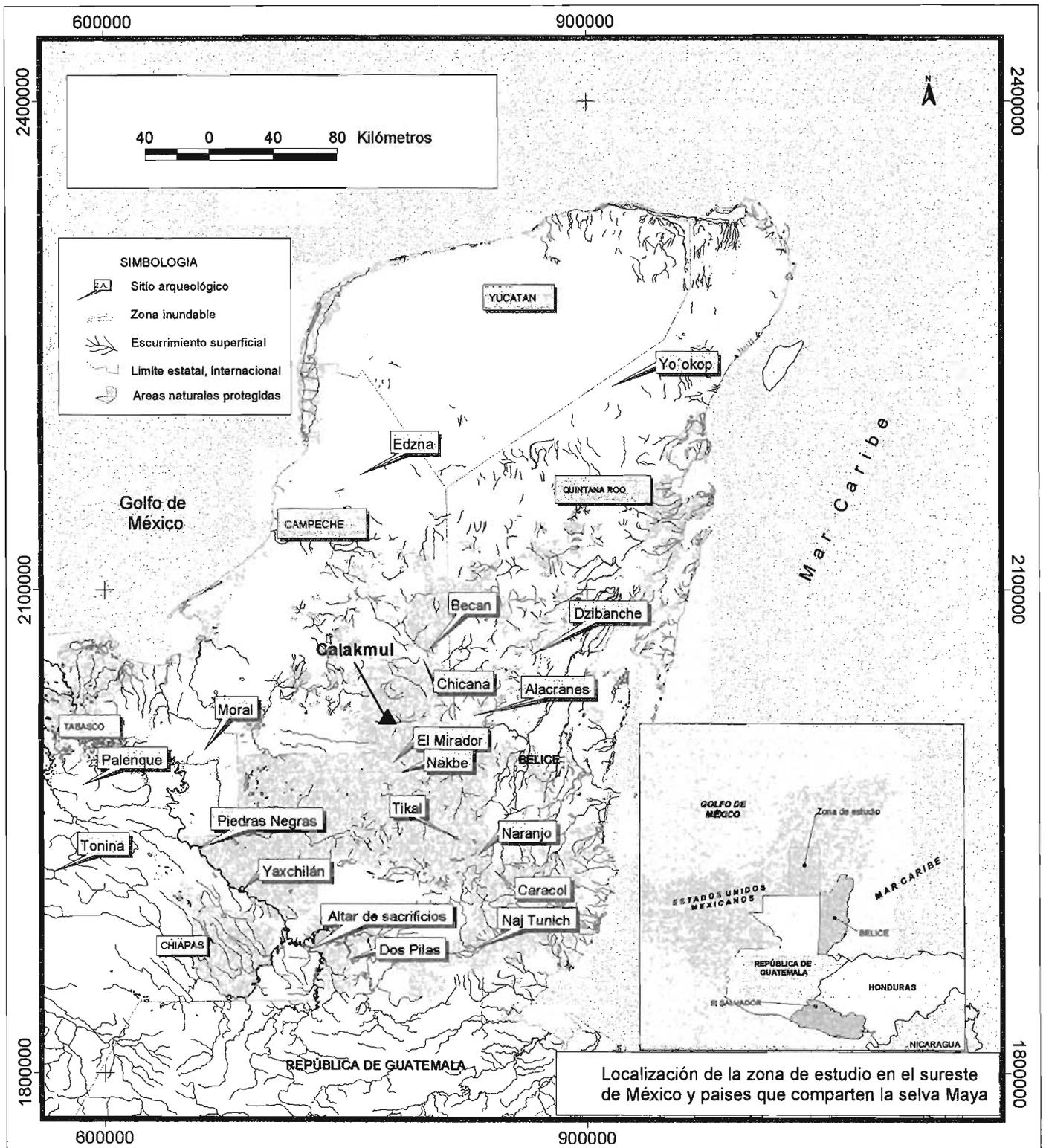


Figura 1. Mapa de localización de algunas edificaciones mayas en sitios que mantuvieron algún tipo de relación con Calakmul durante el periodo Preclásico y Clásico (600 a. C. - 1000 d.C.).

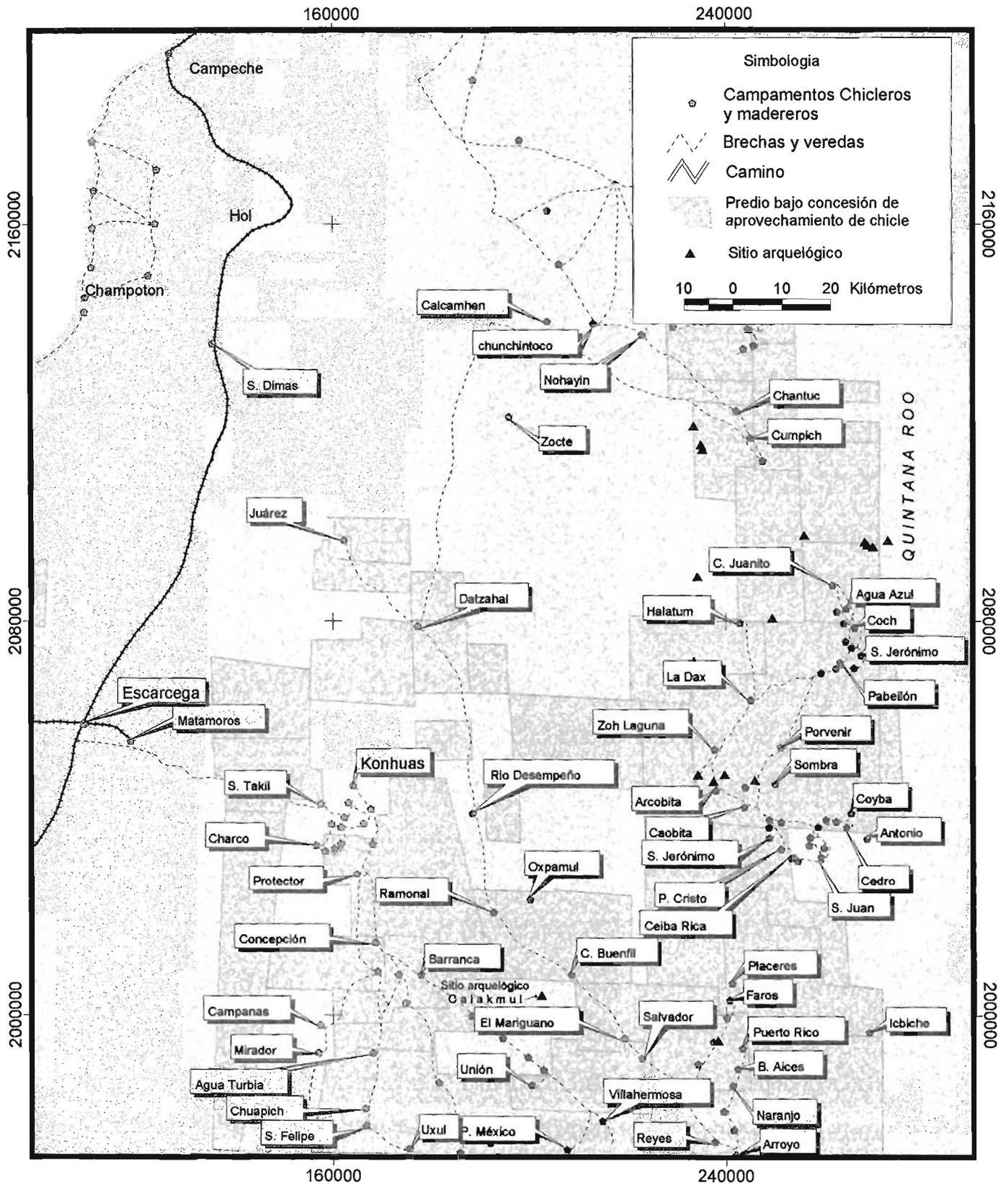


Figura 2. Mapa de concesiones chicleras en 1946 - 1947 en el sur del Estado de Campeche, la madera y el chicle fueron transportados mediante arrias de mulas a centros de acopio para su exportación.

Al patrón espacial de grandes dotaciones forestales en la selva siguió la apertura de caminos, primero con la construcción de la carretera Escárcega-Chetumal en la década de los 60, y después la carretera de Xpujil-Arroyo Negro y de Xpujil-Xcanja. Estas vías fueron el preámbulo de la política de colonización de tierras tropicales en el sur de la península de Yucatán. Con el traslado de las primeras familias comienza la etapa moderna de colonización humana y transformación de la selva. Esta vez no eran mayas peninsulares, sino grupos campesinos inmigrantes de otros estados del país, a quienes se les otorgaron dotaciones agrarias sobre terrenos que fueron antiguas concesiones madereras y de extracción chiclera. Los nuevos colonizadores derribaron la vegetación abriendo paso a la frontera agropecuaria de la región al disponer de áreas para la siembra de maíz, frijol y calabaza conforme al esquema agrícola de roza-tumba-quema; posteriormente se estableció el cultivo mecanizado para la producción comercial del chile y, en menor grado, se introdujeron pastizales para la ganadería (CIECAS, IPN, 1998; Pat, 2000; Morales, 2001).

Las prácticas agrícolas de los nuevos pobladores en la selva fueron itinerantes, de manera que el espacio se transformó lenta pero inexorablemente. Conforme avanzó la colonización humana, el espacio cubierto por las comunidades vegetales de la selva fue sustituido por los estados sucesionales de la vegetación secundaria, las plantaciones y los cultivos perennes, así como por la introducción e inducción de pastizales para la ganadería bovina y ovina; paralelamente las áreas habitacionales aumentaron y se especializaron, surgiendo así los nuevos espacios "rurales" en la selva.

El proceso de colonización humana ha sido impulsado con distintos propósitos por la federación y los gobiernos estatales, en virtud de que las selvas mexicanas representan una región de frontera internacional cuya ocupación se considera estratégica; además, los estados de Campeche y Quintana Roo han visto esta área en litigio limítrofe como una coyuntura para colonizar, y por tanto, sentar precedente de su jurisdicción y mantener una presencia estatal.

Con la política de colonización humana reciente (1962), surgen nuevas formas de apropiación del espacio al decretarse ampliaciones forestales, dotaciones ejidales y Nuevos Centros de Población Ejidal (NCPE). Años después se inicia el proceso de legalización del régimen de pequeña propiedad (1996), este último con el fin de introducir ganadería bovina extensiva en la región. La tenencia de la tierra que sustenta legalmente el cambio de uso del suelo ha dado lugar a un mosaico compuesto y complejo que resulta contradictorio e impreciso al traslaparse diversos intereses (Melo, 2002).

El 13 de mayo de 1989 el *Diario Oficial de la Federación* publicó el decreto mediante el cual se crea la Reserva de la Biosfera Calakmul, asignándole un nuevo papel a la región: conservar y preservar el rico banco de germoplasma que caracteriza a los bosques tropicales, cada vez menos extensos en México y en el mundo.

No obstante que la ocupación humana de la selva siguió los caminos abiertos para extraer la madera y el chicle, la existencia de condiciones ambientales *sui generis* han limitado su expansión, principalmente la escasez de agua durante la época seca del año, que propicia baja densidad poblacional.

En 1996 se erigió el municipio ecológico de Calakmul con una superficie de 16 805 km<sup>2</sup>, pero al crearse el municipio Candelaria en 1998, esa extensión se redujo a 13 839.11 km<sup>2</sup>, con una población de 18 902 habitantes (*Informe del Gobierno del Estado*, 1998).

La reserva de la biosfera Calakmul, como área de conservación de la riqueza biológica de las selvas del sureste de México, representa un claro paradigma de la complejidad que significa preservar y conservar una extensa superficie forestal de selvas en nuestro país. Las circunstancias socioeconómicas de México, y en especial de la región, constituyen un reto que debe ser afrontado por los diversos actores

(gobierno federal, estatal, municipal, centros de investigación, sociedad civil organizada y pobladores) para conciliar el desarrollo socioeconómico de los habitantes con la preservación de la biodiversidad de las selvas de Calakmul.

En este trabajo se aborda el proceso de colonización humana reciente en las selvas de Calakmul desde la perspectiva de la formación de los paisajes antrópicos y la apropiación del espacio como resultado de la aplicación de las políticas de extracción de recursos forestales y la posterior colonización humana con fines de expansión de la frontera agropecuaria en la región. La variación del modelo de aprovechamiento de los recursos de la selva comprende desde la extracción de productos maderables y no maderables (1900–1970), hasta la apertura de la frontera agropecuaria y la formación de núcleos humanos permanentes (1970–1998) con prácticas agropecuarias tradicionales de subsistencia roza-tumba-quema y la posterior introducción de un modelo de agricultura estabilizada con fines comerciales y, en menor grado, la expansión de ganadería bovina extensiva. Estas actividades han generado paisajes antrópicos con diferentes niveles de especialización e impacto sobre la transformación y fragmentación de la selva de Calakmul.

## **II. ANTECEDENTES**

La transformación de bosques y selvas es un problema que preocupa a muchos gobiernos en el mundo, pues se ha reconocido como un proceso antrópico difícil de controlar y revertir. El Instituto de Recursos Mundiales (*World Resources Institute*, 1994) afirma que con base en las estimaciones de la FAO, entre 1981 y 1990 se perdieron anualmente 15.5 millones de hectáreas de bosques y selvas en todo el mundo (Lambryn, 1994), lo que arroja una tasa anual de transformación y pérdida de las selvas y bosques de 0.8 % en el mundo. De acuerdo con estas cifras, México se ubica entre los 10 países con mayor deforestación. En el periodo en cuestión se perdieron 678 000 ha de selvas mexicanas, lo que corresponde a 1.2% de la deforestación anual en el mundo (*ibid.*).

La transformación de la selva maya puede entenderse como un proceso complejo y dinámico en el tiempo y espacio. Un proceso espacial puede definirse como una secuencia de eventos resultantes de ciertas fuerzas físicas, sociales o económicas que modifican el ambiente (Sklar y Costanza, 1991).

Los paisajes antrópicos de la selva son el producto del deterioro de la vegetación a causa de complejos procesos de organización social y cultural, el nivel tecnológico de los productores, las capacidades económicas y el objeto de la producción; todo ello forma una dinámica a través del tiempo y del espacio geográfico.

Considerando los aspectos arriba mencionados se puede afirmar que la formación del paisaje antrópico ocurre de manera altamente variable, y puede depender de los distintos tipos de selva, de las características de la geoformas, los procesos físicos y las actividades socioeconómicas. Si bien algunos de estos factores e interacciones son eventos con ocurrencias y comportamientos predecibles, otros eventualmente se relacionan con la formación del paisaje antrópico están dadas por fenómenos casuales y estocásticos, es decir, impredecibles en un modelo de simulación.

Mientras que los procesos naturales de transformación ambiental propios de los ecosistemas (ej. regeneración y sucesión, incendios naturales, etc.) tienen una dinámica eventual y pueden transcurrir lentamente durante grandes periodos de tiempo, los factores antropogénicos que promueven la transformación de las áreas naturales pueden ocurrir rápidamente y con gran intensidad ya que están ligados a las políticas y economías a nivel regional, nacional e internacional.

Un factor de especial importancia asociado a la fragmentación de las selvas son los conflictos políticos y agrarios que inducen la inestabilidad social y que tienen un efecto directo y determinante en la pérdida de los recursos forestales. En la selva maya y en la reserva Calakmul las guerras civiles (en Guatemala y Chiapas), la inestabilidad política, la ingobernabilidad y las políticas públicas erróneas han acelerado drásticamente la deforestación y transformación de las selvas y bosques

por el aprovechamiento desmedido e incontrolado de los recursos forestales, así como por las invasiones de tierras.

La pérdida de biodiversidad, la fragmentación de selvas y bosques, su transformación y el cambio de uso del suelo están ligados a la deforestación, cuyas principales causas según Mahar y Schneider (1994) son: La expansión de la frontera agrícola-ganadera para el incremento de la producción, la apertura de nuevos caminos y vías de comunicación en áreas antes inaccesibles, la indefinición en la tenencia de la tierra, las colonizaciones dirigidas y la provisión de servicios e infraestructura pública en áreas destinadas a la atracción poblacional, el ofrecimiento de créditos e incentivos fiscales para promover la consolidación de actividades productivas en áreas de la frontera agrícola-ganadera, y la falta de apoyo a las áreas naturales protegidas, parques nacionales y reservas.

Lambyn (1994), por su parte, señala otros factores que pueden sumarse a los anteriores: Crecimiento poblacional, la marginación y la desigualdad social, las políticas gubernamentales erróneas, tecnologías inapropiadas, relaciones internacionales de intercambio, las presiones económicas por las deudas de los países en desarrollo, y la corrupción en el sector forestal.

Otros procesos que conllevan a la apropiación del espacio y la formación de los espacios antrópicos y de los paisajes agrarios en la selva son: *a)* La expansión de las zonas dedicadas a los servicios turísticos y con tendencia al crecimiento demográfico; *b)* la falta de una estrategia efectiva de planificación y ordenamiento del crecimiento de las localidades rurales; *c)* el incremento de la población que habita las selvas por crecimiento intrínseco y la inmigración de habitantes de otros estados del país; *d)* la ausencia de medidas o mínima inversión para la generación de alternativas productivas que permitan transformar los modelos tradicionales de producción rural en sistemas intensivos y adecuados a las condiciones ambientales de la región, lo que permitiría mayor productividad sin disponer de más superficie de selvas, y *e)* la

ignorancia generalizada sobre los valores y servicios ecológicos que brindan las selvas y áreas naturales protegidas a la producción rural y a la vida urbana.

### **Cobertura forestal**

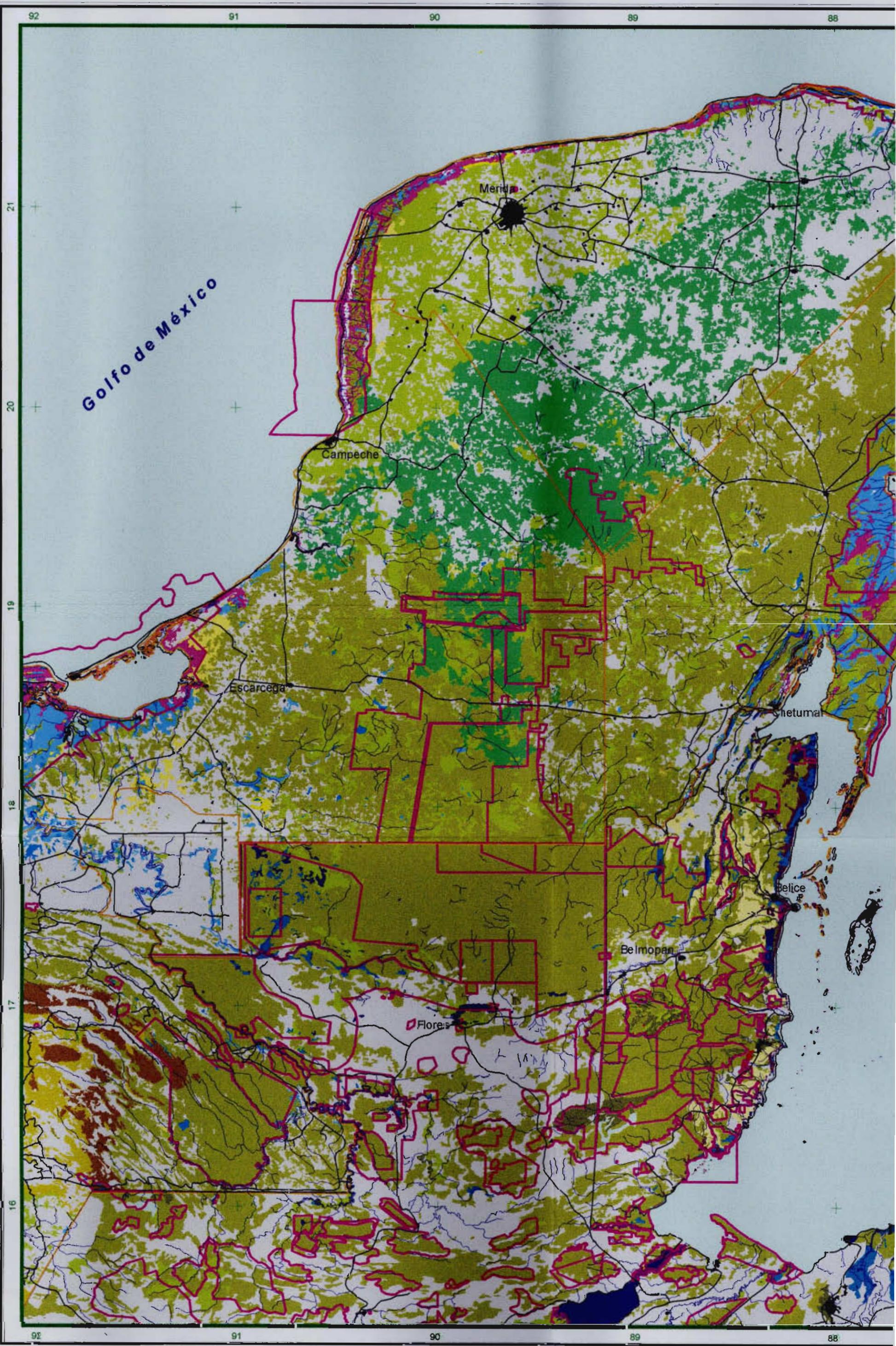
El estado de Campeche aún tiene considerables superficies de selva. Según los datos del *Inventario Nacional Forestal* (2000-2001), la selva alta y mediana perennifolia ocupa 3 700 ha; la selva mediana subperennifolia, 2 135 500 ha; la selva mediana subcaducifolia y caducifolia, 930 200 ha; y las selvas bajas subperennifolias, subcaducifolias y caducifolias abarcan 981 900 ha de la superficie estatal. Las extensiones de selva primaria van transformándose paulatinamente con el avance de la frontera agropecuaria, su reducción en el espacio va aparejada con la pérdida de la biodiversidad. La deforestación y el cambio de uso del suelo en la selva maya han seguido, en principio, la dirección de las vías de comunicación y son paralelos al proceso de apropiación humana y colonización; las áreas transformadas en agricultura permanente, pastizales o plantaciones, al expandirse en el tiempo con el paso de los ciclos agrícolas forman extensas superficies antrópicas donde también prosperan los núcleos urbanos (figura 3).

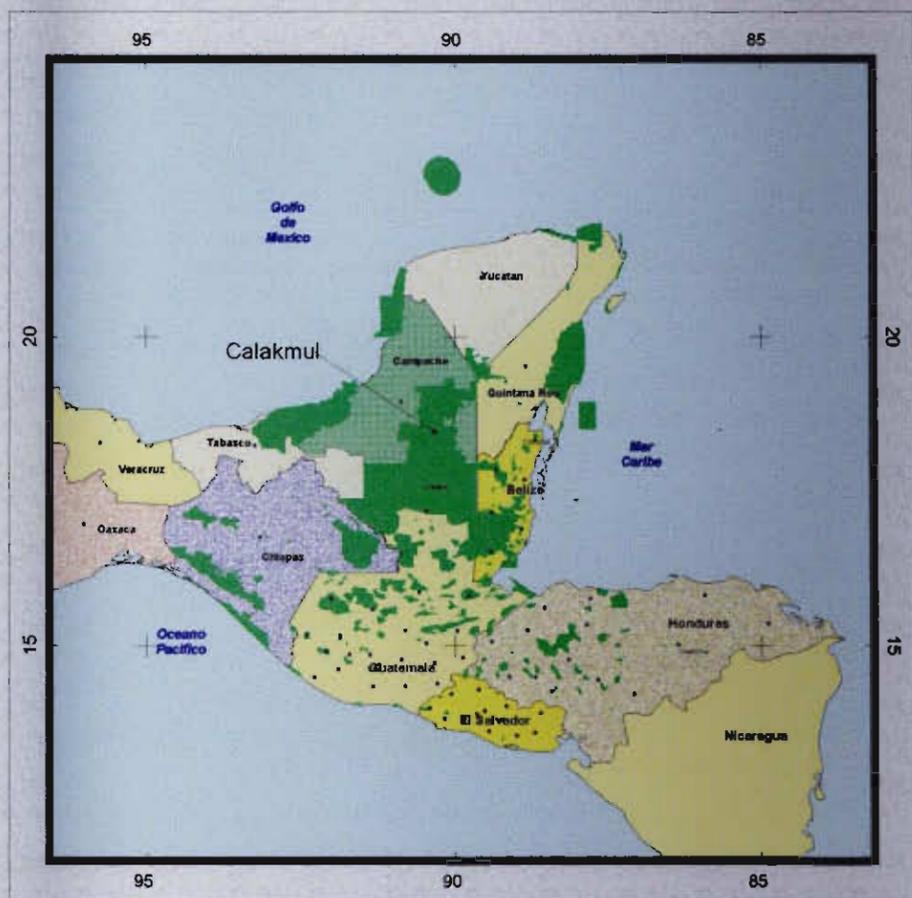
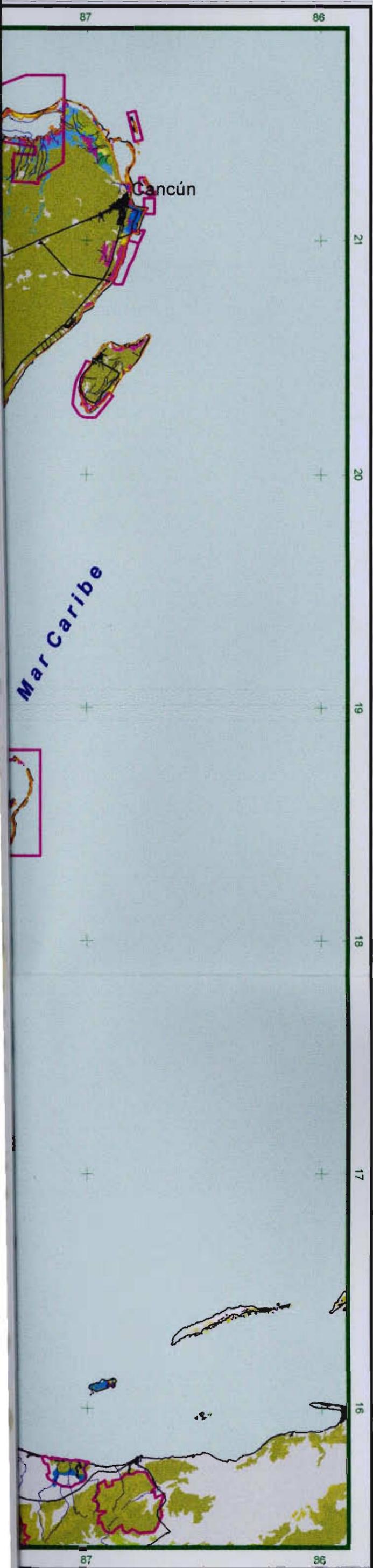
La distribución actual de las comunidades vegetales que se desarrollan en esta región define la situación o estado de transformación y conservación de la selva maya. En este trabajo se clasificaron por su aspecto las comunidades vegetales ubicadas dentro de la reserva; utilizando criterios fisonómicos, las selvas fueron reconocidas por la altura media del dosel y la presencia o ausencia del follaje durante el ciclo anual de las especies arbóreas (figura 4).

Según los datos obtenidos en este estudio para la reserva Calakmul, la selva alta perennifolia y subperennifolia ocupa una superficie de 9781.5 ha, tiene una mayor distribución al sur, donde la precipitación es más abundante (1200 mm anuales), en laderas de poca pendiente y superficies que tienen mayor humedad y buen drenaje, así como sobre valles kársticos cuando las condiciones mesotopográficas del relieve evitan condiciones de inundación prolongada. En el sector norte de la reserva, las selvas altas son poco frecuentes, se distribuyen en

torno a aguadas y sobre los cauces de escurrimientos temporales en donde se concentra la humedad del suelo. Este tipo de vegetación lo constituyen masas forestales cuya altura media sobrepasa 25 metros, con algunos individuos que alcanzan 40 metros de altura; las especies más comunes reportadas por Lundell (1934), Miranda (1958) y Martínez (1999) son:

*Manilkara zapota, Astronium graveolens, Lonchocarpus castilloi, Piscidia piscipula, Enterolobium cyclocarpum, Brosimum alicastrum, Aspidosperma megalocarpon, A. cruentum, Swietenia macrophylla, Tabebuia chrisantha, Bucida buceras, Calophyllum brasiliense, Lonchocarpus hondurensis, Pouteria mygdalina, P. zapota, Sideroxylon foetidissimum, Orbignya cohune, Pouteria reticulata, Pimienta dioca, P. campechiana, Pseudolmedia spuria, Trichilia pallida, Diospyros yatesiana, Bursera simaruba, Rinonera hummelii, Dracaena americana, Gaussia maya, Sabal mauritiformis, Stemmadenia donnellsmithii, Annona primigenia y Exostema mexicana.*





Localización de la Reserva de la Biosfera Calakmul y áreas naturales protegidas del sureste de México y mesoamérica

### LEYENDA

#### Tipos de Vegetación

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  | Selva alta y mediana perennifolia y subperennifolia     |  | Popal -Tular                                      |
|  | Selva mediana subcaducifolia                            |  | Vegetación de dunas costeras halófila y gipsófila |
|  | Selva baja perennifolia, subperennifolia y caducifolia, |  | Vegetación de galería                             |
|  | Bosque mesófilo de montaña                              |  | Manglar   |
|  | Sabana  |  | Palmar  |

#### Uso del suelo

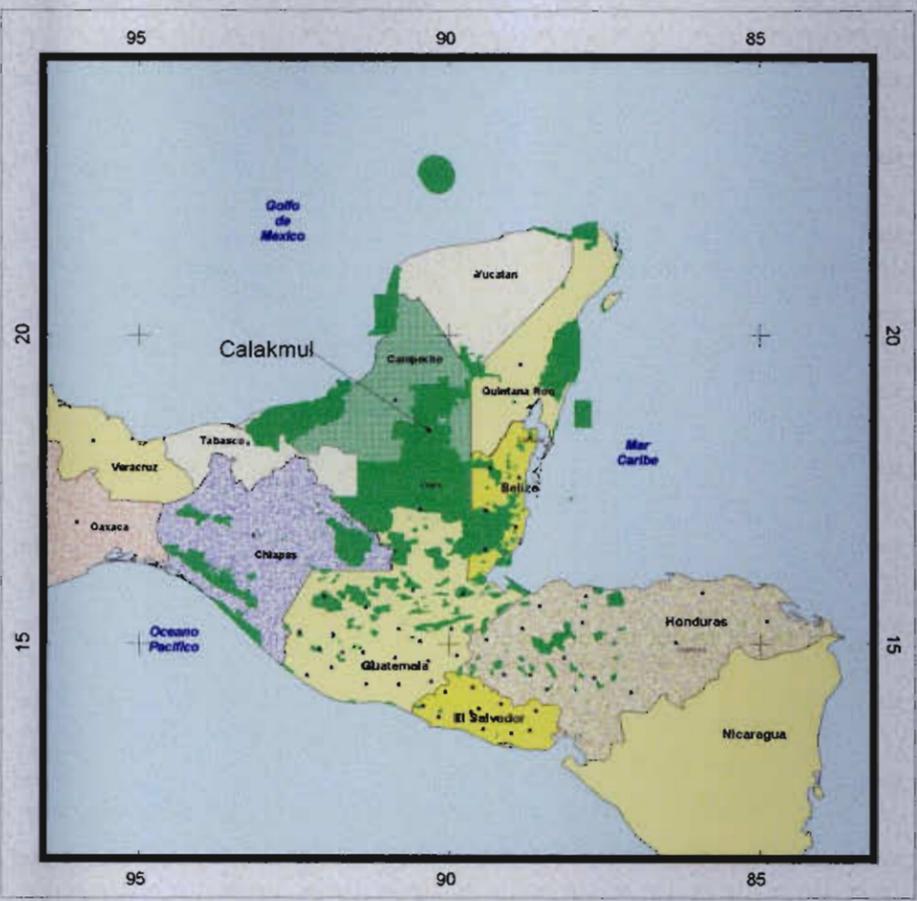
- |   |                         |   |                              |
|---|-------------------------|---|------------------------------|
|  | Agricultura y ganadería |  | Area sin vegetación aparente |
|  | Plantación forestal     |   |                              |

Simplificación y homologación de la leyenda del Inventario Forestal de México 2000- 2001 y tipos de vegetación y uso del suelo del Banco Mundial para Guatemala, Belice, El Salvador y Honduras

#### Fuentes:

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
 Conservación Internacional (Chiapas)  
 Responsables: Ignacio March, Ruth Jimnez, Humberto Pulido  
 El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
 Responsable: Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
 Julio LLanes Monsreal  
 (Unidad Chetumal)  
 Gerardo Garcia-Gil, Janeth Padilla  
 Secretaria de Ecología,  
 Gob. del Estado de Campeche  
 Lorena Borges

Figura 3. Mapa de los tipos de vegetación y uso del suelo, distribución de las áreas protegidas al norte de la República de Guatemala y Belice.



Localización de la Reserva de la Biosfera Calakmul y áreas naturales protegidas del sureste de México y mesoamérica

COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA CALAKMUL, CAMPECHE, MEXICO

LEYENDA

Tipos de Vegetación

- |   |   |
|---|---|
|  Selva alta y mediana perennifolia y subperennifolia     |  Popal -Tular                                      |
|  Selva mediana subcaducifolia                            |  Vegetación de dunas costeras halófila y gipsófila |
|  Selva baja perennifolia, subperennifolia y caducifolia, |  Vegetación de galería                             |
|  Bosque mesófilo de montaña                              |  Manglar   |
|  Sabana  |  Palmar  |

Uso del suelo

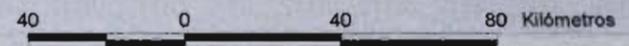
- |   |  |
|---|--|
|  Agricultura y ganadería |  Área sin vegetación aparente |
|  Plantación forestal     |  |

Simplificación y homologación de la leyenda del Inventario Forestal de México 2000- 2001 y tipos de vegetación y uso del suelo del Banco Mundial para Guatemala, Belice, El Salvador y Honduras

SIMBOLOGIA

-  Principales carreteras
-  Escurrimiento superficial
-  Límites políticos
-  Límites de áreas naturales protegidas
-  Localidades humanas
-  Cuerpos de agua

Escala numérica  
3,000,000



Edición e impresión  
Gerardo García-Gil  
Septiembre 2002  
Chetumal, Quintana Roo

Fuentes:

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
Conservación Internacional (Chiapas)  
Responsables: Ignacio March, Ruth Jimnez, Humberto Pulido  
El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
Responsable: Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez, Julio LLanes Monsreal (Unidad Chetumal)  
Gerardo García-Gil, Janeth Padilla  
Secretaría de Ecología,  
Gov. del Estado de Campeche  
Lorena Borges

SISTEMA DE PROYECCION

PROYECCION.....Cónica conforme de Lambert  
DATUM.....NAD27  
ESFEROIDE.....CLARK 1866

Figura 3. Mapa de los tipos de vegetación y uso del suelo, distribución de las áreas protegidas en el sur de la Península de Yucatán, norte de la República de Guatemala y Belice.



COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y  
FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO  
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA

**CALAKMUL, CAMPECHE,  
MEXICO**

*Legenda y Simbologia*

Localidades humanas  
según número de  
habitantes

- 1 - 20
- 20 - 200
- 200 - 1000
- 1000- 2000
- más de 2000

 Escurrimiento superficial  
intermitente

Vías de comunicación

-  Camino pavimentado
-  Terracerias y brechas  
de extracción
-  Pista aérea

Polígono de la Reserva

-  Zona de amortiguamiento
-  Zona nucleo

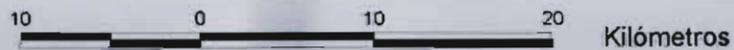
Tipos de vegetación

-  Selva alta perennifolia y subperennifolia
-  Selva mediana subperennifolia  
y subcaducifolia
-  Selva baja subperennifolia y subcaducifolia
-  Selva baja inundable Ak'alché
-  Vegetacion riparia

Uso del suelo

-  Roza-Tumba-Quema
-  Agricultura de temporal
-  Cultivos Perennes
-  Acahual arboreo
-  Acahual arbustivo
-  Acahual herbaceo
-  Pastizal
-  Vegetación perturbada por incendio
-  Zona arqueologica
-  Sin cobertura fotográfica

Escala numérica  
1: 450,000



SISTEMA DE PROYECCION

PROYECCION.....UTM  
ZONA UTM.....16  
CUADRICULA UTM.....30,000 M  
DATUM.....NAD27  
ESFEROIDE.....CLARK1866

Fuentes:

El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
Julio LLanes Monsreal  
(Unidad Chetumal)  
Gerardo Garcia-Gil, Janeth Padilla  
Secretaria de Ecología Gob. del  
Estado de Campeche  
Lorena Borges

Edición e impresión  
Gerardo Garcia-Gil  
Septiembre 2002  
Chetumal, Quintana Roo

Figura 4. Mapa de los tipos de vegetación y  
uso del suelo en la Reserva de la  
Biosfera Calakmul

La selva mediana subperennifolia es la comunidad que predomina en la reserva. La altura media que alcanza el dosel de la masa forestal oscila entre 15 y 25 metros. Con una superficie de 471 650.1 ha. Algunas especies son árboles emergentes, tales como la ceiba (*Ceiba pentandra*), el ramón (*Brosimum alicastrum*), chicle (*Manilkara zapota*) y palo mulato (*Bursera simaruba*). Además del estrato arbóreo, se presenta un estrato arbustivo de aproximadamente tres metros de altura. El estrato herbáceo no se encuentra bien definido. Lundell (1934) y Martínez (1999) reportan para esta comunidad las siguientes especies: *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota*, *Talisia olivaeformis*, *Guettarda combsii*, *Pouteria reticulata*, *Swartzia cubensis*, *Bursera simaruba*, *Bucida buceras*, *Gaussia maya*, *Swietenia macrophylla*, *Simaruba glauca*, *Lonchocarpus guatemalensis*, *Protium copal*, *Croton icche*, *C. lundelli*, *Talisia floresii*, *Thevetia gaumeri*, *Pimienta dioca*, *Platymiscium yucatanum*, *Sabal mauritiformis* y *Cryosophila argentea*.

La selva mediana subcaducifolia cubre una superficie de 10 108.6 ha, se distribuye al norte de la reserva y en la vertiente oeste de la meseta de Zoh-laguna, sobre ampliaciones forestales de Hopelchén. La altura media del dosel se encuentra entre 15 y 25 metros. Lundell (1934) y Martínez (1999) reportan como especies dominantes: *Guaiaacum sanctum*, *Manilkara zapota*, *Lonchocarpus yucatanensis*, *Bursera simaruba* y *Astronomium graveolens*; además se encuentran: *Gymnanthes lucida*, *Thouinia paucidentata*, *Esenbeckia sp.*, *Cordia dodecandra*, *Talisia olivaeformis*, *Croton lundelli*, *Croton icche*, *Krugiodendron ferreum*, *Dyospiros salicifolia*, *Exostema caribaeum*, *Brosimum alicastrum*, *Erethia tinifolia*, *Acacia gaumeri*, *Spondias mombin*, *Vitex gaumeri*, *Metopium brownei*, *Lysiloma latisiliqua*, *Piscidia piscipula*, *Guettarda combsii* y *Platymiscium yucatanum*.

Las selvas bajas son comunidades vegetales que tienen una altura promedio del dosel por debajo de 15 metros de altura; fueron diferenciadas por su fisonomía y ubicación, en tres subtipos: selva baja subperennifolia, selva baja caducifolia y selva baja inundable (*ak'alché*). La selva baja subperennifolia cubre una superficie de 105 616.3 ha. Lundell (1934) y Martínez (2001) reportan las siguientes especies: *Beaucarnea plibilis*, *Guaiaacum sanctum*, *Astronomium graveolens*, *Gymnopodium*

*floribundum*, *Thouinia paucidentata*, *Manilkara zapota*, *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Esenbeckia sp*, *Piscidia piscipula*, *Clusia sp*, *Lysiloma latisiliqua* y *Metopium brownei*. Otras especies arbóreas conspicuas en esta comunidad son: *Exostema caribaeum*, *Vitex gaumeri*, *Anona primigenia*, *Pylocarpus racemosus*, *Thouinia paucidentata*, *Machaonia lindeniana*, *Amyris elemifera*, *Chrysophyllum mexicanum*, *Jacquinia macrocarpa*, *Sideroxylon salicifolium*, *Jatropha gaumeri*, *Plumeria obtusifolia*, *Hampea trilobata*, *Lysiloma latisiliqua*, *Platymiscium yucatanum*, *Caesalpinia gaumeri*, *Talisia olivaeformis*, *Cordia dodecandra*, *Coccoloba reflexiflora*, *Nopalea gaumeri*, *Diospyros anisandra*, *D. salicifolia*, *Ateleia gumifera*, *Cecropia peltata*, *Byrsonima bucidaefolia*, *Casearia emarginata*, *Diphysa carthagenensis*, *Gliricidia maculata*, *Lonchocarpus rugosus*, *L. xuul*, *Agonandra ovatifolia*, *Hemiangium excelsum*, *Tabebuia chrysantha*, *Cedrela odorata*, *Caesalpinia ovata*, *Spondias mombin*, *Exotea diphylla*, *Ehretia tinifolia*, *Abarema sp*, *Coccoloba acapulcensis*, *C. shediana*, *Acrocomia mexicana*, *Croton lundelli* y *Zuelania guidonia*.

Las comunidades de selva baja caducifolia fueron clasificadas considerando que aproximadamente de 50 a 75% de los individuos pierden las hojas en la época seca del año (enero-mayo). Ocupan 2469.8 ha. Su distribución es limitada en la reserva, sólo se encuentran en el sector norte, principalmente en la vertiente oeste de la meseta de Zoh-Laguna, en mesetas de desarrollo kárstico con suelos muy poco desarrollados. Martínez (1999) reporta que la apariencia de los tipos de vegetación en Calakmul puede variar dependiendo de las condiciones de humedad anual. Si las precipitaciones son abundantes en el año o se adelantan, entonces las selvas caducifolias adquieren el aspecto de selvas subcaducifolias o subperennifolias o viceversa.

La selva baja inundable tiene una extensión de 82 589.6 ha, es llamada localmente ak'alché, y corresponde a depresiones topográficas en donde prevalecen los suelos inundados en periodos de cinco a seis meses. Localmente se les conoce como tintales por la abundancia de "palotinto" o "palo de campeche", *Haematoxylon campechianum*. En esta selva es frecuente encontrar epífitas en abundancia. Martínez (1999) reporta como especies dominantes: *Byrsonima bucidaefolia*, *Haematoxylon*

*campechianum*, *Myrtaceas sp*, *Croton icche*, *Bucida buceras*, *Metopium brownei* y *Cameraria latifoliada*. También se encuentran: *Diospyros bumelioides*, *Ateleia gumifera*, *Erytroxylum ovatum*, *E. rotundifolium*, *E. bequaertii*, *Coccoloba cozumelensis*, *C. reflexiflora*, *C. spicata*, *Gymnopodium floribundum*, *Chiococca alba*, *Guettarda gaumeri*, *Hintonia octomera*, *Randia aculeata*, *R. longiloba*, *Bumelia celastrina*, *Mimosa bahamensis*, *Jacquinia cacrocarpa*, *Manilkara zapota*, *Bravaisia berlandieriana*, *Lonchocarpus xuul*, *Hyperbaena winzeringii*, *Cordia dodecandra*, *Bursera simaruba*, *Malpigia lundelli*, *Hemiangium excelsum*, *Plumeria obtusa* y *Crescentia cujete*.

La vegetación hidrófita ocupa una superficie de 1581.8 ha. La componen varias especies que están restringidas a superficies y orillas de las aguadas y zonas de inundación. Las especies principales de hidrófitas son *Typha dominguensis* y *Pistia stratiotes*.

### **Creación de la reserva**

Con el propósito de hacer frente a la deforestación y transformación de la selva del sur de la península de Yucatán, el *Diario Oficial de la Federación* publicó el 13 mayo de 1989, el decreto presidencial mediante el cual se establece la Reserva de la Biosfera Calakmul con una superficie total de 723 185 ha, que incluye dos zonas núcleo: la I (sur) con 147 915 ha, y la II (norte) con 100 345 ha; y una zona de amortiguamiento que abarca 474 924 ha.

Aunque la reserva se creó en 1989 no fue sino hasta 1995 cuando entró en vigor el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el cual permitió que la reserva Calakmul y otras reservas del país tuviesen una estructura administrativa para su operación conforme a un plan de manejo diseñado para atender las necesidades de conservación y protección. Los objetivos generales y particulares reconocidos en dicho plan se resumen en los siguientes términos (INE, 2000; Melo, 2002):

## Objetivo general

- Lograr la conservación de los elementos naturales que integran los ecosistemas de la reserva; promover actividades para lograr un desarrollo sustentable, contribuyendo al establecimiento de un ordenamiento ecológico que asegure la protección y el mantenimiento de la flora y fauna a largo plazo, así como contribuir a mejorar la calidad de vida de sus habitantes, y elaborar normas que permitan regular y orientar acciones de protección e investigación, así como el aprovechamiento de los recursos naturales.

Los objetivos particulares que establece el plan de manejo INE (2000) refieren las siguientes actividades específicas y acciones para el funcionamiento de la reserva:

- Establecer estrategias para asegurar la protección de los ecosistemas neotropicales representativos de la región del Petén y península de Yucatán, en particular las selvas subperennifolias y las zonas inundables (ak'alché) que las caracterizan.
- Definir las líneas de acción para la preservación de la diversidad genética y la continuidad evolutiva de las plantas y animales existentes en la región, en particular las especies endémicas amenazadas o en peligro de extinción, así como de aquellas que representan recursos productivos actuales o potenciales para los habitantes de la región y la sociedad en general.
- Establecer lineamientos para lograr el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales que aseguran el ciclo hidrológico, la conservación de los suelos, la estabilidad climática y los procesos naturales de sucesión de las diversas formas vegetales.
- Promover el desarrollo de opciones productivas para la población local con base en el aprovechamiento racional, integral y sustentable de los recursos naturales, contribuyendo con ello a mejorar su calidad de vida mediante proyectos alternativos compatibles con los objetivos de las áreas nacionales protegidas.

- Establecer acciones tendientes a la capacitación productiva y aplicación de tecnología apropiada, así como el fomento de una cultura ambiental, particularmente en las localidades existentes dentro de la Reserva, así como las comunidades con las que interaccionan.
- Promover estrategias para el desarrollo de la actividad ecoturística en forma regulada, que vaya de acuerdo con los principios de conservación y que estén encaminadas a producir una derrama económica en beneficio de los pobladores de la Reserva y su zona de influencia.
- Fomentar la realización de actividades de investigación científica, relacionada con la conservación y uso racional de los recursos naturales.
- Establecer una coordinación con el Instituto Nacional de Antropología e Historia para lograr la protección de los recursos históricos existentes en la Reserva y en su zona de influencia, incluyendo el cuidado de los sitios arqueológicos.
- Desarrollar programas de interpretación y recreación ambiental a través del uso de medios y técnicas de comunicación.

El plan de manejo de la reserva establece actividades de preservación de la naturaleza, conservación y uso de los recursos naturales, y el desarrollo social de las comunidades que la habitan. Estos elementos son básicos dentro del esquema teórico-conceptual del funcionamiento de una reserva de biosfera.

El concepto de reserva de la biosfera como figura jurídica de conservación fue adoptado en 1970 por la Décimosexta Asamblea General de la UNESCO —la cual estableció además el programa *El hombre y la biosfera* (MAB)—. La definición de este criterio jurídico es un reflejo del avance en la conceptualización del manejo de los recursos naturales por las comunidades humanas y la conservación de la naturaleza, y marca una separación importante de la noción *parque nacional*, concepto antecesor de *área protegida*, acuñado alrededor de 1870 en los Estados Unidos y Australia con motivo de un proyecto de ordenamiento del territorio promovido por la creciente necesidad de distribución y privatización de tierras. En ese contexto se consideró que

los territorios declarados parques nacionales estaban desocupados, aunque no siempre fue así. En 1969, la Décima Asamblea General de la UICN en Nueva Delhi, India, dispuso que un parque nacional debería reunir, entre otras, las siguientes características:

Contar con uno o varios ecosistemas que no hayan sido alterados materialmente por la explotación y ocupación humana, donde las especies animales y plantas y las condiciones topográficas y los hábitats sean de especial interés científico, educacional y recreativo, o donde existan paisajes naturales de excepcional belleza.

Que Las autoridades centrales hayan tomado medidas para impedir la explotación u ocupación en el área y para garantizar el respeto y la conservación de los valores ecológicos, físicos y estéticos.

Las visitas son permitidas, bajo normas especiales para los fines inspirativos, educativos, culturales y recreativos.

El esquema de conservación de parque nacional presupone que el espacio no esta socialmente ocupado, por lo que no habría conflicto de intereses por tenencia de la tierra, y conjetura la existencia de un poder central que puede tomar las medidas pertinentes para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados. Sin embargo, estas condiciones no prevalecen en México en las áreas de especial importancia biológica, por lo que es necesario aplicar otros modelos, por ejemplo, el de reserva de biosfera, que pondera la conservación del material genético sin menoscabo de las poblaciones humanas que habitan esos ecosistemas, reconociendo su diversidad cultural y la riqueza del material genético que han manejado los grupos humanos tradicionalmente desde hace cientos de años (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995; Melo, 2002).

Teóricamente, los problemas que implica la conservación de la naturaleza y el desarrollo social en un área protegida, se resuelven al crear una zonificación con base en estudios científicos para diferenciar zonas núcleo, en donde se restringen totalmente las actividades humanas, incluso la investigación científica estaría controlada; y las zonas de amortiguamiento, cultural, de uso extensivo, etc. donde se realizarían preponderantemente actividades de investigación, educación ambiental, monitoreo de especies y procesos ecológicos, estudio de sistemas de aprovechamiento de recursos naturales, restauración y recuperación ecológica, y conservación de la diversidad biológica.

El concepto de reserva de la biosfera ha enfrentado múltiples problemas en la práctica a nivel mundial, y su desarrollo depende de los criterios de cada país que lo aplica. En el caso de México, se ha intentado involucrar a los pobladores locales en la operación y correcto funcionamiento de reservas de biosfera. Vincular la conservación y el desarrollo ha sido el reto de la operación de las reservas de este tipo cuando se pretende manejar las selvas en beneficio de los grupos que las habitan pero sin menoscabo de la biodiversidad. Esta tarea por su magnitud e implicaciones sociales y políticas no puede ser resuelta cabalmente por un organismo o institución, se requiere de la participación organizada de múltiples actores sociales (Gómez-Pompa y Dirzo, 1995; Melo, 2002).

Durante los últimos diez años, la selva maya y la reserva Calakmul han sido objeto de estudio y proyectos por varias instituciones y organismos con muy diversos intereses, cuyo impacto en la región ha dependido del esfuerzo realizado, la duración de los proyectos y su trascendencia .

Entre las organizaciones civiles, dependencias gubernamentales y centros de docencia e investigación que han realizado trabajos de investigación y desarrollo en la reserva se pueden mencionar: Pronatura Península de Yucatán, Fondo Mundial para la Vida Silvestre México (*World Wide Fund*) (WWF), *The Nature Conservancy* (TNC), El programa Bosque Modelo Calakmul (Red Internacional de Modelos de Trabajo

Práctico de Gestión Forestal Sustentable), Amigos de Calakmul, Naturaleza compartida A. C., Programa de acción forestal tropical A. C. *Global Environmental Facility* (GEF), Trópica Rural Latinoamericana A. C., Consejo Regional Agrosilvopecuario y de Servicios de Xpujil (CRASX), Consejo Regional Indígena y Popular de Xpujil, S.C. (CRIPX), Unión de Ejidos Chileros Ecológicos de Calakmul, Plan Piloto Chiclero, Unión de Productores de Chicle Natural, Unión de Pimenteros, Unión de Mujeres "La fuerza del trabajo", ARIC Madereros de Calakmul, Unión Nacional de Organización de Forestería Comunal, Sociedad de Promotores Campesinos Asesores Conservacionistas de Calakmul, Sociedad de Apicultores, Proyecto Calakmul Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), Universidad Autónoma de Campeche, Centro de Investigaciones Históricas y Sociales Universidad Autónoma de Yucatán (Facultad de Veterinaria y Zootecnia), El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Instituto de Ecología de la UNAM, Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Conservación Internacional México (CI), Clark University, Harvard Forest Project, International Center for Research on Agroforestry (ICRAF), Iniciativa Calakmul, Servicios Ecoturísticos Calakmul y Campesinos Ecológicos de Calakmul.

Las organizaciones civiles que han tenido mayor presencia e impacto en la región de Calakmul durante los últimos diez años son Pronatura-Península de Yucatán, Bosque Modelo, Trópica Rural Latinoamericana A.C., y el Consejo Regional Agrosilvopecuario y de Servicios de Xpujil, S.C. (CRASX).

Pronatura-Península de Yucatán gestiona recursos ante el *WWF* y el *TNC* para la realización de inventarios de especies (aves, mamíferos, reptiles), listados florísticos y cartografía temática. En el aspecto socioeconómico, Pronatura-Yucatán ha organizado cursos y talleres con los campesinos de las comunidades fuera y dentro de la reserva para la aplicación de cultivos de cobertura, abonos verdes, agricultura orgánica y prácticas agrícolas para la estabilización de la milpa, apicultura, manejo de fauna y educación ambiental. También se trabaja con mujeres en actividades productivas complementarias a la economía campesina. Los técnicos y personal de campo de

Pronatura formaron recientemente la organización Naturaleza Compartida A.C., que se propone incidir de manera más directa en los proyectos de organización y gestión de recursos en la región.

Bosque Modelo es una organización local fundada con base en los lineamientos propuestos por la Red de Bosques Modelos Canadá, cuyo objetivo principal consiste en la ordenación sustentable del bosque, para lo cual se busca promover el diseño de modelos de ordenamiento apropiados a las características de los socios, con el apoyo de una red internacional de modelos de trabajo práctico de gestión forestal sustentable. Esta organización se encargó del financiamiento de plantaciones campesinas con fondos del programa de reforestación y Sedesol. Inicialmente, Bosque Modelo disponía de considerables recursos otorgados por el gobierno canadiense para la capacitación y formación técnica y forestal de un grupo técnico que brindaría servicio a los ejidos asociados. Sin embargo, pugnas internas e intereses políticos antagónicos han dañado severamente a esta agrupación, haciéndola inestable por lo que ha perdido constancia y credibilidad en la región.

Trópica Rural Latinoamericana A.C., se formó con personal técnico del Plan Piloto Forestal de Quintana Roo, con experiencia en inventarios forestales, gestión de recursos a través de la organización campesina y ordenamiento de la actividad forestal. Opera con fondos internacionales y de organizaciones civiles nacionales.

El Consejo Regional Agrosilvopecuario y de Servicios de Xpujil, S.C. (CRASX), se creó para hacer llegar a la región recursos financieros dispuestos por Sedesol para proyectos productivos (cultivo de chile, maíz, introducción de hatos ganaderos). Su operación y funcionamiento interno depende de la oportunidad de allegarse estos recursos, lo que varía notablemente dependiendo de coyunturas políticas y crisis económicas sexenales. Disidentes políticos de esta organización, principalmente de origen chol (chiapanecos), formaron el Consejo Regional y Popular de Xpujil S.C. (CRIP) al no estar de acuerdo con el manejo y la política en la asignación de recursos por el CRASX.

Las actividades de investigación en la selva de Calakmul han estado a cargo de instituciones académicas nacionales y, en menor medida, extranjeras; se pueden mencionar: El Centro de Investigaciones Históricas y Sociales de la Universidad Autónoma de Campeche, cuyos investigadores elaboraron el sexenio pasado una primer versión del Plan de manejo para la reserva Calakmul; el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México estudia la movilidad de jaguares, con ayuda de telemetría; el Colegio de la Frontera Sur realiza inventarios de varias especies silvestres (faunísticos, aves, mariposas), trabajos ecológicos sobre monos aulladores, murciélagos y pavo ocelado, este último con telemetría; también hace estudios edafológicos y de cambio de uso del suelo, e investigaciones en salud y demografía humana. La Conabio ha apoyado diversos proyectos de investigación básica, inventario y taxonomía de especies en la selva de Calakmul.

### **III. OBJETIVOS**

Con el fin de abordar los estudios del proceso de colonización humana reciente y formación de los espacios agrarios en la reserva de la Biosfera Calakmul, se plantearon los siguientes objetivos en esta tesis.

- Investigar la estructura y dinámica del espacio geográfico en la reserva de la biosfera Calakmul, para conocer el proceso de colonización reciente y de transformación del paisaje natural y la formación de los paisajes agrarios de una región del trópico, que ha sido abierta recientemente a la ocupación humana y a la frontera agropecuaria.
- Analizar el estado actual de tenencia de la tierra y sus patrones de cambio de uso del suelo según la forma de apropiación del espacio mediante la generación de una base geográfica digital.

- Analizar la transformación del paisaje mediante un seguimiento de las principales actividades productivas que se realizan en la reserva y su posible influencia en la conservación de los recursos de naturales.

#### **IV. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

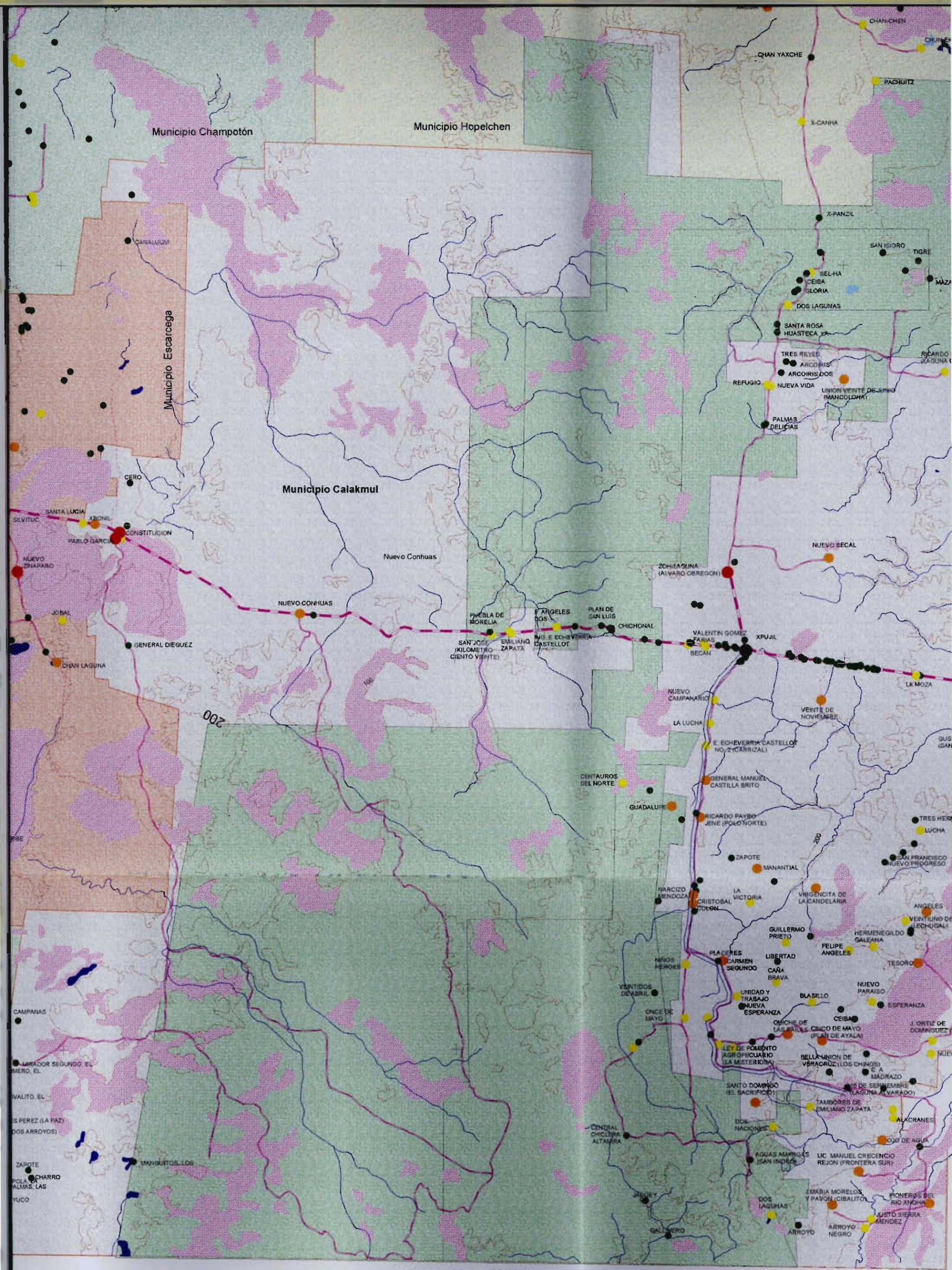
- 1) El proceso de colonización humana y la apropiación del espacio en Calakmul están expresados y diferenciados espacialmente en la formación del paisaje como resultado de un proceso histórico reciente de adecuación social y productiva de inmigrantes a la región, y de la disponibilidad natural del agua.
- 2) La conformación de los paisajes agrarios en la región de estudio es el resultado de procesos humanos recientes que se encuentran en una fase técnica inicial de innovación y adaptación productiva.

#### **V. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La reserva Calakmul se encuentra en lo que podríamos llamar el centro de la selva maya. Dentro del polígono de la reserva hay 38 localidades donde viven más de 700 personas, en su mayoría emigrantes de otros estados de la república, principalmente de Chiapas, Veracruz, Tabasco y Michoacán. En la ubicación de las localidades se pueden reconocer dos patrones. Un patrón lineal que va siguiendo la dirección de los caminos, ya sea sobre la carretera Escárcega-Chetumal o sobre el camino de dirección norte-sur, X-canja-Arroyo Negro; el segundo patrón es irregular y está definido por la sucesión histórica de dotaciones agrarias; se localiza al sur, cerca del límite internacional con Guatemala y Belice (figura 5).

Las selvas de Calakmul conservan baja densidad demográfica que puede explicarse en función de las restricciones naturales que han dificultado el proceso de colonización humana, siendo la disponibilidad de agua el elemento crítico y el factor condicionante. Por esta razón, varios de los intentos colonizadores se vieron

frustrados, la mejor evidencia de ello es el reducido número de pobladores que persiste en muchas de las localidades en la zona. Existe una relación obligada entre localidades humanas y los depósitos naturales de la precipitación pluvial (dolinas) llamados localmente aguadas, que en muchos casos son de capacidad limitada. La carencia de agua ha sido resuelta de varias maneras por lo que la situación restrictiva tiende a cambiar paulatinamente. Algunas comunidades reciben agua en camiones cisterna, el recurso es racionado durante la época seca del año; en otros casos se han realizado distintas obras hidráulicas que van desde jagüeyes a cielo abierto, cisternas que utilizan techos de lámina para colectar aguas pluviales en algunas localidades, hasta una tubería que se alimenta de la laguna de Alvarado al sur de la zona, llevando agua a más de 70 kilómetros de distancia con la ayuda de tres cárcamos o estaciones de bombeo.



Municipio Champotón

Municipio Hopelchen

Municipio Escarcega

Municipio Calakmul

Nuevo Conhuas

NUEVO CONHUAS

PEÑOLA DE MORELIA

ANGELÉS DOS

PLAN DE SAN LUIS

CHICHONAL

VALENTIN GOMEZ FARIAS

BEGAN

XPUJIL

LA MOZA

SAN JOSE (KILOMETRO CIENTO VEINTE)

EMILIANO ZAPATA

ANGELÉS CASTELLOT

CHICHONAL

VALENTIN GOMEZ FARIAS

BEGAN

XPUJIL

LA MOZA

GENERAL DIEGUEZ

CENTAURUS DEL NORTE

GUADALUPE

RICARDO FAYSO JENE (POLYORTE)

NARCISO MENDOZA

CRISTOBAL DOTON

LA VICTORIA

GUILLERMO PRIETO

LIBERTAD

CAÑA BRAVA

UNIDAD Y TRABAJO

ESPERANZA

OMICHE DE LAS PAJILLAS

LEY DE FOMENTO AGROPECUARIO (LA MISTERIOSA)

SANTO DOMINGO (EL SACRIFICIO)

BELLA UNION DE VERACRUZ (LOS CHINOS)

CINCO DE MAYO (PLAN DE AYALA)

SANTO DOMINGO (EL SACRIFICIO)

TAMBORES DE EMILIANO ZAPATA

DOS NACIONES

AGUAS AMARILLAS (SAN ISIDRO)

AGUAS AMARILLAS (SAN ISIDRO)

LIC. MANUEL CRESCENCIO REJON (FRONTERA SUR)

JIMARIA MORELOS Y PAVON (CIBALITO)

PIONEROS DEL RIO XINCHA

JUSTO SIERRA MENDEZ

ARROYO NEGRO

ARROYO

COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y  
 FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO  
 EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA  
**CALAKMUL, CAMPECHE,**  
**MEXICO**

**SIMBOLOGIA**

LOCALIDADES \*  
 (según número de habitantes)

- |               |  |
|---------------|--|
| ● 1 - 91      | — Laguna Intermitente                    |
| ● 91 - 292    | — Laguna Perenne                         |
| ● 292 - 627   | — Zona sujeta a Inundacion               |
| ● 627 - 1233  | — Reserva de la Biosfera Calakmul        |
| ● 1233 - 2421 | — Acueducto Laguna de Alvarado - X-Pujil |
|               | — Vías de comunicación                   |

\* Censo Nacional de Población y Vivienda INEGI 2000

Escala numérica  
 1:600,000

10 0 10 20 Kilómetros

**SISTEMA DE PROYECCION**

PROYECCION.....UTM  
 ZONA UTM.....16  
 CUADRICULA UTM.....50,000 M  
 DATUM.....NAD27  
 ESFEROIDE.....CLARK1866

**Fuentes:**

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
 Conservación Internacional (Chiapas)  
 Responsables: Ignacio March, Ruth Jimnez, Humberto Pulido  
 El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
 Responsable: Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
 Julio LLanes Monsreal  
 (Unidad Chetumal)  
 Gerardo Garcia-Gil, Janeth Padilla  
 Secretaría de Ecología del Estado  
 de Campeche  
 Lorena Borges

Edición e impresión  
 Gerardo García-Gil  
 Septiembre 2002  
 Chetumal, Quintana Roo

Figura 5. Mapa de localización de las principales  
 localidades humanas en la zona de estudio.

Respecto al valor ecológico de la reserva Calakmul, se puede argumentar que es el área protegida más extensa de México dedicada a la conservación de bosques tropicales. Su valor ecológico se ve incrementado por la continuidad biológica con otras áreas que mantienen adecuada cobertura forestal (áreas protegidas en México Sian Ka'an, Balamkin, la reserva Maya en Guatemala, Río Bravo en Belice). Las amenazas que enfrenta esta selva maya están relacionadas directamente con la falta de una planeación regional con visión de largo plazo y las demandas sociales de tierras para la subsistencia por parte de nuevos colonos, lo que implica, bajo el modelo económico actual, la alteración de la selva debido al expansionismo de la frontera agropecuaria que induce modificaciones en los paisajes naturales por cambio de uso del suelo. El proceso de colonización humana anárquico y la transformación del espacio en grandes superficies daría origen a un proceso de fragmentación y reducción de la selva con la consecuente pérdida de biodiversidad.

El estado del conocimiento biológico en la región no se considera completo, según los listados de especies reportadas por Ceballos (1999), Galindo-Leal (1999), Martínez et al. (1999), Berlanga *et al.* (2000), Martínez (2001), Morales y Magaña (2001), el Instituto Nacional de Ecología (2001) y Vargas et al. (2001) (véase figura 6) existe una predominancia de embriophytas, representadas por 147 familias, 924 géneros y 2408 especies; las familias mejor representadas según los listados florísticos consultados son: *Leguminosae*, *Compositae*, *Gramínae*, *Euphorbiaceae* y *Orquidae* (figura 7). La distribución de angiospermas representa 99% y las dicotiledóneas, 77% (figura 8). En cuanto a fauna silvestre, los grupos mejor representados son las aves, con 318 especies; y los mamíferos, con 108 (figura 9). Las formas de vida mejor conocidas son las aves (54%) y los mamíferos (16%), mientras que los grupos menos representados son los peces y los anfibios (figura 9). Con respecto al status que guarda la flora y fauna silvestre de la zona de estudio, según la Norma Oficial Mexicana (NOM) los grupos que tienen mayor número de especies son las aves y los mamíferos.

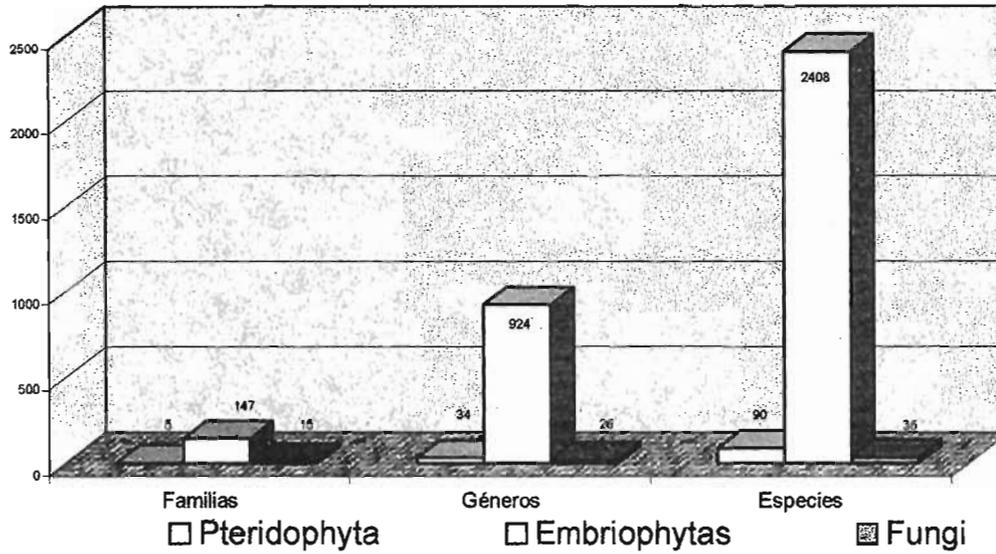


Figura 6. Distribución de familias, géneros y especies de flora y fungi reportados en la reserva Calakmul y áreas próximas de la selva Maya.

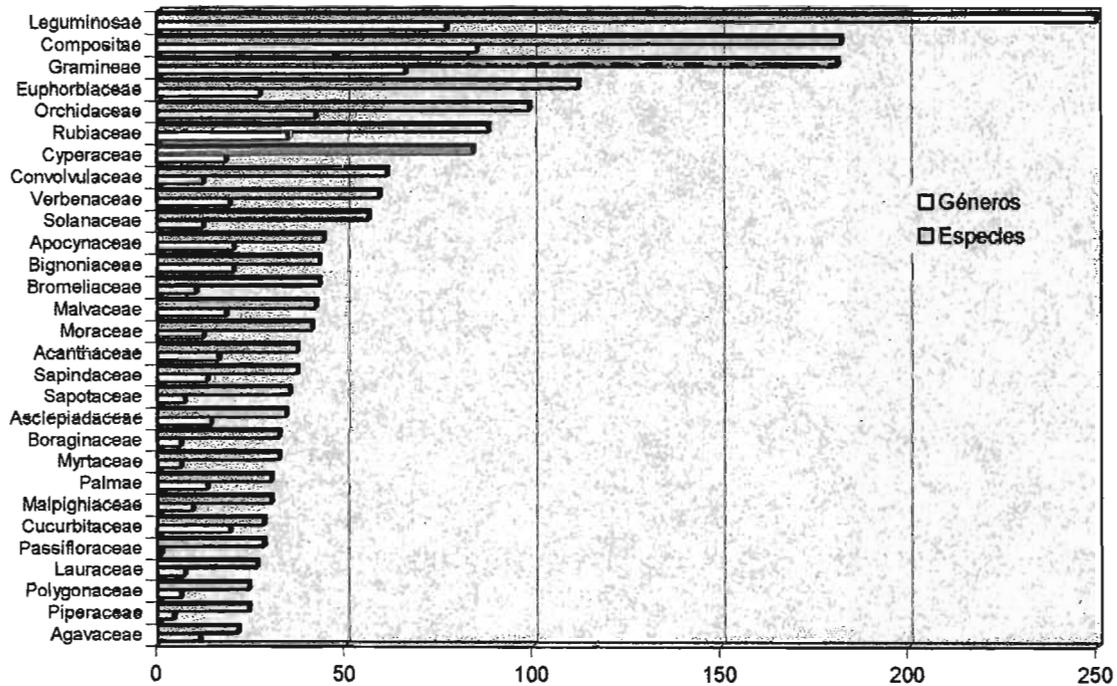


Figura 7. Familias mejor representadas en la flora de Calakmul, según listados florísticos reportados.

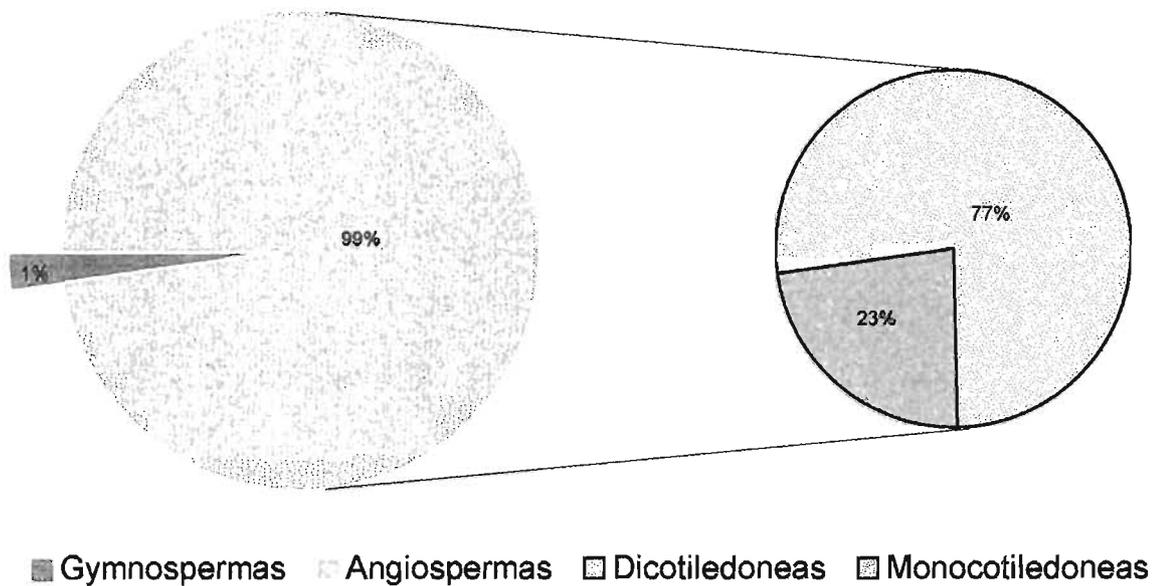


Figura 8. Distribución de grupos florísticos de la reserva de Calakmul y áreas vecinas de la selva maya

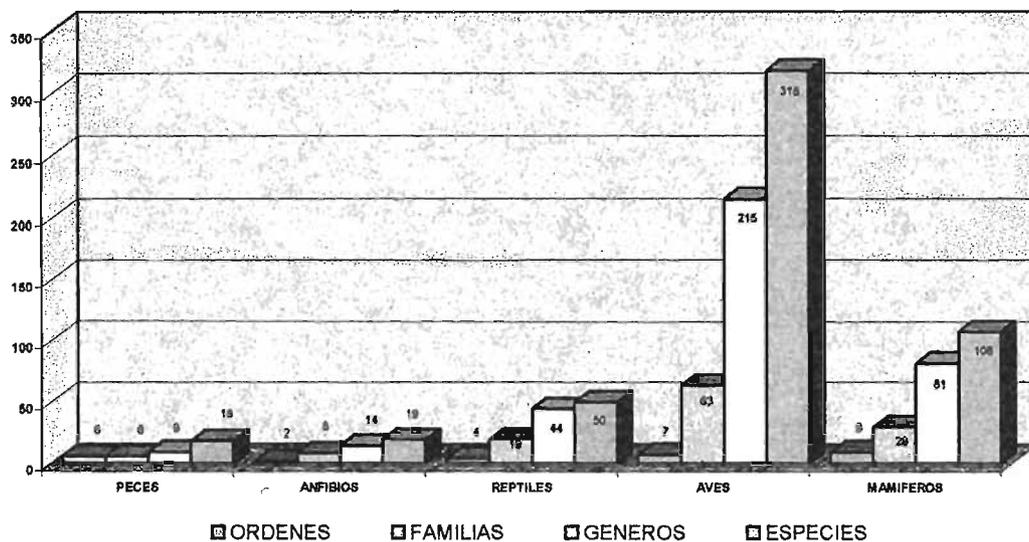


Figura 9. Distribución de grupos de fauna con base en los listados de especies obtenidos para la reserva y áreas próximas de la selva maya.

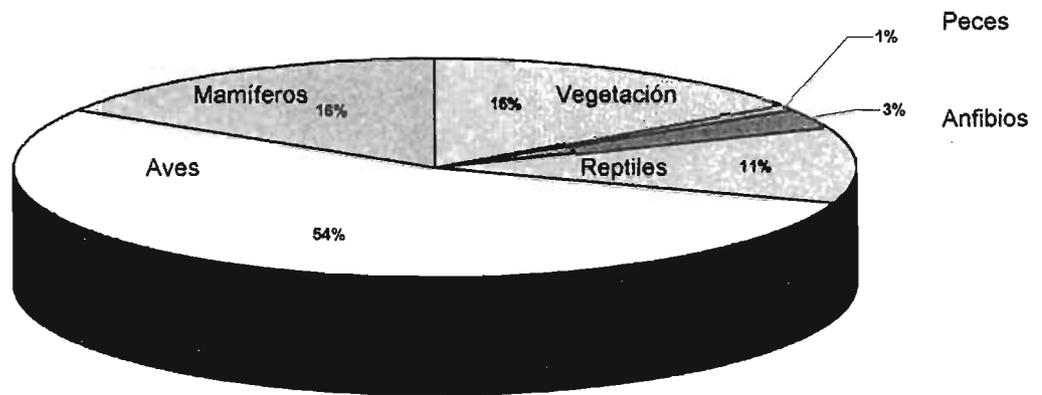
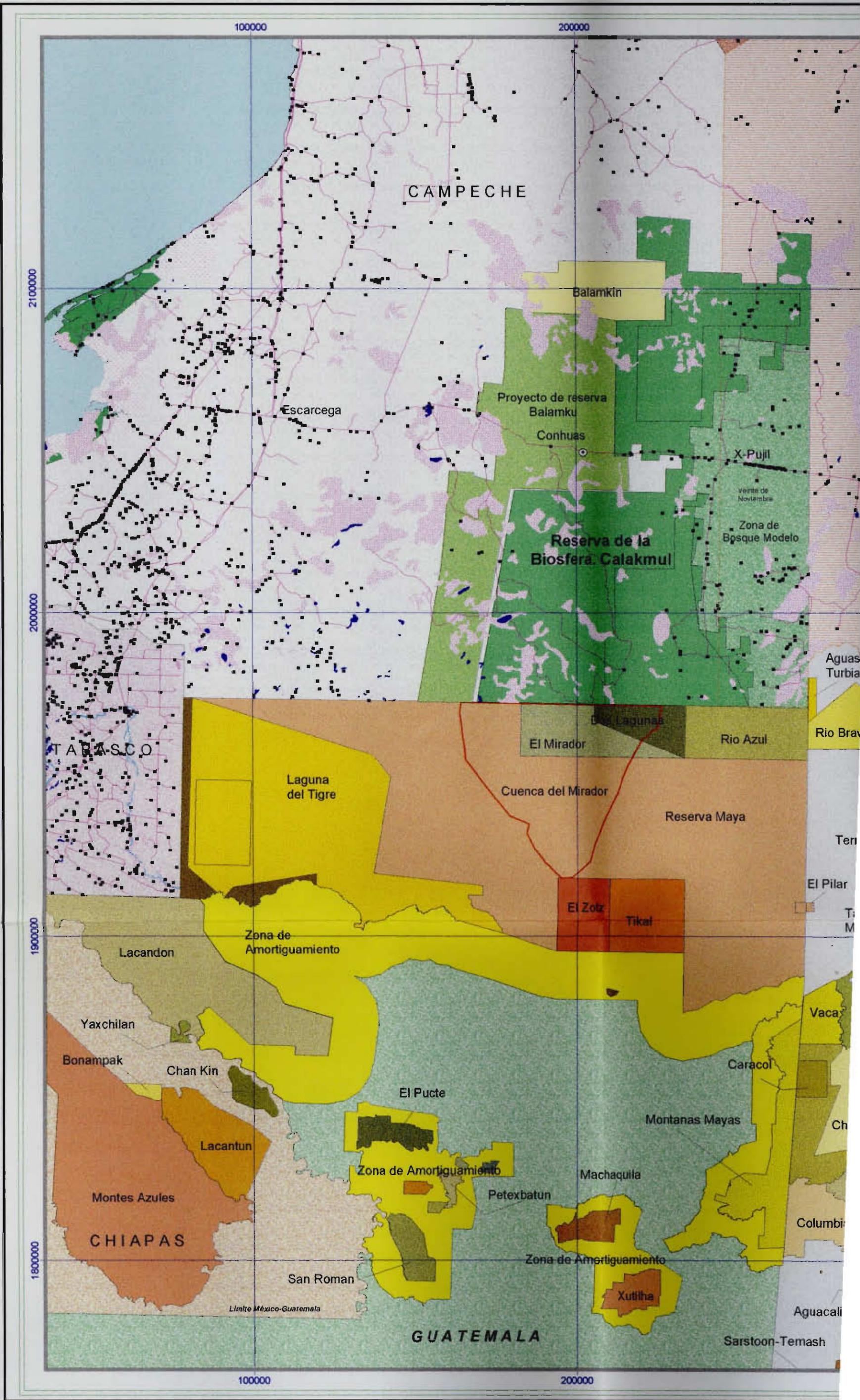


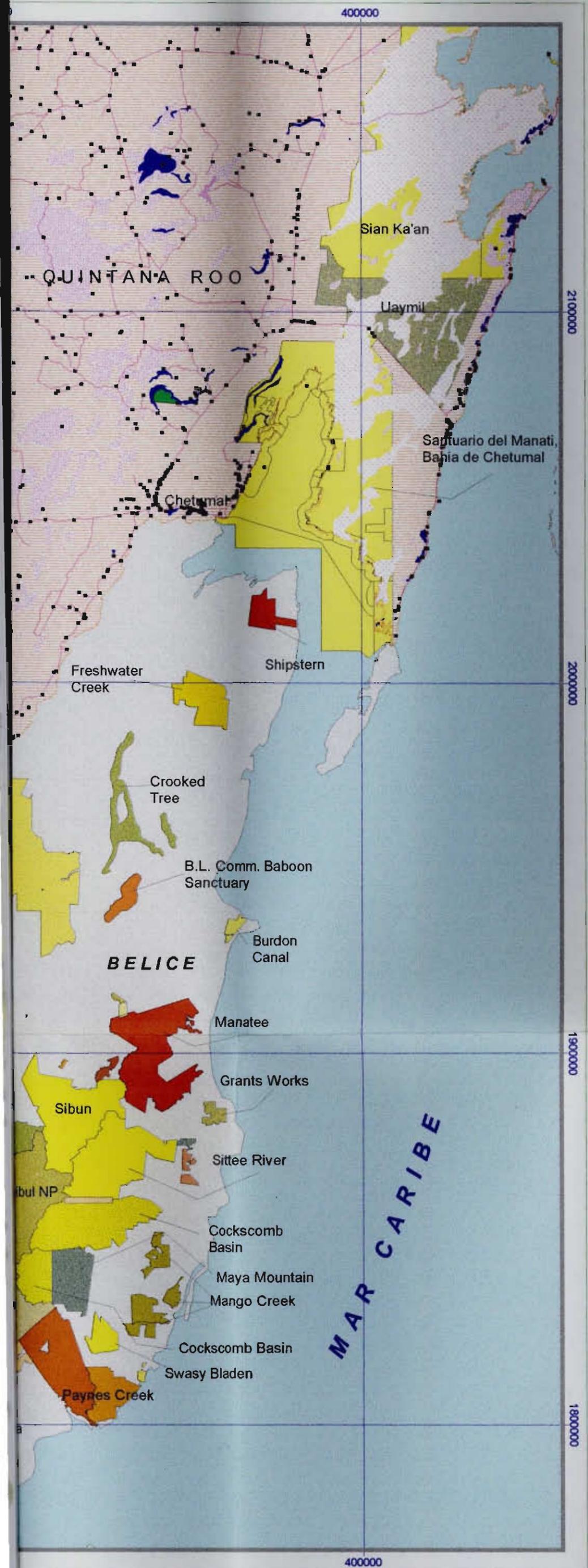
Figura 10. Distribución de formas de vida, según información disponible con base en inventarios realizados en la reserva y áreas próximas de la selva maya.

Adicionalmente, la región mantiene continuidad forestal con otras áreas protegidas importantes, como la reserva de Sian Ka'an en Quintana Roo, las selvas del Petén en Guatemala —donde se encuentra la Reserva Maya— y la reserva Sierra del Lacandón; al suroeste se continúa con la Selva Lacandona en Chiapas, y al este con la reserva de las Milpas en Belice. En conjunto forman una vasta superficie de selvas (aproximadamente 3 000 000 ha) que tiene un valor fundamental en la conservación de la biodiversidad de la región a largo plazo (figura 12). Las dimensiones de la reserva Calakmul y su conexión con otras reservas del sureste de México y Centroamérica la hacen un sitio propio y único en México para mantener poblaciones genéticamente viables de jaguar (*Panthera onca*), mono aullador negro (*Alouatta pigra*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), tapir (*Tapirus bairdii*) zopilote rey (*Sarcoramphus papa*), águila elegante (*Spizaetus ornatus*), águila crestada (*morphus guianensis*), tucán real (*Ramphastus sulfuratus*), hocofaisán (*Crax rubra*), pavo ocelado (*Agriocharis ocellata*) y varias especies de murciélagos (Aranda, 1992; Ceballos, 1999; Galindo-Leal, 1999; Berlanga, s/f; Morales y Magaña, 2001; Vargas *et al*, 2001).

Además de los valores ecológicos y culturales de la región, también la situación geográfica de la reserva Calakmul es importante por otras consideraciones. En esta área se concentra la mayor cantidad de precipitaciones en la península de Yucatán (1200 mm) ya que existe un gradiente latitudinal de variación de la humedad que propicia un clima semi seco en el norte de la península y de mayor humedad en el sur. En el área se localizan también las mayores altitudes debido a la presencia de una estructura geológica tipo anticlinal que alcanza 380 msnm.



COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y  
FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO  
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA  
**CALAKMUL, CAMPECHE,  
MEXICO**



**SIMBOLOGIA**

-  Caminos
  -  Cueva murciélagos
  -  Localidades
- Cuerpos de agua
-  Cenote
  -  Corriente Perenne
  -  Laguna Intermitente
  -  Laguna Perenne
  -  Zona Sujeta a Inundacion

Escala numérica  
1,818,274

30 0 30 60 Kilómetros

**SISTEMA DE PROYECCION**

PROYECCION.....UTM  
ZONA UTM.....16  
CUADRICULA UTM.....10,000 M  
DATUM.....NAD27  
ESFEROIDE.....CLARK1866

Edición e impresión  
Gerardo García-Gil  
Septiembre 2002  
Chetumal, Quintana Roo

**Fuentes:**

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
Conservación Internacional (Chiapas)  
Responsables: Ignacio March, Ruth Jimnez, Humberto Pulido  
El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
Responsable: Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
Julio LLanes Monsreal  
(Unidad Chetumal)  
Gerardo García-Gil, Janeth Padilla  
Amigos de Sian Ka'an  
Angel Loreto

Figura 11. Mapa de las áreas protegidas en el sur de la Península de Yucatán, norte de la -- República de Guatemala y Belice.

## **VI. RESULTADOS**

Los principales resultados de este estudio se han expresado en tres artículos que abordan sendos aspectos del marco de referencia de esta investigación, por lo que son considerados básicos para comprender el proceso de colonización humana reciente de las selvas y la formación de los paisajes agrarios en la selva de Calakmul. Estos artículos se han difundido a través de tres revistas especializadas.

El primer artículo se refiere al reconocimiento geomorfológico e hidrográfico, pues los aspectos físicos son la base material sobre la que se desarrollan los procesos biológicos y humanos. El segundo aborda el estudio de los tipos de vegetación y uso del suelo dentro de la reserva, se destaca la distribución de las comunidades vegetales y la formación de los diferentes hábitat en la selva de Calakmul. El tercer escrito se enfoca en los procesos históricos recientes de colonización humana y formas de apropiación de la tierra, considera que las políticas de colonización y dotación de tierras son las causas recientes de la formación de espacios productivos que transforman las selvas y dan lugar a los paisajes antrópicos. Cada documento se presenta más adelante en una secuencia lógica en función de los objetivos que se han planteado en esta investigación.

En el capítulo VII se aborda una discusión general y el capítulo VIII exponen las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos en este estudio. En virtud de que son descritas las técnicas y métodos utilizados en cada uno de los trabajos presentados, no se incluye un apartado específico referente a la metodología empleada en la investigación. La generación de la base geográfica digital representa la información fuente, por lo que ha sido utilizada en cada uno de los artículos publicados, la figura 12 muestra un diagrama general de las técnicas y actividades realizadas en el curso de esta investigación.

El primer artículo publicado (García-Gil, G, J. L. Palacio, M. A. Ortiz, *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 48, 2000, 7-23) aborda el reconocimiento del medio físico, mediante la elaboración de mapas temáticos de los aspectos físicos relevantes. Se clasificaron las formas del relieve por su estructura y la dominancia de los procesos erosivos y de desarrollo kárstico.

De acuerdo con la clasificación de las geoformas, las mesetas de desarrollo kárstico cubren 65% de la reserva por lo que es el tipo de relieve con mayor distribución. Estas superficies con relieve variado propician la infiltración de las aguas pluviales favoreciendo las condiciones para el abastecimiento de los acuíferos subterráneos que alimentan los sistemas lacustres y humedales más importantes de los estados de Campeche y Quintana Roo (Laguna de Términos y Sian Ka'an), ambos humedales son actualmente reservas de la biosfera. Las selvas de Calakmul tienen una importancia regional para el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales en la selva maya, la viabilidad a largo plazo de poblaciones genéticamente sanas de fauna silvestre y la conservación de la flora como los bajos o tintales, ramonales y zapotales.

Se reconoció la distribución de las estructuras geomorfológicas; mesetas, depresiones kárstico tectónicas y valles fluviales en formación, y su influencia en las condiciones de escurrimiento superficial e infiltración, así como el valor de las aguadas como únicas fuentes disponibles de agua superficial durante el estiaje para la flora y la fauna de Calakmul. Se cuantificaron 1353 aguadas en la reserva, aunque son más abundantes en el sector norte, éstas son de menor superficie y efímeras con respecto a las que se localizaron en el sector sur.

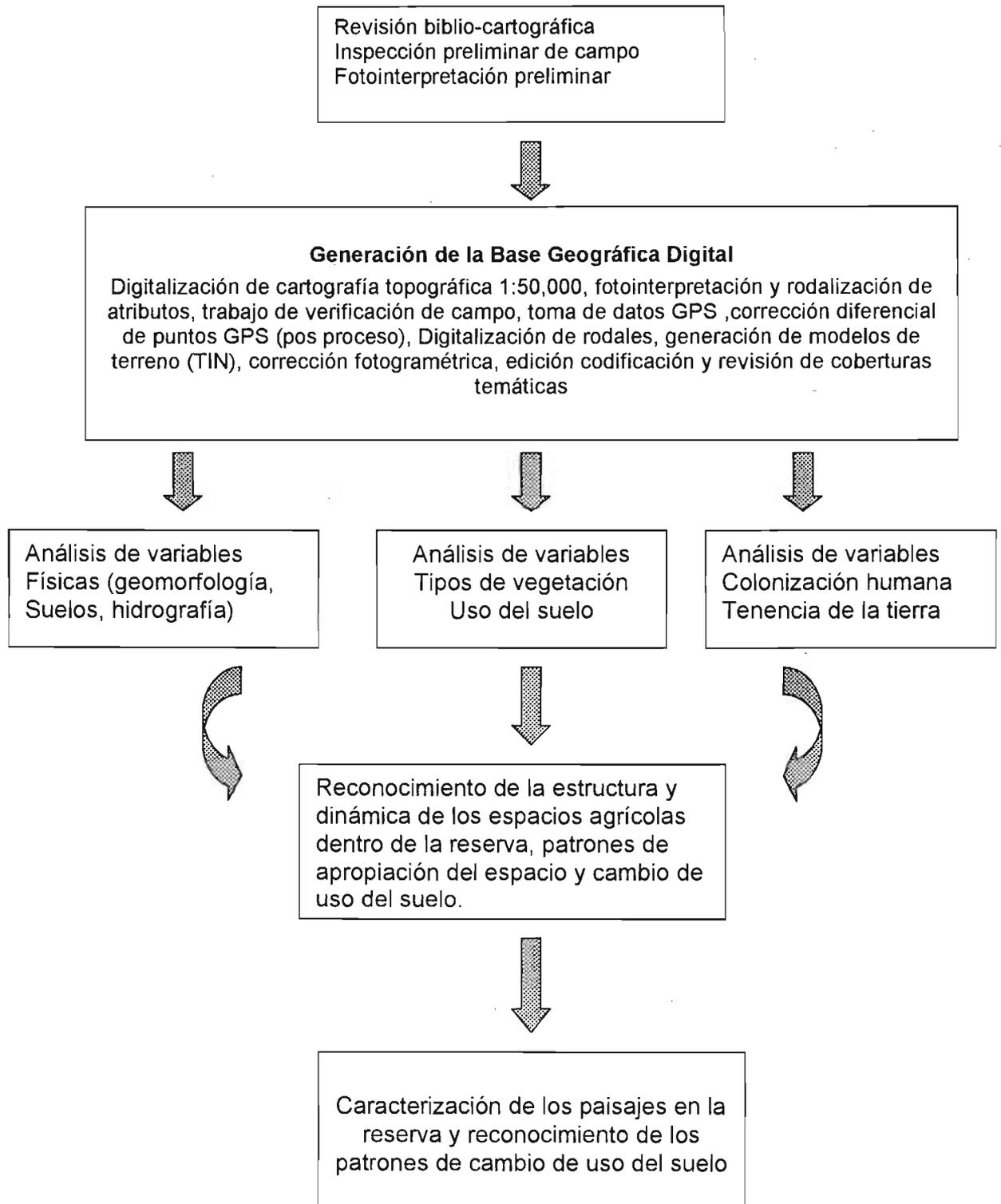


Figura 13 . Diagrama de actividades y técnicas realizadas en esta investigación.

En el segundo documento (García-Gil, G., I. March, M. Castillo, *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 46, 2001, 45–57) se describe cuantitativamente la transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en el polígono de la reserva. Fueron empleadas 1500 fotografías aéreas en escala aproximada 1:20 000 de 1995, en las que se rodalizaron, mediante técnicas de fotointerpretación, unidades fisonómicas de los tipos de vegetación y uso del suelo. Con el fin de introducir la información de las fotos al SIG se realizó el proceso de corrección digital o resección fotogramétrica. Este trabajo reporta que 96.33% de la superficie de la reserva está cubierta por siete tipos diferentes de selva, según las características de altura de la vegetación dominante y la fenología de las especies, las áreas perturbadas por actividades humanas relacionadas con el cambio de uso del suelo por introducción de la agricultura y la ganadería de bovinos ocupan 3.51% de la reserva. Debido a la gran extensión de esta área protegida (723 185.125 ha), los cambios en el uso del suelo efectuados hasta 1995 se pueden considerar poco importantes por la superficie que ocupan; sin embargo, el deficiente diseño de la reserva y la ubicación de los poblados al noreste, centro y sureste del área protegida, no sólo en zonas de amortiguamiento sino en zonas núcleo, ponen en riesgo la fragmentación de la reserva.

El tercer documento (García-Gil, M. Pat. *Revista Mexicana del Caribe*, núm. 10, 2000, 212-231) presenta un análisis de la tenencia de la tierra al interior de la reserva de la biosfera Calakmul y del proceso de colonización humana reciente. Se reconocen las transformaciones en la vegetación debido a la introducción de actividades productivas por parte de ejidatarios y poseionarios de la tierra, que a través de los ciclos agrícolas y sus capacidades tecnológicas construyen los espacios agrarios. El trabajo reporta además una diferenciación en uso del suelo en función del tipo de apropiación y de la seguridad en cuanto a la tenencia de la tierra. La actividad primordial que modifica las selvas es la agricultura de roza-tumba-quema, considerada de subsistencia, comprende el cultivo de maíz, frijol, y calabaza; requiere

dos periodos para su mantenimiento, uno agrícola con una duración de dos o tres años y un periodo de recuperación o barbecho de 15 años o más. En época reciente el cultivo del chile xalapeño adquirió un acelerado desarrollo en virtud de su exitosa comercialización, en razón de su especie y rentabilidad, este cultivo ocupa ahora las mejores tierras de la región y es tratado con agroquímicos (fertilizante y biocidas). Se identificaron nueve formas de posesión de la tierra al interior de la reserva: Nuevos centros de población ejidal, dotaciones ejidales, proyectos de dotación, proyectos de ampliación, segundas ampliaciones, propiedad privada, asentamientos irregulares, terrenos nacionales, y ampliaciones forestales, siendo los dos últimos los más importantes en extensión ya que ocupan 51.1 y 37.33%, respectivamente.

Manuscrito 1

**INVESTIGACIONES**

---

**Geográficas**

**48**

**BOLETÍN DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA DE LA UNAM**

**Agosto 2000**

## Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México

Gerardo García Gil\*  
José Luis Palacio Prieto\*\*  
Mario Arturo Ortiz Pérez\*\*

Recibido: 25 de febrero de 2002  
Aceptado en versión final: 2 de julio de 2002

**Resumen.** La interpretación de fotografías aéreas y la generación de un sistema de información geográfica permitió realizar el reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul. Se digitalizaron cartas topográficas escala 1:50 000 con curvas de nivel cada 10 m, se fotointerpretaron rasgos físicos e hidrográficos en escala 1:25 000 y se corrigieron digitalmente para incorporarlos al Sistema de Información Geográfica. Las geoformas de la zona de estudio fueron clasificadas por su morfología y por la evidencia de procesos erosivos y de disolución kárstica. Las unidades de relieve determinadas son: laderas, mesetas estructurales de desarrollo kárstico, valles fluviales y kársticos, planicie estructural y zonas de inundación temporal y permanente. La red hidrográfica superficial está poco desarrollada, por lo que dominan condiciones de infiltración de las aguas pluviales y fluviales que favorecen la alimentación a los acuíferos.

**Palabras clave:** Geomorfología, hidrografía, Calakmul, México.

## Reconnaissance géomorphologique et hydrographique de la Réserve de la Biosphère de Calakmul, Mexique

**Resumé.** L'interprétation de photographies aériennes et l'élaboration d'un système d'information géographique ont permis la reconnaissance géomorphologique et hydrographique de la Réserve de la Biosphère de Calakmul. On a procédé à la digitalisation des cartes topographiques au 1:50 000 en courbes de niveau d'équidistance 10 mètres ainsi qu'à l'interprétation des traits physiques et hydrographiques à partir de photographies aériennes au 1:25 000 corrigées numériquement afin d'être incorporées au système d'information géographique. Les géoformes de la zone d'étude ont été classées en fonction de leur morphologie et sur la base des traces de processus d'érosion et de dissolution karstique. Les unités de relief sont classées en types de versants, surfaces structurales d'origine karstique, vallées fluviales et karstiques, plaines structurales et zones inondables, périodiques et permanentes. Le réseau hydrographique superficiel est peu développé car prévalent des conditions d'infiltration des eaux pluviales et fluviales qui favorisent l'alimentation des nappes aquifères.

**Mots-clés:** Géomorphologie, hydrographie, Calakmul, Mexique.

### INTRODUCCIÓN

La península de Yucatán es reconocida dentro del contexto mexicano como una unidad cultural, fisiográfica, geológica y geomorfológica (López, 1975; Lugo, 1999). Al norte y oeste limita geográficamente con el Golfo de México (depresión de Sigsbee), al noreste con el canal de Yucatán; al este con el Mar Caribe (Cuenca de Yucatán); en el extremo sur se extienden el Petén guatemalteco y

Belice, países a través de los cuales existe una comunicación física y biótica con América Central (Figura 1).

La península de Yucatán abarca una superficie de más de 300 000 km<sup>2</sup>, prácticamente no posee escurrimientos superficiales perennes, en cambio, son frecuentes las depresiones inundadas e inundables asociadas a fallas y fracturas, que favorecen las condiciones para la infiltración a profundidad y,

\* El Colegio de la Frontera Sur, ECOSUR-Chetumal, Carretera Chetumal-Bacalar, Km. 2, Zona Industrial No. 2, 77049, Chetumal, Quintana Roo. E-mail: ggarcia@ecosur-qroo.mx

\*\* Instituto de Geografía, UNAM, Cd. Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: palacio@servidor.unam.mx; maop@igiris.igeograf.unam.mx

onsecuentemente, la disolución de las rocas calcáreas. Las condiciones litológicas, estructurales y las características morfodinámicas han dado lugar a una morfología kárstica de mesetas con colinas y microvalles, valles kársticos de disolución (*poljes*) y miles de dolinas de muy distintas dimensiones (Lugo, 1999).

Las comunidades vegetales de esta unidad física están conformadas principalmente por selvas, manglares y vegetación hidrófila, forman parte de una gran masa forestal del trópico mexicano y centroamericano. Antes del proceso de colonización reciente del trópico, las selvas de México cubrían casi la totalidad de la península de Yucatán, además de los estados de Veracruz, Tabasco y las tierras bajas de Chiapas. En los últimos cuarenta años, la dinámica del crecimiento demográfico y económico de la región han tenido un impacto evidente en la disminución de la superficie de selva en el sureste del país (Revel, 1980; Szekely y Restrepo 1988).

La zona en estudio se ubica en las selvas de Calakmul, las cuales se encuentran en el centro y sur de la península de Yucatán, en una posición de difícil acceso a la acción humana. Las condiciones físicas y climáticas que prevalecen en estas selvas son extremas y poco apropiadas para los proyectos de colonización establecidos en el área.

La morfología del terreno con pocas deformaciones y la naturaleza kárstica del subsuelo propician que durante la temporada de lluvias (junio-noviembre), extensas superficies de selva permanezcan inundadas en algunas zonas. La inexistencia de un sistema fluvial desarrollado y la alta permeabilidad del terreno favorecen la infiltración de las aguas pluviales a profundidad.

En otras zonas, por el contrario, durante la estación de secas las aguas superficiales son escasas y se reducen a pequeñas de-

presiones de disolución kárstica (dolinas), localmente llamadas "aguadas", y eventualmente los cuerpos de agua de dichas depresiones se agotan durante el estiaje. La escasez de agua para el consumo humano, así como para el desarrollo de actividades productivas, ha sido el factor limitante para la colonización humana de la selva y para lograr el desarrollo social de las comunidades que la habitan.

El estudio del medio físico de la reserva es útil para orientar acciones tendientes al ordenamiento y seguimiento del plan de manejo, así como para reconocer prioridades de investigación, debido a que aporta el conocimiento de la distribución de las formas terrestres y de los fenómenos modeladores del relieve. En este estudio se emplean procedimientos comúnmente utilizados en levantamientos cartográficos, tales como interpretación de fotografías aéreas y generación de una base geográfica de datos, que incluye varias coberturas temáticas (topografía, hidrografía, suelos, geología, geomorfología, entre otras), las cuales son introducidas mediante técnicas digitales en un sistema de información geográfica para su análisis y representación gráfica.

### La región de Calakmul

En las últimas décadas algunos sectores de gobierno y de la sociedad han mostrado interés por la conservación de los ecosistemas tropicales. Una de las estrategias seguidas ha sido la conservación *in situ*, por lo que se han decretado áreas silvestres protegidas bajo distintas modalidades.

En la península de Yucatán varios tipos de ecosistemas se han protegido, creándose como reservas federales, estatales y privadas. Los ecosistemas que han quedado bajo alguna categoría de manejo incluyen selvas, lagunas costeras, litorales, humedales, zonas arrecifales, etc. Las selvas del sur de la península fueron protegidas mediante

decreto federal publicado el 23 de mayo de 1989 en el cual se establecen como Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche (RBC), con una superficie de 723 185.12 ha. Comprende dos zonas núcleo y una zona de amortiguamiento: la zona núcleo I (sur) de 147 915.50 ha, la zona núcleo

II (norte) con 100 345.0 ha y la zona de amortiguamiento tiene 474 924.62 ha (Figura 1). La RBC es el área protegida con mayor superficie de selva tropical a nivel nacional y sirve como un corredor biológico que favorece la migración de especies animales y la conservación de la selva tropical.

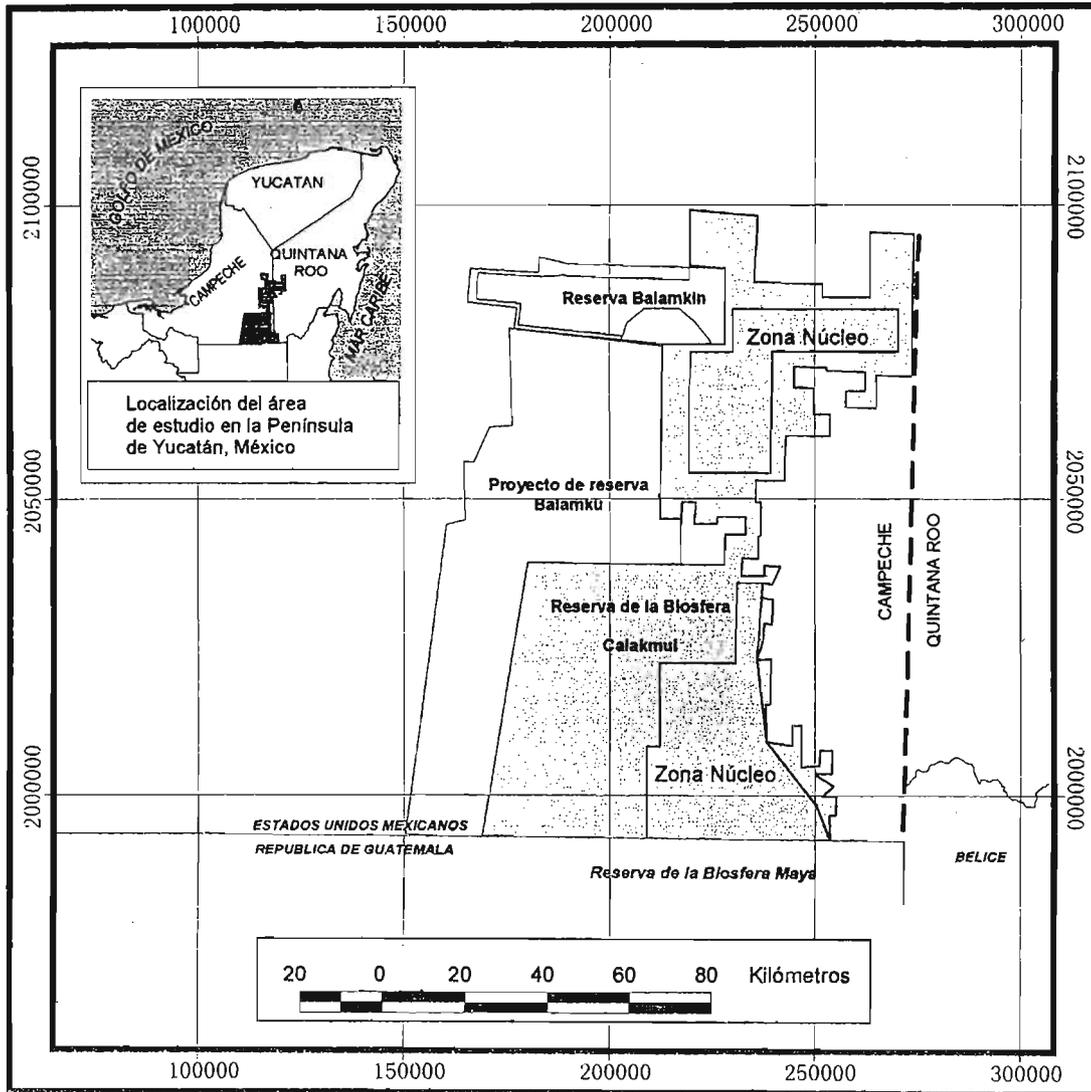


Figura 1. La Reserva de la Biosfera Calakmul forma parte de un sistema de reservas en el centro de la península de Yucatán y norte de Guatemala. Estas reservas permiten el flujo genético de especies al incrementarse la superficie de selvas bajo protección y mantenerse la continuidad forestal entre ellas.

A la declaratoria de creación de la reserva Calakmul, se le ha sumado un decreto de carácter estatal para la creación de la reserva Balamkin (10 000 ha); actualmente el gobierno de Campeche proyecta la creación de un área protegida denominada Balamku con aproximadamente 409 000 ha. Además, existe otro proyecto para la creación de una reserva al noreste de Calakmul en el estado de Quintana Roo, Balam Káax. Considerando las áreas protegidas de Guatemala y Belice suman más de 2 000 000 ha, por lo que se denomina la Gran Selva Maya, resultando así que su valor es fundamental para mantener poblaciones silvestres a largo plazo en el sureste de nuestro país (Figura 1).

Las selvas de Calakmul han sido impactadas en los últimos treinta años por un proceso de colonización humana y la sustitución de la vegetación por actividades agropecuarias (Pat, 2000; García y Pat, 2001). En décadas anteriores no hubo una ocupación humana permanente en la selva, debido a que las actividades que se practicaron fueron de carácter temporal, básicamente extracción del látex del chicozapote para producir el chicle y la extracción selectiva de maderas preciosas, principalmente cedro y caoba.

La política gubernamental de fines de los años sesenta abrió las selvas del sureste a grupos de campesinos de otros estados de la República, con el fin de proseguir con el reparto agrario nacional y ampliar la frontera agropecuaria del país a través de dotación de tierras. Las selvas que actualmente ocupan la RBC comprenden ampliaciones forestales, dotaciones ejidales, nuevos centros de población y propiedades privadas. Actualmente se estima una población aproximada de 700 habitantes dentro de la reserva (García y Pat, 2001).

El tipo y la dinámica de las actividades productivas realizadas en la selva se han ajustado al comportamiento de los elementos del clima en la región. La temperatura media

anual en las selvas de Calakmul es de 22 a 26° C; la precipitación media anual oscila entre 1 200 y 1 500 mm en el centro y aumenta gradualmente la humedad al sur en donde oscila entre 1 500 y 2 000 mm (INEGI, 1982). Por tanto, en el área en estudio prevalecen condiciones cálidas y subhúmedas, clasificándose así como clima que corresponde al subtipo Ax'(w<sub>0</sub>) (i')gw'' (Orellana, 1999). El período lluvioso es de junio a noviembre, se interrumpe aproximadamente durante treinta días (entre julio y agosto) por la presencia del fenómeno meteorológico conocido como vaguadas polares que impiden el paso de los vientos alisios, provocando la sequía intraestival (canícula).

La humedad que penetra en las selvas de Calakmul se debe a los vientos del noreste que arrastran humedad a su paso por el Océano Atlántico y mar Caribe, por lo que la vertiente oriental es más húmeda. La humedad que recibe Calakmul varía según la incidencia de tormentas tropicales en el mar Caribe que siguen normalmente un desplazamiento al oeste. Cuando las tormentas tropicales se convierten en huracanes aportan mayores cantidades de agua y provocan la activación de los sistemas hidrológicos, quedando así grandes extensiones de selva inundadas. Las precipitaciones en invierno ocurren por la presencia de masas de aire frío que descienden del norte.

La península de Yucatán es una plataforma de rocas calcáreas que sobreyacen al basamento metamórfico de edad paleozoica (López, 1975); aflora además una secuencia de rocas calizas del Cenozoico, con deformaciones poco significativas. En las selvas de Calakmul se observan afloramientos del Paleoceno, que forman el relieve con mayor altitud en la península (380 m). Butterlin y Bonet en 1963 reportaron rocas calizas con arcilla parcialmente silicificadas, reconocibles por su color café, blanco o amarillo, dispuestas en capas dolomitizadas, con presencia de nódulos de pedernal, yeso y micro-

fauna mal preservada; casi siempre se encuentran cubiertas por una capa blanda de material intemperizado llamado localmente "caliche" y por arenas margosas. Las calizas del Paleoceno forman los afloramientos más antiguos en la península de Yucatán, donde se aprecia el relieve más afectado por influencia de la tectónica; éstos se localizan en el extremo sur en los límites con Guatemala y Belice. Al centro y norte de la península afloran el cuaternario, eoceno y mioceno.

Los depósitos del cuaternario en la RBC están restringidos a superficies negativas o de acumulación de depósitos remanentes de la disolución de rocas calizas, que corresponden a material no consolidado formado por gravas, arenas, limos y arcillas calcáreas (Figura 2).

### Métodos y materiales

Este trabajo fue realizado a partir del análisis de los resultados generados por la cartografía disponible del área en estudio, así como de la información obtenida mediante la fotointerpretación de pares estereoscópicos que dieron cubrimiento al área de la reserva. La información fue capturada en formato digital para ser capturada en formato digital para ser ingresada al sistema de información geográfica (SIG) ARC/INFO para su análisis. La información digitalizada de cada una de las coberturas temáticas en el SIG fue complementada y modificada con base en la información obtenida a partir de las fotografías aéreas y trabajos de validación de campo. En el Cuadro 1 se muestran las coberturas temáticas generadas en este estudio.

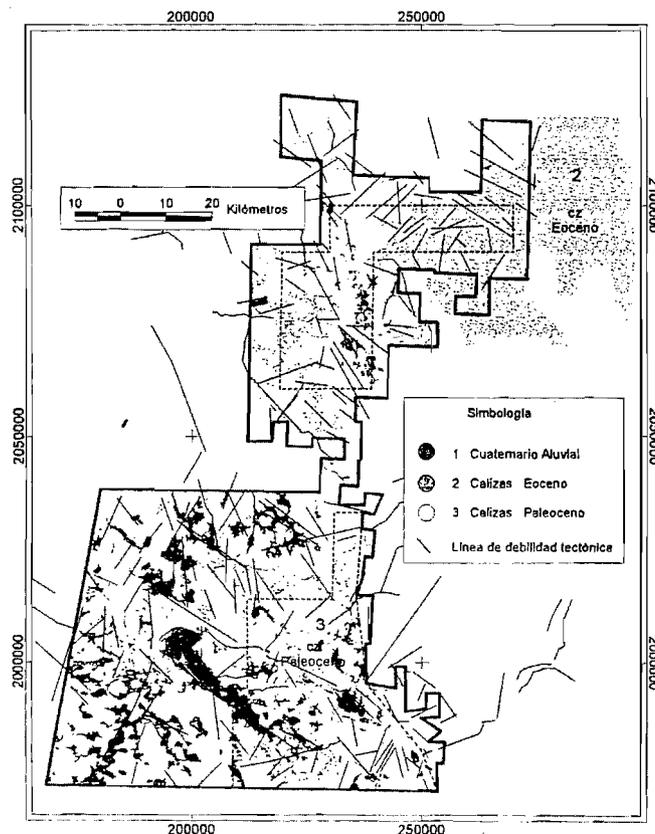


Figura 2. Mapa geológico y principales alineamientos tectónicos de la RBC.

Cuadro 1. Coberturas temáticas elaboradas en este estudio

Cobertura temática	Descripción	Fuentes cartográficas
Curvas (arcos)	Curvas de nivel cada 10 m.	INEGI 1:50,000
Hipsometría (polígonos)	Hipsometría. Rangos hipsométricos cada 10 m.	INEGI 1:50,000
Hidrografía superficial (arcos)	Hidrología superficial, ríos y escurrimientos superficiales.	INEGI 1:50,000 Elaboración propia
Hidrología superficial (polígonos)	Hidrología superficial. Cuerpos de agua.	INEGI 1:50,000 Elaboración propia
Reserva (arcos y polígonos)	Poligonal de la reserva según el decreto que la estableció. Zonas núcleo y áreas de amortiguamiento.	Cuadro de construcción Decreto presidencial.
Infraestructura de comunicación (arcos)	Vías de comunicación principales y secundarias.	INEGI 1:50,000 Elaboración propia
Geología	Unidades geológicas y litológicas.	INEGI 1:250,000 Elaboración propia
Edafología	Tipos de suelos según clasificación FAO-UNESCO modificada por DETENAL.	INEGI 1:250,000 Elaboración propia
Geomorfología	Principales formas del relieve.	Elaboración propia

La carta base fue obtenida de la digitalización de 18 cartas topográficas del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) escala 1:50 000, que dan cubrimiento a la reserva, realizándose mediante un sistema de codificación numérica de los atributos según característica de arco o polígono. Posteriormente, se editaron las coberturas geográficas, conexión de arcos y polígonos, etiquetado de rasgos, eliminación de seudonodos y corrección de errores. La digitalización de las cartas topográficas incluyó las curvas de nivel cada 10 m.

Se interpretó un juego de 1 500 fotografías aéreas a color de 1995, en escala aproximada 1:25 000, para lo cual se utilizaron estereoscopios de campo y de espejos, las cuales fueron digitalizadas y corregidas (resección fotogramétrica) usando el programa PHOTOGIS que requiere dos insumos: a) coordenadas de control obtenidas en campo con GPS *Trimble* (con corrección diferencial posproceso) y de la cartografía topográfica para puntos identificables en las fotogra-

fías y b) el modelo digital del terreno en formato TIN (*Triangular Irregular Network*).

La carta geomorfológica fue elaborada con base en la interpretación de las fotografías aéreas y el análisis de la geometría de las curvas de nivel (Lugo, 1991), así como la generación del modelo de elevación del terreno (*TIN*) en ARC/INFO, el cual sirvió para verificar líneas de debilidad tectónica evidenciadas por escarpas y dolinas alineadas.

La carta de suelos fue generada tomando como base la información del INEGI escala 1:250 000; posteriormente se realizó una redefinición y agrupación de las unidades edáficas en complejos de suelos.

Los criterios para la definición de los complejos de suelos consideran los tipos de vegetación, los procesos que actúan en la formación del suelo en la región (tipo de relieve, el comportamiento del agua en el suelo y los tipos de arcilla; se encontraron dos

condiciones físicas: sitios secos (xéricos) y sitios húmedos y subhúmedos (hidromórficos).

La carta geológica fue elaborada a partir de la carta geológica de INEGI escala 1:250 000, a la cual se le ajustaron los límites de las unidades litológicas, utilizando el modelo de elevación de terreno y las fotografías aéreas. En ella se identificaron líneas de debilidad tectónica.

En la elaboración de la cobertura de hidrografía superficial, se reconocieron los escurrimientos de primer orden sobre las cartas topográficas escala 1:50 000 del INEGI y se complementó con la interpretación de las fotografías aéreas; permitió generar una cobertura de arcos. Las corrientes fueron clasificadas en intermitentes, perennes y pérdidas. La cobertura de cuerpos de agua (polígonos) fue obtenida a partir de la fotografía aérea (especialmente las aguadas) y complementada con los rasgos reconocidos en la cartografía de INEGI.

## RESULTADOS

### Suelos

En el área de la RBC existen complejos de suelos (Figura 3) del tipo de los vertisoles, gleysoles y fluvisoles sobre relieves de valles y depresiones inundadas o inundables; esta asociación ocupa una superficie de 126 000 ha (17.5%) de la reserva.

Este tipo de suelos tiene una cubierta vegetal de selvas bajas subperennifolias y selvas bajas inundables. Los suelos del tipo vertisoles son los más profundos de la región y son conocidos localmente como *ak'alches* y según la clasificación FAO-UNESCO (INEGI) tienen las siguientes variantes: cálcicos, sálicos, sódicos e hísticos; en zonas inundables se encuentran los gleysoles cálcicos.

Al margen de los escurrimientos superficiales sobre incipientes terrazas fluviales se desarrollan suelos de tipo fluvisoles cálcicos.

Otras asociaciones de suelos se desarrollan sobre formas del relieve positivo, como colinas, laderas y mesetas de desarrollo kárstico. En estos relieves evolucionan suelos jóvenes del tipo de los litosoles, los que se caracterizan por su escasa profundidad, alta pedregosidad e influencia del material parental. Las rendzinas son suelos de color pardo a rojizo, típicos de sustratos calizos. Los litosoles y las rendzinas ocupan una superficie aproximada de 596 000 ha (82.5%) de la RBC.

### Geomorfología

La distribución espacial de las unidades descritas se muestra en la Figura 4. Las unidades geomorfológicas identificadas son: a) mesetas estructurales de desarrollo kárstico, b) laderas según el grado de inclinación, c) planicie estructural de nivel de base, d) valles kársticos (depresiones tectónicas) y fluviales en formación, e) relieve erosivo. La extensión aproximada de cada una de las unidades geomorfológicas de la reserva se resumen en el Cuadro 2.

En la RBC, las mesetas estructurales de desarrollo kárstico cubren aproximadamente el 65% de la superficie total, por lo que resultan ser la unidad geomorfológica dominante. Evolucionan a partir de un abombamiento de la plataforma caliza que alcanza los 380 m snmm (Figura 5). Sobre esta superficie elevada se desarrollan valles kársticos por encima de depresiones de origen tectónico. Las mesetas forman un relieve de colinas y microvalles de morfología variada.

Considerando el relieve superficial de las mesetas, éstas se clasificaron en cuatro tipos, según la densidad y altura de las colinas y el tamaño de los microvalles:

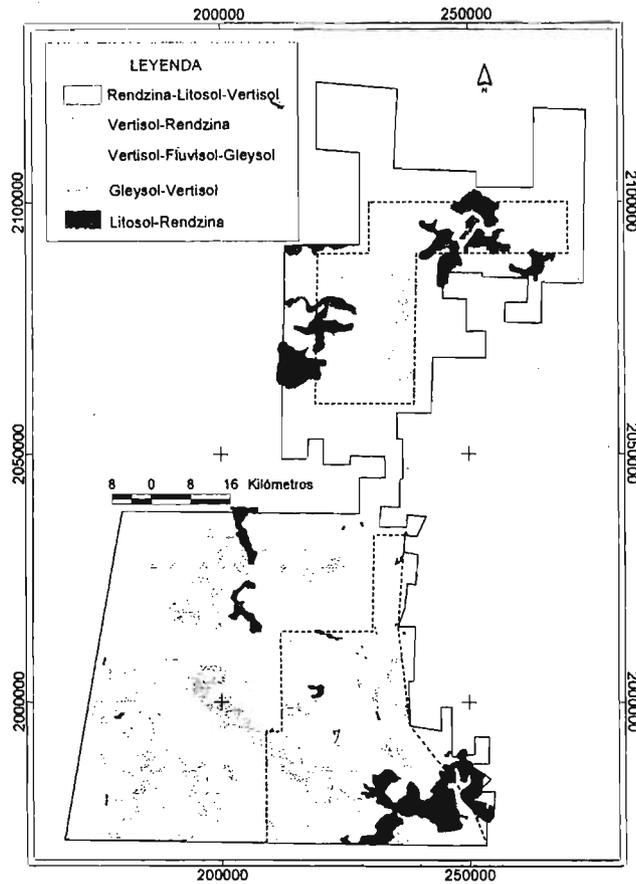


Figura 3. Mapa de la distribución de asociaciones de tipos de suelos en la RBC.

1. Las mesetas con mayor relieve tienen colinas con más de 50 m de altura y son poco extensas en la reserva (4.3%), se localizan en el centro y sureste de la misma, cerca del límite con la República de Guatemala (Figura 6) y están en el rango altimétrico más alto, entre los 300 y 390 msnm (la mayor altitud en la península de Yucatán); ello ha favorecido la formación de barrancos entre las mesetas que alcanzan 100 m de profundidad. Las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la selva alta perennifolia, creando un ambiente único en la región. Estas mesetas se distinguen por presentar colinas simétricas de cimas redon-

deadas y laderas de pendiente fuerte.

2. Las mesetas con colinas de 20 a 50 m de altura se desarrollan en un piso altitudinal entre los 300 y 350 msnm. Su relieve se caracteriza por colinas asimétricas y de menor densidad; los microvalles existentes tienen mayor superficie que en las mesetas del primer tipo; es más frecuente la formación de dolinas y uvalas. Sobre las laderas se forman escurrimientos superficiales o barrancos jóvenes que miden 20 m de profundidad. Este tipo de mesetas se localiza al suroeste de la reserva y en la zona norte.

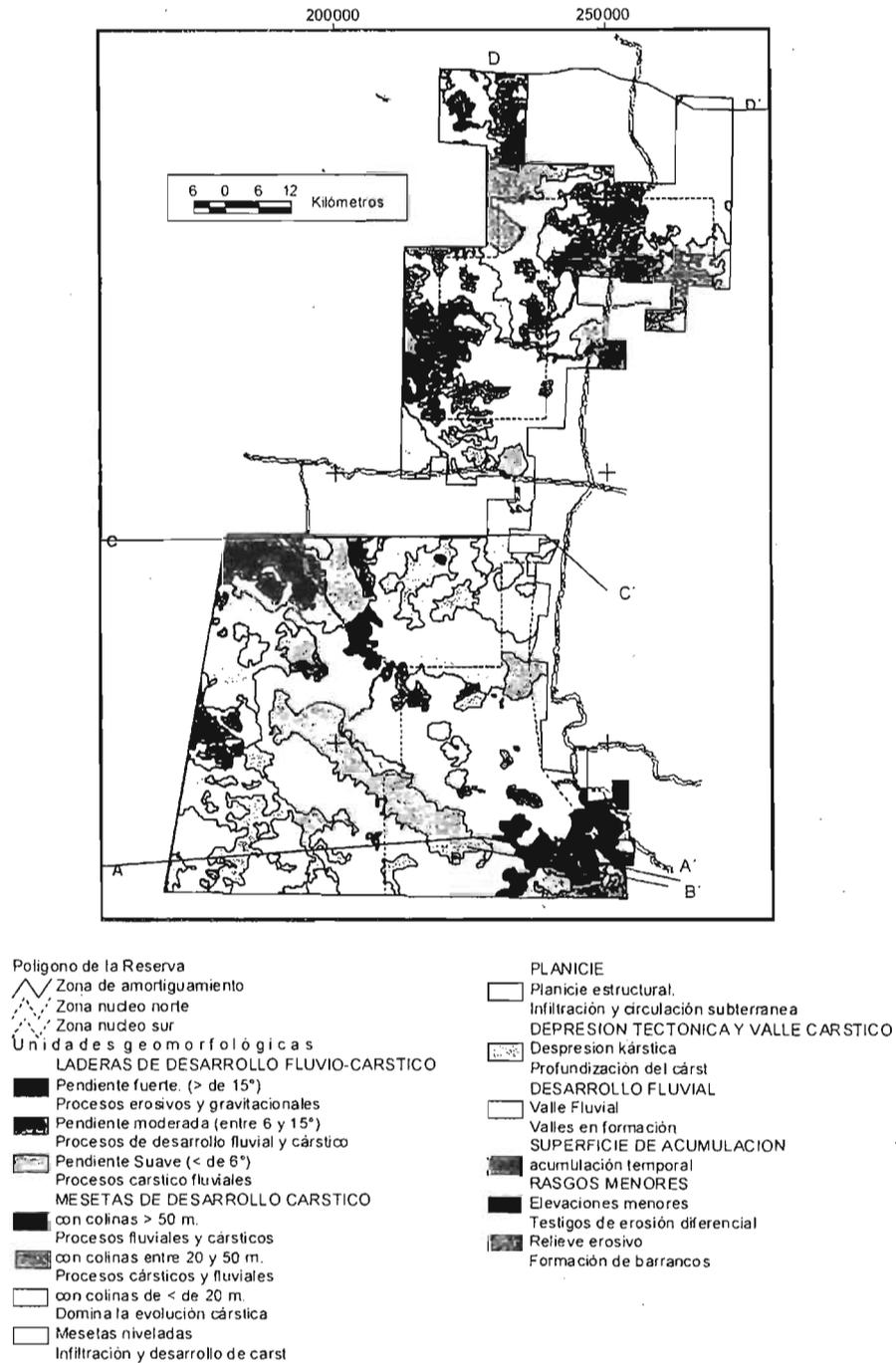


Figura 4. Mapa de las principales unidades geomorfológicas de la RBC. Las líneas indican la dirección de los perfiles topográficos.

3. Las mesetas cuyas colinas miden menos de 20 m de altura tienen colinas dispersas, se encuentran entre 200 y 300 msnm, son asimétricas y con laderas de poca pendiente que terminan en microvalles de mayor amplitud. Se distribuyen principalmente en el centro y occidente de la reserva. El sistema hidrológico superficial es más desarrollado que en los tipos de mesetas anteriores, pero sin llegar a constituir drenajes bien integrados.

4. Las mesetas niveladas se reducen a colinas testigo dispersas, se localizan entre 200 y 300 msnm. Tienen una marcada dirección noroeste-sureste en el sentido de los alineamientos principales, carecen de escurrimientos superficiales, por lo que no hay evidencias de disección fluvial, predomina la infiltración, ocupan una mayor superficie al sur de la reserva y tienen un rango altitudinal de 200 a 300 msnm.

En el área en estudio, la distribución de vertientes es un fenómeno limitado, debido a la tectónica, ocupan el 6.5% de la reserva y se encuentran en torno a las mesetas, y limitan valles y depresiones kársticas (Figura 7). Las laderas forman la vertiente oriental y occidental de la reserva, están cubiertas por selvas medianas y altas, se dividen en: a) Laderas de pendiente fuerte y abrupta con una inclinación superior a los 25°; se desarrollan barrancos de régimen temporal que alcanzan 100 m de profundidad. b) Laderas de pendiente moderada a fuerte (6 a 25°), existe escurrimiento temporal e infiltración, se desarrollan suelos del tipo de los litosoles y rendzinas; se localizan entre mesetas kársticas a diferente altitud. c) Laderas de pendiente débil a moderada (menos de 6°); por su baja inclinación se encuentran los cauces de régimen estacional de mayor longitud e

Cuadro 2. Superficie de las unidades geomorfológicas de la RBC

Unidades geomorfológicas	hectáreas	Porcentaje
Laderas de Desarrollo Fluvial y kárstico		
Laderas de pendiente fuerte y abrupta (> de 15°) (ocurrencia de procesos gravitacionales y erosivos)	1 114.86	0.15
Laderas de pendiente moderada a fuerte (6 a 15°) (ocurrencia de procesos de desarrollo fluvio-kárstico)	23 205.09	3.22
Laderas de pendiente débil a moderada (< de 6°) (ocurrencia de procesos kársticos y fluviales)	22 595.00	3.13
Mesetas de desarrollo Kárstico		
Mesetas con colinas de mas de 50 m de altura	31 294.35	4.34
Mesetas con colinas de hasta 50 m de altura	75 675.35	10.49
Mesetas con colinas de hasta 20 m de altura	159 755.38	22.14
Mesetas niveladas	273 652.68	37.93
Valles y planicies		
Planicie estructural	1 858.70	0.26
Sup. de acumulación temporal	14 032.79	1.94
Valle Fluvial	21 099.55	2.92
Valle kárstico (Polje)	90 452.80	12.54
Rasgos del relieve		
Elevaciones menores	1 866.24	0.26
Relieve erosivo	4 877.84	0.68
	721 480.64	100.00

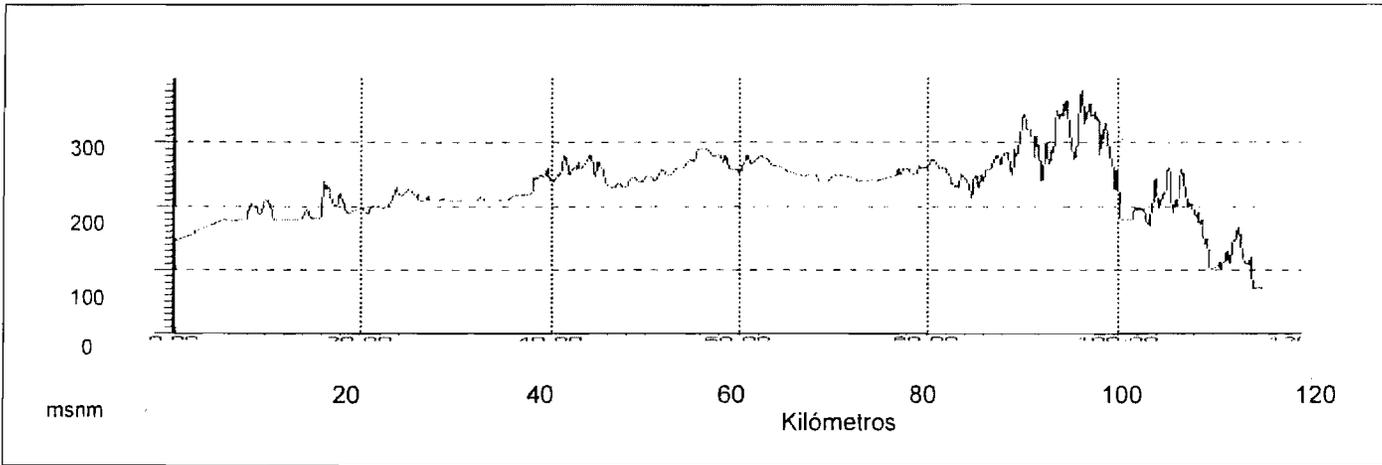


Figura 5. Perfil topográfico A-A', se muestran en el extremo derecho las mayores elevaciones de la reserva; al centro e izquierda se observan pisos altitudinales formados por mesetas de desarrollo kárstico

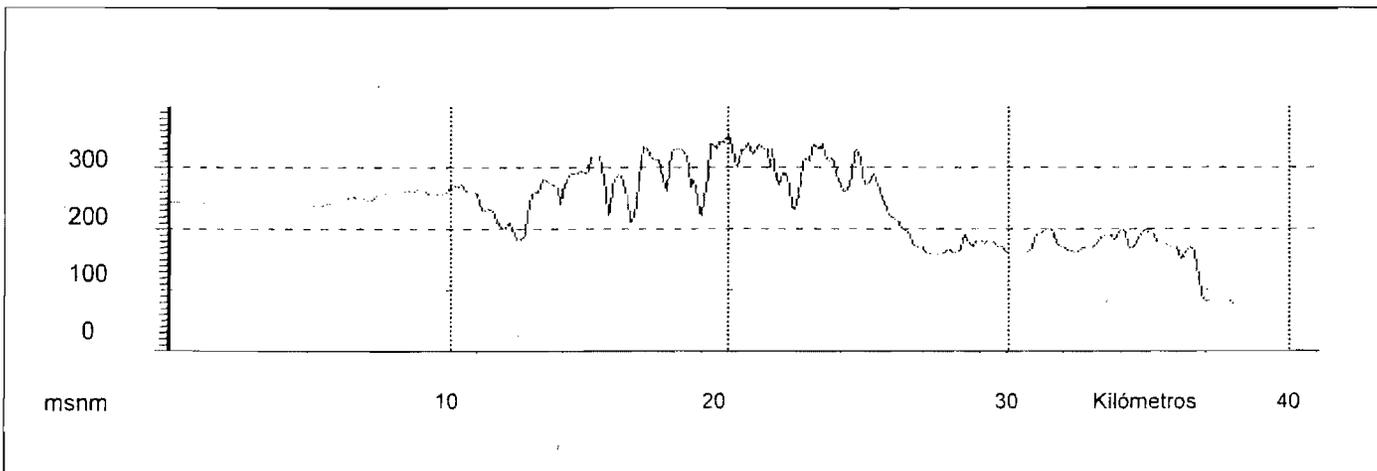


Figura 6. Perfil topográfico B-B', detalle del extremo sureste de la reserva en donde se ubican cañones de más de 100 m de profundidad que cortan mesetas de desarrollo kárstico.

La planicie estructural de nivel de base es una superficie de altitud inferior a 100 msnm (Figura 8). Esta superficie se caracteriza por ser plana y no existen evidencias superficiales de escurrimiento, sólo áreas de inundación temporal y permanente.

Los valles de desarrollo kárstico están controlados estructuralmente, tienen un fondo plano atravesado por escurrimientos superficiales de régimen intermitente. Se encuentran sujetos a inundaciones periódicas durante la estación lluviosa, por lo que desplazan grandes volúmenes de agua superficial y subterránea. Al sur de la reserva se encuentra un gran colector, que es un valle kárstico de más de 45 km de longitud, se ubica sobre una línea de debilidad tectónica de orientación noroeste-sureste y es drenado por el río "El Laberinto", que es una corriente perenne que escurre en forma superficial y subterránea. En este valle fue emplazado uno de los centros prehispánicos más importantes del mundo maya, Calakmul.

Los valles fluviales son incipientes y se localizan entre las mesetas, se distinguen por tener un dren superficial principal con tributarios estacionales. Estos pequeños valles modelan líneas de debilidad tectónica.

El nivel de evolución del desarrollo kárstico en la región de Calakmul es diferenciado y puede clasificarse en tres grados, según su intensidad: a) El desarrollo kárstico es alto, cuando el relieve muestra evidencias morfológicas de haber sido modelado por disolución y la superficie se ha reducido a valles y planicies con pequeñas elevaciones aisladas. Se encuentra en las superficies con menor altitud, y con escurrimiento superficial reducido a un cauce central o lateral de régimen intermitente, sin tributarios epígeos (superficiales). Domina la infiltración a profundidad, por lo que el escurrimiento es hipógeo (subterráneo). b) El desarrollo kárstico es de nivel medio o indiferenciado, cuando alternan condiciones hídricas superfi-

ciales y zonas de infiltración, por lo que el relieve es complejo y está formado por mesetas y laderas. c) El desarrollo kárstico es bajo, cuando dominan condiciones de escurrimiento superficial y circulación epígea, se localiza sobre mesetas con mucho relieve y laderas de cierta pendiente, en las mayores altitudes de la zona de estudio (Figura 9).

### Hidrografía

El comportamiento hídrico en la RBC tiene una importante función en la distribución y dinámica de las poblaciones de fauna y flora silvestres, así como en el fenómeno de colonización humana. La calidad del agua en la región es considerada mala, debido al exceso de sulfatos de calcio, que la hacen no apta para consumo humano, de tal forma, que las fuentes disponibles para consumo son aguas pluviales almacenadas en cisternas o aguadas. Considerando la permeabilidad de las rocas en Calakmul se pueden distinguir tres tipos de superficies: superficies de permeabilidad nula (acumulación permanente), superficies de permeabilidad baja (flujo lento y muy lento) y superficies de permeabilidad alta (desarrollo kárstico).

Las superficies de permeabilidad nula mantienen condiciones de inundación permanente, corresponden a cuerpos lacustres y dolinas inundadas; estas superficies reciben aguas pluviales durante la estación lluviosa y forman depresiones lacustres y palustres en cuyo fondo se acumulan suelos hidromórficos del tipo de los gleisoles.

Durante la estación húmeda anual, las superficies de inundación temporal (permeabilidad baja) acumulan aguas pluviales del escurrimiento superficial, formando depósitos de origen aluvial en superficies inundables. La mayor superficie en la RBC tiene permeabilidad alta, producto de la litología superficial (rocas calizas solubles fracturadas). La topografía formada por superficies con poco relieve favorece el desarrollo del *karst*.

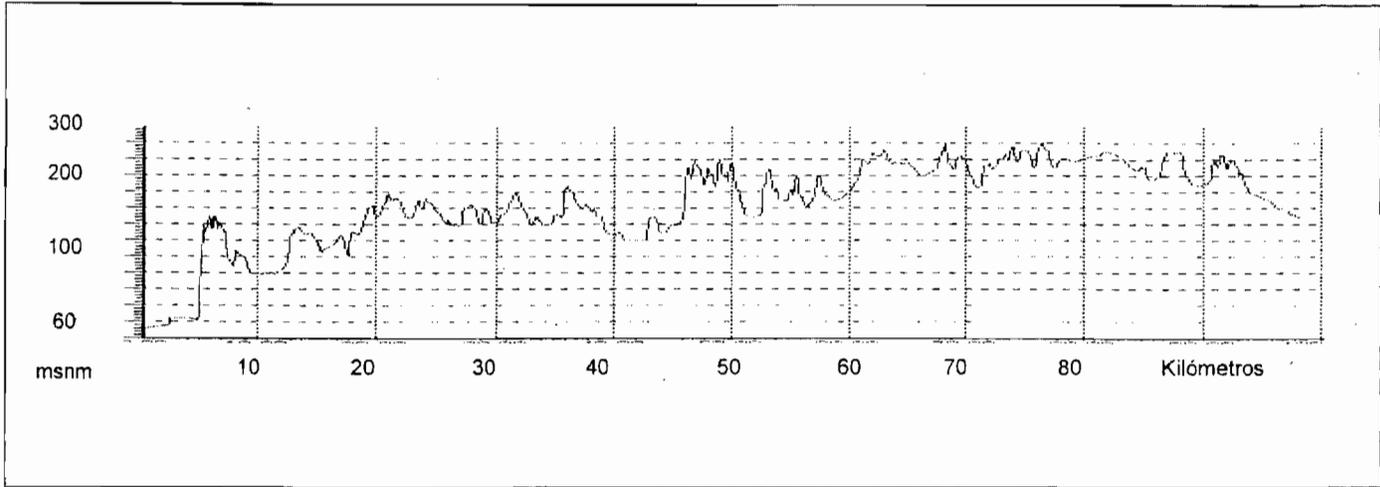


Figura 7. Perfil topográfico C-C. Las superficies de laderas limitan mesetas y depresiones tectónicas.

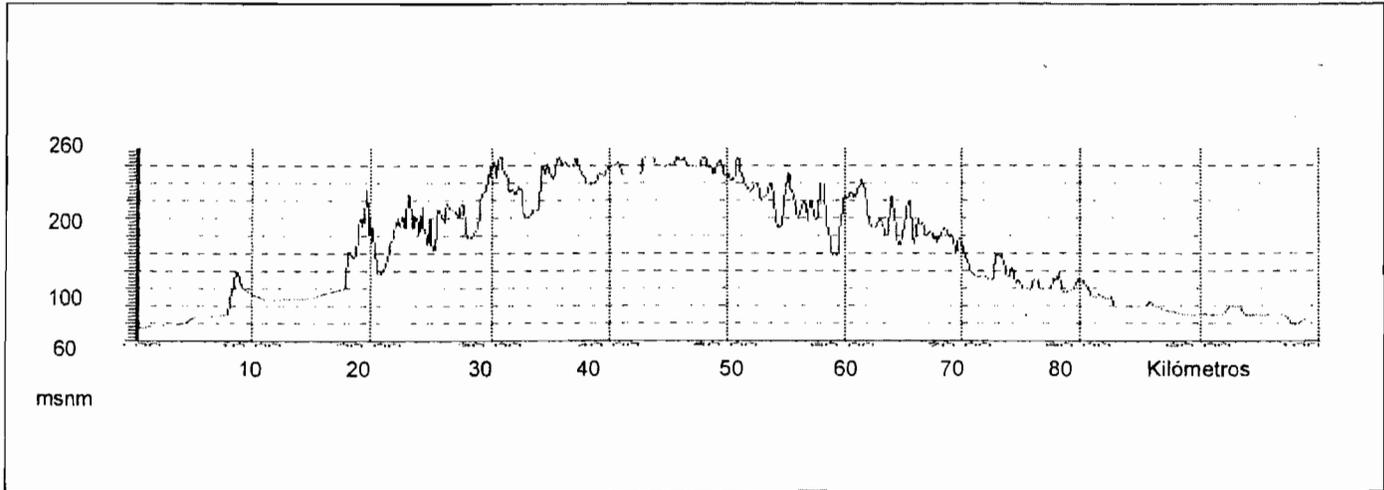


Figura 8. Perfil topográfico D-D. Se observa la planicie estructural en ambas vertientes en dirección este y oeste con altura inferior a los 100 msnm, limitan el combamiento de las mesetas al norte de la zona en estudio.

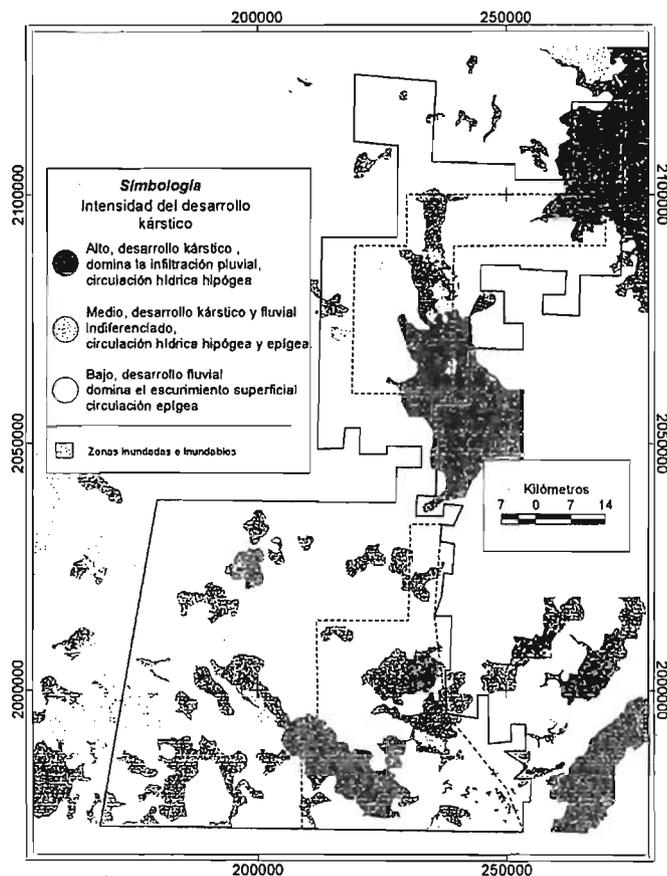


Figura 9. Mapa de la intensidad del desarrollo kárstico en la RBC.

El desarrollo del sistema fluvial superficial es de baja integración, típico de zonas kársticas; forma redes subdendríticas, surgencias y pérdidas. Los escurrimientos superficiales son intermitentes y ocurren cuando el terreno presenta una inclinación considerable (Figura 10).

En la zona de la reserva se forma un acuífero paleocénico cuya profundidad al nivel freático oscila entre los 60 y 165 m de profundidad. Las rocas calizas que lo forman son de origen lacustre (yeso y anhidrita) de la Formación Icaiche.

En la reserva se localiza el parteaguas peninsular, separando dos vertientes: la del Golfo de México y la del Caribe. Mediante la interpretación de las fotografías aéreas se localizaron 1 353 aguadas en la reserva (868 al norte y 485 al sur), por lo que la densidad aproximada es de 1.87 aguadas por hectárea. Aunque en el norte existe un mayor número de aguadas, éstas tienen menor superficie; el área promedio por aguada en el norte es de 1 373 m<sup>2</sup> y en el sur de 8 436 m<sup>2</sup>. Con el fin de poderlas representar gráficamente en el mapa se muestran con un *buffer* de 1 000 m (Figura 11).

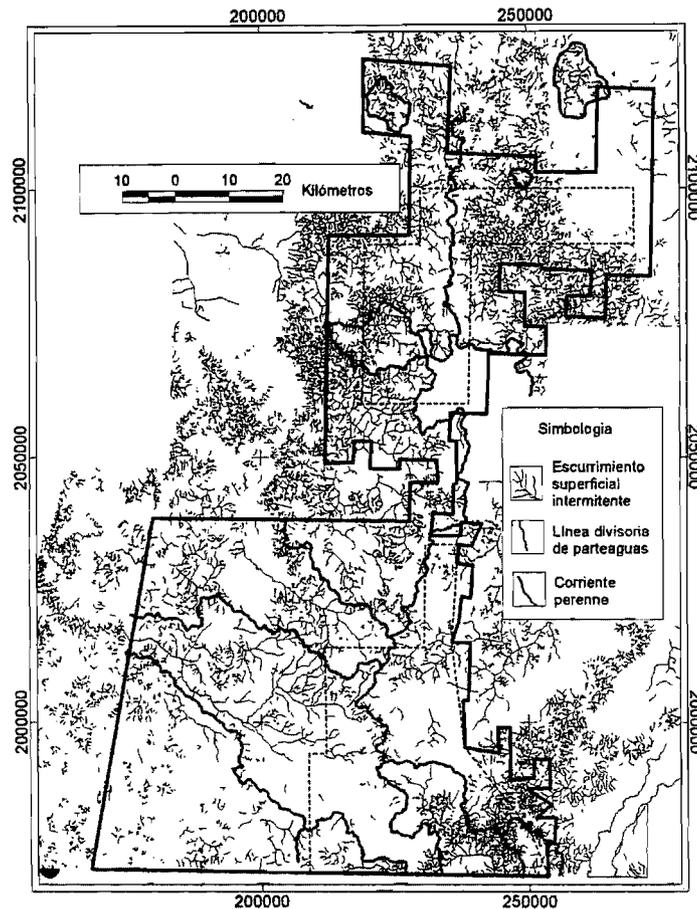


Figura 10. Mapa de la hidrografía superficial de la RBC.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la zona en estudio el desarrollo kárstico es resultado de la actividad tectónica, sin embargo, las condiciones físicas y bióticas que prevalecen en Calakmul dan lugar a hábitats que no están presentes en otros espacios de la península de Yucatán; por lo tanto la reserva cumple con los objetivos de conservación y preservación de la biodiversidad de las selvas del sureste de México.

La unidad geomorfológica con mayor precipi-

tación, densidad de aguadas, relieve y altitud en la península de Yucatán, se localiza en el extremo sureste de la reserva, en el límite internacional con Guatemala; está cubierto por selva alta y mediana perennifolia con gran variedad de hábitats para la flora y fauna silvestre. Aunque está ubicada dentro de la zona núcleo y, por tanto, están legalmente restringidas las actividades humanas, está siendo afectada severamente por asentamientos humanos irregulares que eliminan la selva para inducir cambios en el uso del suelo con fines agrícolas y ganaderos.

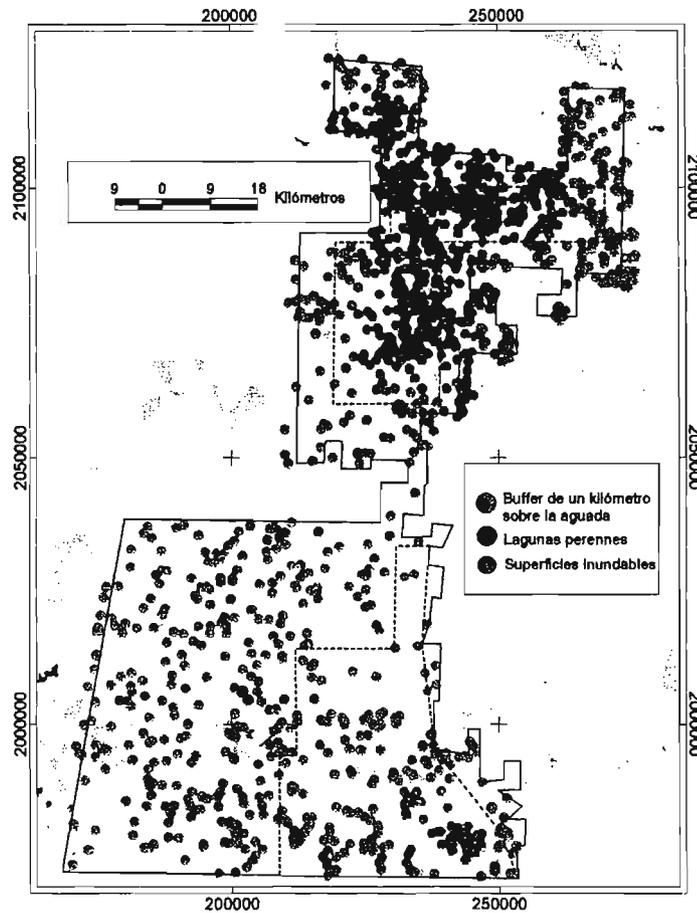


Figura 11. Mapa de la distribución de aguadas en la RBC. (Se construyó un buffer de un kilómetro para que fueran visibles en la escala representada.)

Las selvas de la RBC sirven de parteaguas peninsular; definen en su vertiente oriental (Caribe) y occidental (Sonda de Campeche) el curso de los escurrimientos superficiales y subterráneos, al formar las cuencas altas y zonas de recarga de acuíferos subterráneos.

En la reserva es evidente el gradiente de variación de la humedad, el cual se incrementa al sur. Sin embargo, las condiciones geomorfológicas agregan escenarios que hacen variar la distribución de la flora y la fauna silvestre. En el norte de la reserva, en donde prevalecen condiciones más secas y la vegetación es predominantemente sub-

perennifolia y caducifolia, existen mesetas niveladas en las que se ubican amplias superficies de parteaguas que forman microcuencas endorreicas, en donde se desarrollan superficies de inundación temporal con formación de suelos del tipo de los gleisoles y vertisoles en presencia de comunidades vegetales hidrófitas.

Las selvas de Calakmul constituyen un regulador de los flujos hídricos superficiales y subterráneos, por lo que las ciudades ubicadas en zonas más bajas de la península (Campeche, Mérida, Chetumal y Cancún), son beneficiadas por la conservación de las

masas forestales de la región, que favorecen la infiltración hídrica que alimenta los acuíferos.

Las dolinas son elementos importantes del relieve, desde el punto de vista biológico, mantienen condiciones húmedas durante la temporada seca anual; son prácticamente las únicas fuentes disponibles de agua para la fauna silvestre en la estación seca. Existe una gran cantidad de dolinas inundadas en la reserva; sin embargo, muchas de ellas se secan durante el estiaje, por lo que se restringen las posibilidades de abasto de agua durante la temporada seca. Es posible que las aguadas del norte de la reserva sean más propensas a secarse que las del sur, por ser más grandes; lo que implicaría el desplazamiento de la fauna al sur durante el estiaje, por lo que debe cuidarse que no se rompa la conectividad entre el sector norte y sur de la reserva.

Las selvas de Calakmul no poseen buenas características para la colonización y ocupación humana, fundamentalmente por la mala calidad del agua para consumo humano y su escasez en la época de estiaje. A pesar de que se han realizado un gran número de proyectos hidráulicos para tratar de solucionar el abasto de agua a las localidades humanas, sigue siendo el factor limitante para lograr el desarrollo económico y social de los pobladores locales.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Miguel Ángel Castillo y Janneth Padilla por su apoyo en la elaboración de las bases geográficas, a Celia López Miguel por la elaboración de perfiles topográficos. Las críticas y sugerencias de Juan Jacobo Schmitter Soto, Manuel Elías Gutiérrez, Eduardo Graniel, Carlos Melo y Martha Cervantes, han permitido mejorar el documento.

#### REFERENCIAS

- Butterlin y Bonet (1963), "Las formaciones cenozoicas de la península de Yucatán", *Ingeniería Hidráulica en México*, núm. 17, México, pp. 63-71.
- García Gil, G. y J. Pat, (2001), "Apropiación del espacio y colonización de la selva en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche", *Revista Mexicana del Caribe*, año V, núm. 10, México, pp. 212-231.
- INEGI (1982), *Carta climatológica*, escala: 1: 250 000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- López Ramos, E. (1975), *Geología de México*, tomo III, Ed. Escolar, México.
- Lugo, J. (1991), *Elementos de geomorfología aplicada*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo, J. (1999), "El relieve de la península de Yucatán", *Atlas de procesos territoriales de Yucatán*, Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Arquitectura, México, pp.159-162.
- Orellana, R. (1999). "Evaluación climática", *Atlas de procesos territoriales en Yucatán*, Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Arquitectura, México, pp.163-182.
- Pat, J. y V. Ku (2000), "Tendencias de cambio en el uso del suelo por los factores socioeconómicos, naturales y técnicos en la región de Calakmul, Campeche", *Memoria de Avances de investigación*, El Colegio de la Frontera Sur, Campeche, México.
- Revel Mouroz, J. (1980), *Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Szekely, M. e I. Restrepo (1998), *Frontera agrícola y colonización*, Centro de Ecodesarrollo, México.

Manuscrito 2

**INVESTIGACIONES**

---

**Geográficas**

**46**

**BOLETÍN DEL INSTITUTO DE GEOGRAFÍA DE LA UNAM  
MAYO 2001**

# 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@scl.ecosur-qroo.mx

\*\* Conservación Internacional México, A. C., Boulevard Comitán No. 191, Col. Moctezuma, 29030 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. E-mail: ijMarch@yahoo.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@scl.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).

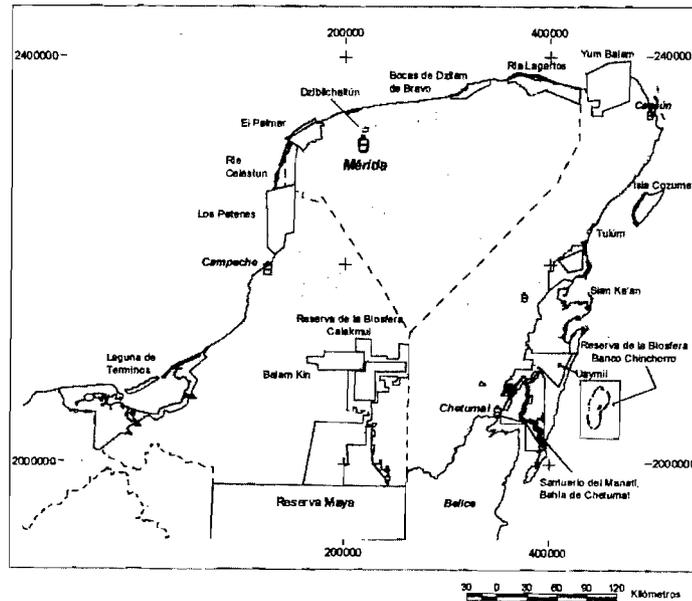


Figura 1. Áreas naturales protegidas en la península de Yucatán, México, y en el Petén, Guatemala.

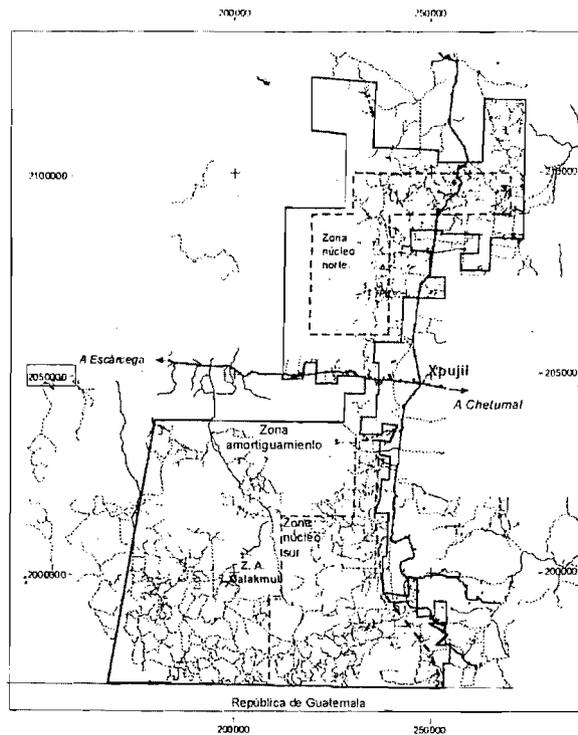


Figura 2. Localidades humanas y antigua red de caminos para la extracción de chicle y aprovechamiento forestal en la RBC.

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 amaron 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
<b>Total</b>	<b>722 121.69</b>	<b>100.00</b>

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 norte-sur 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).

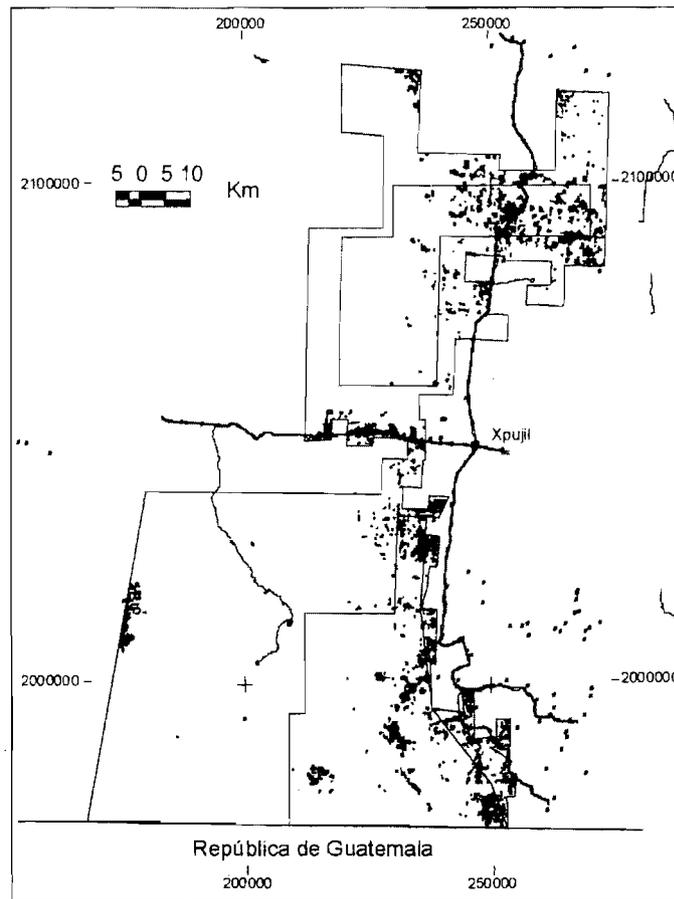


Figura 3. Distribución de la vegetación perturbada y áreas transformadas en las zonas núcleo y zona de amortiguamiento de la RBC.

## 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).

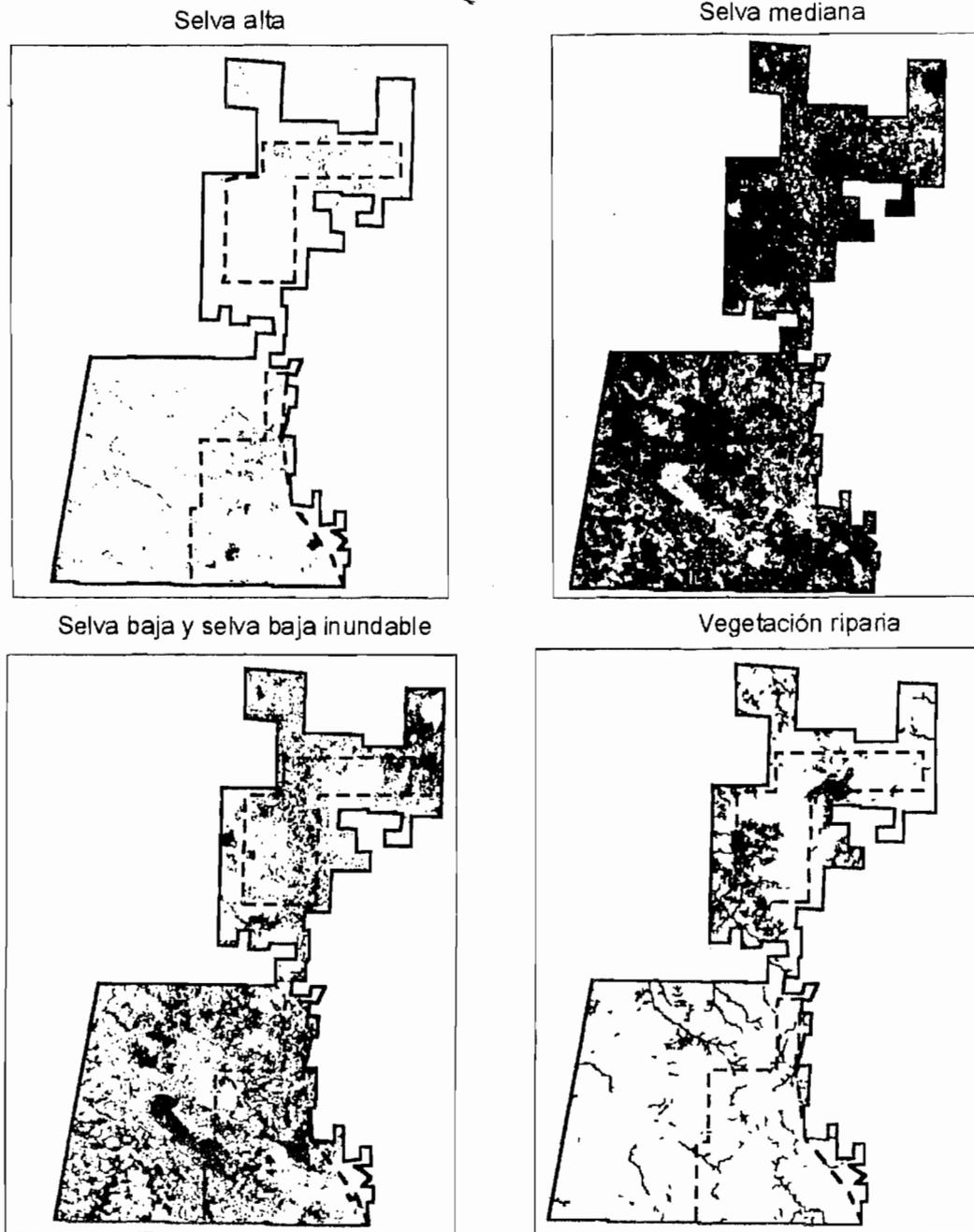


Figura 4. Distribución de las selvas altas, medianas, bajas y vegetación riparia en la RBC.

### 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

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.

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>

- ☐ 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", *21<sup>st</sup> 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 Management*.

Manuscrito 3

Revista Mexicana del Caribe  
Universidad de Quintana Roo, CIESAS, Instituto Mora, AMEC  
2000

## APPROPRIATION OF SPACE AND COLONIZATION IN THE BIOSPHERE RESERVE IN CALAKMUL, CAMPECHE, MÉXICO

GERARDO GARCÍA GIL  
*Ecosur Unidad Chetumal\**  
JUAN MANUEL PAT FERNÁNDEZ  
*Ecosur Unidad Campeche\*\**

### RÉSUMÉ

Ce travail décrit le récent processus de colonisation humaine dans la Réserve de la Biosphère de Calakmul et identifie les transformations de la couverture végétale résultant du changement de l'utilisation du sol et de la construction d'espaces sociaux entraînés par des activités d'agriculture et d'élevage. La démarche passe par la cartographie des propriétés terriennes et celle de l'utilisation des sols à partir de l'interprétation de photographies aériennes de 1995 et par l'élaboration d'une base géographique digitale à analyser par le Système d'Information Géographique (SIG). Trois activités occupent les espaces productifs des communautés: une production à fins d'autoconsommation de maïs, (culture sur brûlis), la culture commerciale d'une variété de piment et l'exploitation de produits sylvestres. Sept types de formes de propriété reconnues dans la Réserve révèlent les diverses tendances de l'évolution de l'utilisation du sol.

### SAMENVATTING

In deze studie wordt het recente proces van kolonisatie van het ecologisch reservaat van Calakmul bestudeerd. Er is vooral aandacht voor de transformaties in de vegetatie wegens de nieuwe gebruiken van de grond en het scheppen van sociale ruimtes van de landbouw kolonisatie. Er werd in kaart gebracht het gebruik en het bezit van de grond op basis van luchtfoto's van 1995 en zo werd een digitale databank samengesteld die geanalyseerd kan worden in een Geografische Informatie Systeem. De verschillende tendenzen in het gebruik van de grond worden geklassificeerd op basis van zeven verschillende eigendomsvormen die in het reservaat werden aangetroffen.

## APROPIACIÓN DEL ESPACIO Y COLONIZACIÓN EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA CALAKMUL, CAMPECHE, MÉXICO

GERARDO GARCÍA GIL  
*Ecosur Unidad Chetumal\**  
JUAN MANUEL PAT FERNÁNDEZ  
*Ecosur Unidad Campeche\*\**

### RESUMEN

En este estudio se describe el proceso reciente de colonización humana en la Reserva de la Biosfera Calakmul y se identifican las transformaciones ocurridas en la vegetación debido al cambio en el uso del suelo y como consecuencia de la construcción de los espacios sociales de colonización agropecuaria. Se realizó cartografía de tenencia de la tierra y uso del suelo a partir de la interpretación de fotografías aéreas de 1995 y se conformó una base geográfica digital para ser analizada en un Sistema de Información Geográfica (SIG). Los espacios productivos de las comunidades están ocupados por tres actividades: la producción de maíz para autoconsumo mediante el uso de la técnica agrícola de roza, tumba y quema, el cultivo comercial del chile jalapeño y la extracción de productos silvestres. Se reconocen diferentes tendencias en el cambio de uso del suelo de acuerdo con siete tipos de propiedad encontrados en la reserva.

Palabras clave: *Colonización, apropiación del espacio, Calakmul, México.*

### ABSTRACT

This paper describes the recent process of human colonization in the Biosphere Reserve in Calakmul, Campeche and identifies the transformations to the vegetation that have taken place due to the changes in soil use and the construction of social spaces for agricultural colonization. Land ownership and soil use were mapped out on the basis of aerial photographs taken in 1995 and a digital geographic data base was set up to be analyzed in a Geographic Information System (SIG, initials in Spanish). Different tendencies in the changing uses of soil were detected in accordance with the seven types of property found on the reserve.

Key words: *Colonization, appropriation of spaces, Calakmul, Mexico.*

\* Ecosur Unidad Chetumal, Carretera Chetumal-Bacalar Km 2, Zona Industrial Núm. 2, Chetumal, Q. Roo, Tel 832 16 66 ext. 284

\*\* Ecosur Unidad Campeche, Calle 10 x 61 Núm. 264, Col. Centro. CP 24000, Tel (981) 64 221 ext. 206.

## I. INTRODUCCIÓN

Hasta antes de 1989, fecha en que se firma la declaración de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, el sureste del país ya había sido escenario de un proceso, a veces dirigido y a veces espontáneo, de colonización humana. El gobierno mexicano había decidido continuar con el reparto agrario y fomentar la expansión de la frontera agropecuaria y para lograrlo puso en marcha la política nacional de colonización del trópico (Szekely, 1988; Revel-Mouroz, 1980). Por otro lado y de manera más o menos simultánea se identificó la necesidad de conservar las selvas tropicales de México, situación que motivó la declaración de áreas naturales protegidas.

Dada su cercanía en el tiempo y el espacio, estos dos procesos —la política de colonización y la declaración de áreas naturales protegidas— provocaron la superposición de decretos con diferentes fines, lo cual suscitó problemas de indefinición en la tenencia de la tierra en las áreas naturales protegidas y conflictos sociales en las dotaciones agrarias y forestales.

Con la finalidad de proteger las selvas del sur de la península de Yucatán, en 1989 se expidió el Decreto de Creación de Área Protegida con categoría de manejo de Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC). Las 723 185.12 hectáreas establecidas en el decreto incluyen dos zonas núcleo: la zona núcleo I (sur) con 147 915.50 hectáreas, y la zona núcleo II (norte) que comprende 100 345.00 hectáreas, a ello se añade la zona de amortiguamiento con 474 924.62 hectáreas.<sup>1</sup>

La Reserva de la Biosfera Calakmul es actualmente el área protegida con mayor superficie de selvas tropicales de México. Su valor biológico a escala regional es de gran importancia porque posibilita la continuidad biológica con las reservas y áreas protegidas "vecinas" en Guatemala y Belice, con las que aún mantiene continuidad forestal; la superficie ininterrumpida de selva asciende a más de 3 000 000 hectáreas. Sin embargo, en esta gran selva de la región maya existe una creciente presión antrópica por el cambio de uso del suelo, debido a la expansión de la frontera agropecuaria, lo que genera un proceso de fragmentación y reducción de la selva (García-Gil, 1998; Boege, 1993; Pat y Ku, 2000).

La selva de Calakmul, conocida por su valor histórico y cultural, es el lugar donde floreció la cultura maya (Carrasco, 2000; Rodríguez, 2000;

<sup>1</sup> "Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera Calakmul", *Diario Oficial de la Federación*, 1989.

Folan *et al.*, 1999) de la cual subsisten vestigios arqueológicos que nos hablan de la gran importancia de esta cultura desde el Preclásico Tardío (200 a. C) hasta el Clásico Tardío (800 d. C). Es probable que durante este amplio periodo la selva haya estado densamente poblada y que la vegetación haya sido modificada por los sistemas agrícolas de los antiguos mayas (Barrera *et al.*, 1977).

Después de varios siglos de abandono, por segunda vez en su historia se inicia un proceso de colonización humana en la selva, que ahora conlleva la sustitución de las comunidades vegetales primitivas por sistemas agrícolas y pecuarios, los cuales reflejan espacialmente la forma de organización social del trabajo y el tipo y objeto de producción. A través del transcurso de los ciclos agrícolas y la escasa disposición de capacidades tecnológicas de los pobladores, se va ampliando paulatinamente la frontera agropecuaria mediante el reemplazo y la fragmentación de la selva.

En este estudio se identifican la ubicación de las distintas formas de apropiación del espacio, las actividades agropecuarias presentes en esta área natural protegida, así como las posibles implicaciones para lograr los objetivos de conservación y desarrollo sustentable en la selva de Calakmul.

## II. ANTECEDENTES

El reciente proceso de colonización humana de la RBC comienza a finales de 1970. Las dotaciones anteriores son acciones agrarias aisladas (algunas de ellas serían la constitución de los ejidos Conhuas, San Antonio Soda y 20 de Noviembre, entre otros). Los colonizadores de la selva son principalmente indígenas y campesinos sin tierras procedentes de otros estados de la república (Chiapas, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Michoacán, etcétera), los cuales ingresan en la selva aprovechando los caminos que en el pasado se abrieron para la extracción de las maderas preciosas (cedro y caoba) y el chicle (Ponce, 1990; Konrad, 1999). Sin embargo, la selva de Calakmul no ofrece condiciones naturales adecuadas para la ocupación humana, pues la disponibilidad natural del agua es muy escasa durante la época seca (noviembre-abril); esto ocasionó que el proceso de colonización fuera lento y difícil. La explicación de este fenómeno radica en la morfología superficial y la naturaleza cárstica del subsuelo, típico de la península de Yucatán, que favorecen la infiltración de las aguas pluviales y hacen que el escurrimiento superficial sea limitado. La única

fuentes naturales de agua durante la época seca son las depresiones cársticas que acumulan aguas pluviales (dolinas) y que localmente son denominadas aguadas.

Desde su inicio, la colonización humana tuvo que resolver la disponibilidad de agua para el uso doméstico de las comunidades rurales, y ésta es la razón por la cual los poblados se ubicaron junto a los depósitos naturales de precipitación pluvial. Como éstos no fueron suficientes para abastecer del líquido durante todo el año a la población creciente, el gobierno optó por construir obras hidráulicas artificiales, conocidas como cisternas o aljibes, que almacenan el agua pluvial en las principales localidades. En 1998, mediante un costoso proyecto, se construyó un acueducto subterráneo que se alimenta de un cuerpo de agua perenne localizado al sur de la región (Laguna de Alvarado) y se instalaron tres cárcamos o estaciones de bombeo; dicha obra suministraría agua a localidades del borde oriental de la reserva hasta una distancia de 85 kilómetros.

### III. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE TRABAJO

#### *Generación de la base geográfica digital*

La reconstrucción del proceso reciente de colonización requirió la consulta e integración de diversas fuentes de información. Primero, se generó una base geográfica digital mediante la elaboración de varias capas de diferentes temas: infraestructura de comunicaciones, asentamientos humanos, sitios arqueológicos, tipos de vegetación y uso del suelo. La información fue obtenida a partir de fotografía aérea en 1995 (escala aproximada 1:20 000), interpretada y corregida digitalmente. La base geográfica se complementó con cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) en escala 1:50 000, la cual fue digitalizada e incorporada a la base para ser utilizada mediante un Sistema de Información Geográfica (ArcInfo). Se digitalizó también la cartografía de la tenencia de la tierra realizada por la entonces Secretaría de la Reforma Agraria. Asimismo, se adjuntó el plano del sector sureste generado por Arteaga (1991), quien efectuó un deslinde físico de la brecha poniente de los ejidos que se encuentran dentro de la RBC.

El levantamiento del polígono de la reserva se hizo con los vértices (coordenadas) referidos en el decreto y se obtuvo una cobertura con los

límites que definen los polígonos de la zona de amortiguamiento y las zonas núcleo (norte y sur). Los rumbos y distancias entre vértices fueron capturados en un archivo .cgp de AutoCad. Este archivo fue procesado con el programa vértice.lsp (el cual proyecta las coordenadas y genera una línea que une los vértices en orden consecutivo). Una vez obtenido el polígono se tuvo que realizar un ajuste con la línea fronteriza México-Guatemala, ya que uno de los vértices estipulado en el decreto se ubica aproximadamente 200 metros dentro de la República de Guatemala.

En el terreno se efectuaron verificaciones de los límites o mensuras de los predios gracias al uso de un geoposicionador (GPS) que posibilitó la obtención de coordenadas geográficas (puntos de control). Las lecturas realizadas con este equipo se sometieron a la corrección diferencial posproceso, lo cual permitió efectuar adecuaciones e introducir predios y rasgos de infraestructura faltantes.

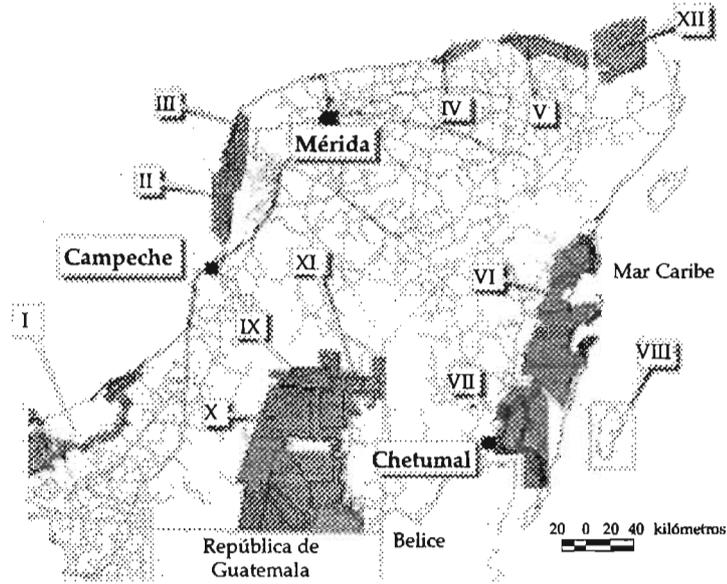
Mediante entrevistas a autoridades ejidales y representantes de los productores se obtuvo información básica de los ejidos ubicados dentro del polígono de la RBC, el estado legal de sus predios, así como las principales actividades productivas. También se analizaron algunas circunstancias en el ámbito regional para entender las interrelaciones de los fenómenos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La apropiación del espacio y el uso del suelo en la RBC son procesos socioeconómicos complementarios y complejos, ya que interactúan situaciones de orden natural y actividades antropogénicas; en consecuencia, su análisis debe considerar: a) la población y colonización del área; b) las técnicas de producción; c) la infraestructura productiva y de caminos; y d) la tenencia de la tierra y objetivos de la RBC.

El proceso de colonización y apropiación del espacio implica la expansión de la frontera agrícola y puede ser estudiada en distintas escalas (nacional, estatal o regional). En el ámbito regional, el análisis del estado de conservación de la RBC debe considerar la integración territorial, es decir, las relaciones transfronterizas con Guatemala y Belice y su influencia en los proyectos del corredor biológico que va desde Sian Ka'an-Calakmul hasta el Gran Petén, Guatemala (figura 1).

FIGURA 1. Mapa de las áreas naturales protegidas de la Península de Yucatán, México

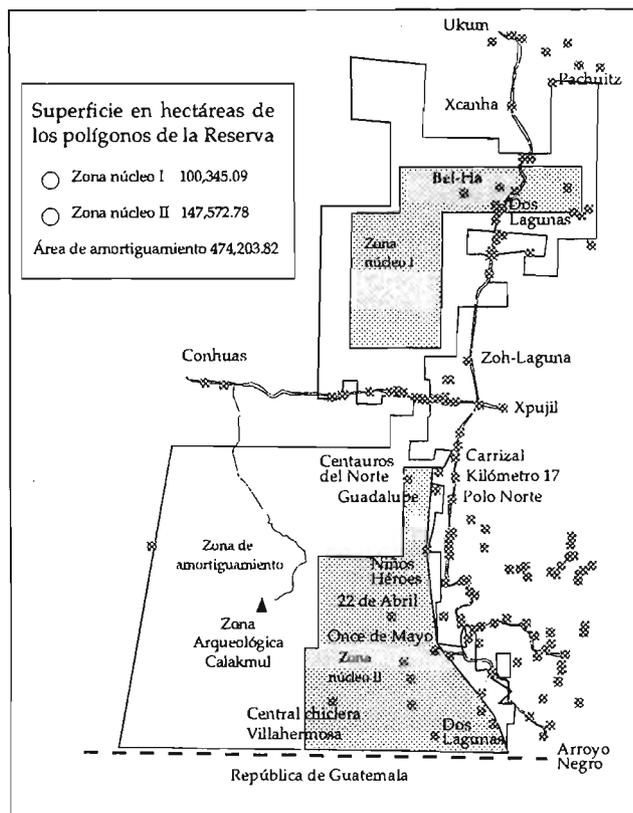


Laguna de Términos	I	Bahía de Chetumal	VII
Los petenes	II	Banco Chinchorro	VIII
Celestún	III	Balam Kin	IX
Bocas de Dzilam	IV	Frontera ambiental*	X
Río Lagartos	V	Calakmul	XI
Sian Kaán	VI	Yum Balam	XII

\* Área propuesta

La superficie total de la reserva declarada en el decreto de creación (1989) no concuerda con la obtenida según el procedimiento descrito en este trabajo. El área calculada para la reserva es de 772 121.69 hectáreas, lo que arroja una diferencia de 1 063.31 hectáreas menos que la superficie considerada en el decreto, esta disminución se observa en la zona núcleo sur y en la zona de amortiguamiento. La comparación y verificación de datos resulta importante ya que permite precisar la ubicación de los predios de aprovechamiento ejidal y corregir la información de superficie de la RBC (figura 2).

FIGURA 2. Mapa de las principales localidades dentro y en las inmediaciones del polígono de la RBC



Durante el diseño y la creación de la Reserva de la Biosfera Calakmul, las autoridades de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (Sedue) encargadas de la elaboración del decreto oficial, ignoraron las condiciones de colonización de la región, por lo que desconocieron la existencia de poblados, dotaciones agrarias, tenencia de la tierra y asentamientos humanos irregulares dentro del área decretada. En ella se ubican 38 localidades que albergan a 700 personas aproximadamente (figura 2). El establecimiento de la RBC causó en aquellos años fuerte tensión social entre los ejidatarios y pobladores, quienes se sintieron amenazados por temor de

ser despojados de sus tierras. La falta de información y los falsos rumores sobre la posible pérdida de sus predios ocasionaron un acelerado proceso de deforestación, de hecho, los pobladores consideraron el desmonte como una alternativa para garantizar la posesión de la tierra. El conflicto social fue disminuyendo paulatinamente en los últimos cuatro o cinco años, gracias a la difusión de los objetivos de la RBC por parte tanto de las asociaciones civiles como de diversos órganos del gobierno federal y estatal, la Dirección de la RBC e instituciones de investigación, entre otros.

La complicada e irregular forma que presenta la RBC y el alto número de vértices que conforman los límites del polígono principal muestran una complejidad inusual en la delimitación de un área protegida. La forma del polígono principal refleja que no se aplicaron criterios biológicos, físicos ni sociales para definir su forma y tamaño. El análisis realizado permite deducir que el criterio aplicado se basó en los límites de la tenencia de la tierra. También resulta evidente la falta de una verificación de campo, por lo cual no se dispuso de información actualizada y precisa sobre la ubicación de los predios existentes. Los polígonos de las zonas núcleo de la reserva incluyen total o parcialmente las siguientes formas de tenencia de la tierra: a) ejidos con dotaciones definitivas; b) Nuevo Centro de Población Ejidal (NCPE); c) proyectos de dotación ejidal; d) proyectos de ampliación ejidal; e) ocupantes de terrenos nacionales; y f) pequeños propietarios.

Las diferentes formas de tenencia de la tierra y su respectiva situación legal dan lugar a graves contradicciones entre las distintas formas de uso del suelo, lo cual interfiere con el aprovechamiento de los recursos naturales por parte de los productores ubicados en la zona núcleo en donde, por definición, no se deben practicar actividades agropecuarias, ya que sólo está permitida la investigación, pues la prioridad es la conservación de la diversidad de especies existentes en la zona (Instituto Nacional de Ecología, 1999).

#### *Calakmul como zona de colonización agropecuaria*

La colonización de Calakmul es parte de un proceso social y político del fenómeno que se ha presentado en los ámbitos regional y estatal. En el estado de Campeche se experimentó primero en la zona de Candelaria, después se fueron colonizando las áreas aledañas a la carretera Escárcega-Chetumal, aprovechando la apertura de la nueva vía de comunicación en los años setenta.

En Calakmul se establecieron una gran cantidad de etnias provenientes de más de 20 estados de la República Mexicana y aún persiste la inmigración a los ejidos fuera y dentro de la reserva. En el sur de Calakmul se ubica aproximadamente 60% de la población total del municipio, esto es, 18 525 habitantes, lo que representa la mayor densidad demográfica y presión al cambio de uso del suelo en esa zona (Pat y Ku, 2000). A pesar de las limitaciones naturales para la producción, de la escasez de agua para consumo humano, del alto grado de marginalidad y de la lejanía de los mercados para sus productos agropecuarios, la colonización ha sido un factor decisivo para la deforestación de la selva.

#### *Técnicas de producción*

Las características del medio natural, la calidad y cantidad de los recursos naturales y la pluralidad étnica existente en la RBC son variables necesarias para reconocer las técnicas de producción, ya que constituyen las herramientas para el manejo y aprovechamiento de los recursos. Además, son variables clave para tratar de atenuar o evitar el deterioro ambiental y elevar la productividad de las actividades económicas.

Las transformaciones que realizan las comunidades en los límites y en el interior de la reserva se localizan principalmente en su borde oriental y sobre el vector de colonización este-oeste (carretera Escárcega-Chetumal). La intervención humana tiene lugar principalmente por el sistema productivo de roza, tumba y quema (r-t-q) y roza-quema (r-q), que son los más utilizados en el esquema de agricultura de subsistencia de maíz, frijol, chile y calabaza —productos básicos para la alimentación familiar.

Este sistema de producción agrícola tradicional requiere de una amplia superficie para lograr su movilidad y mantenimiento, tiene dos periodos principales: a) uno agrícola, que comprende de dos a tres años —el suelo pierde paulatinamente su fertilidad durante la explotación agrícola consecutiva— (ICRAF-México, 1996; Revel-Mouroz, 1980, 43), y b) el periodo de recuperación o barbecho, que dura de 15 a 20 años, necesarios para recobrar la fertilidad del suelo por medio de la materia orgánica que se incorpora durante el proceso natural de crecimiento de la selva.

La agricultura comercial se realiza también en la franja limítrofe oriental de la reserva en donde, en los últimos cinco años, se ha incrementado la producción de chile jalapeño. Este cultivo es el que reditúa mayores ganancias, su rendimiento oscila entre ocho y 15 ton/ha dependiendo

de las condiciones climáticas. Se cultiva en los mejores suelos de la región, donde se ubican las tierras mecanizadas y se demandan insumos modernos, como plaguicidas y fertilizantes que representan altos costos para la producción. La labranza del chile jalapeño se ha arraigado en las comunidades como uno de los cultivos importantes que se expande bajo el sistema de producción de roza, tumba y quema, por lo que incide directamente en la apertura de nuevos espacios para la agricultura. Este cultivo es el más importante en el estado de Campeche.

En el año 1995 la superficie agrícola de los diversos cultivos dentro de la Reserva de la Biosfera de Calakmul fue de 2 392.57 hectáreas (0.33%). El estudio Semarnap-Ciecas (1998) reportó en 1994, 0.136% como áreas fragmentadas o de recuperación de la selva. A pesar de que los datos de este último estudio pudieran estar sesgados —por ser información obtenida de fuentes indirectas—, se aprecia un incremento de la apropiación del espacio por el uso del suelo dentro de la reserva como resultado de la presión demográfica.

La explotación ganadera fue impulsada en los años ochenta con apoyo de programas públicos. Esta actividad no se ha desarrollado ampliamente en la región debido a la escasez de agua que, como ya señalamos, es severa durante la época seca y ello constituye un impedimento natural para la reproducción y crianza de los hatos ganaderos. Al norte de la reserva se ubica la comunidad denominada Bel-Ha, cuyos habitantes son originarios de Tabasco y poseen una cultura ganadera, algunos de ellos tienen entre 200 y 300 hectáreas y han generado un sistema de ganadería extensiva de importancia económica local.

Esta área de explotación ganadera se encuentra dentro de la zona núcleo y, por su relevancia, requiere de un manejo adecuado de acuerdo con el reglamento de la Reserva de la Biosfera Calakmul que permite “las actividades productivas emprendidas por las comunidades que ahí habitan, de ganadería intensiva y estabulada” (INE, 1999), y esto es muy diferente a la ganadería extensiva que actualmente se realiza. Para resolver los conflictos de intereses entre los objetivos de la reserva y los productores es necesario el reordenamiento territorial y la rezonificación de la Reserva.

En los últimos años los campesinos de la región de Calakmul han recibido apoyo de diferentes programas relativos a agroforestería, agricultura orgánica y apicultura, entre otros. La agroforestería no se ha generalizado debido a la falta de técnicos, capacitación, financiamiento y a la oportunidad de la producción (ya que el beneficio de esta actividad se alcanza en el mediano y largo plazo); no obstante, representa una acti-

vidad alternativa dentro de la diversificación de la producción. La agricultura de abonos verdes se ha promovido en la región pero hasta ahora son pocos los productores que se han convencido de sus bondades, sin embargo, con planeación y apoyo, una mayor cantidad de ellos podría sensibilizarse y adoptarlos, ya que representa una estrategia de producción acorde con los objetivos de la reserva. Con respecto a la apicultura, los productores han reconocido que es una actividad redituable y complementaria de la economía campesina, empero, como en otros casos, falta capacitación para el manejo, créditos adecuados y facilidades para la comercialización del producto, ya que la única opción actual es el centro de acopio en Xpujil. Esta actividad tiene grandes posibilidades económicas como producto orgánico y como una alternativa del desarrollo sustentable de la región.

#### *Los caminos de la selva*

El efecto de la colonización, el uso de técnicas de producción y la apertura de los diferentes caminos en la selva constituyen, en gran medida, el fenómeno de la apropiación del espacio en Calakmul. Este fenómeno y la colonización han sido procesos complementarios, su presencia explica la dinámica del uso del suelo e imprime características específicas al desarrollo de la región. Las vías de comunicación son vectores observables en las fotografías aéreas en donde se aprecia el fenómeno de la deforestación aparejado con caminos y brechas que han propiciado la alteración de la cubierta vegetal.

El estado de Campeche, en especial la región de Calakmul, se ha transformado gradualmente. Durante el periodo 1900-1960 la explotación del chicle y las maderas preciosas fueron actividades económicas temporales importantes para la región, de éstas sólo quedaron los caminos de los chicleros y el arrastre de las maderas hacia los tumbos y aserraderos de Zoh Laguna y San Antonio Soda. Posteriormente, a finales de los años sesenta, fue construida la principal vía de comunicación transpeninsular: la carretera Escárcega-Chetumal, que atraviesa actualmente a la RBC. La terminación de esta importante obra trajo consigo, en los años setenta, el poblamiento espontáneo a lo largo del camino, comenzando con esto la apropiación reciente de la región. En los años ochenta se llevaron a cabo los trabajos formales del camino de terracería de Xpujil-Yohaltún-Chenes,

que atraviesa el núcleo de la reserva y, en los noventa, el camino de terracería Xpujil-frontera Guatemala. Actualmente ambos se encuentran pavimentados.

La infraestructura vial construida pudo contribuir, en parte, a disminuir la marginalidad de las comunidades, pero ha tenido también una repercusión colateral: el surgimiento de nuevas localidades humanas que representan mayor presión demográfica hacia los recursos y mayor expansión de las fronteras agropecuarias.

La apropiación del espacio en la reserva se refleja en el cambio de uso del suelo. Las expresiones adquieren características según el régimen de propiedad en razón de que el tipo de tenencia de la tierra define en gran medida el objeto de la producción.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que 51.09% de la reserva son terrenos nacionales y ocupan parcialmente las zonas núcleo norte y sur; las ampliaciones forestales ocupan 37.33% del área total y se ubican en el sector occidental del polígono sur; la propiedad social (dotaciones ejidales, nuevos centros de población ejidal y ampliaciones ejidales) comprende 9.2% y se ubica en el sector oriente; la propiedad privada equivale a una pequeña fracción (2.15%) y se encuentra en la zona núcleo norte (cuadro 1, figuras 3 y 4).

CUADRO 1. *Superficie de la Reserva, según tipo de tenencia de la tierra*

<i>Tipo de tenencia de la tierra</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Porcentaje de la poligonal</i>
Terrenos nacionales	368 923.25	51.09
Ampliación forestal	269 566.16	37.33
NCPE	21 625.49	2.99
Dotación ejidal	19 070.60	2.64
Proyecto de dotación	15 851.93	2.20
Proyecto de ampliación	3 498.98	0.48
Segunda ampliación	6 448.41	0.89
Propiedad Privada	15 500.08	2.15
Asentamientos irregulares	1 636.81	0.23
Total	722 121.71	100.00

FIGURA 3. Mapa de tenencia de la tierra de la RBC

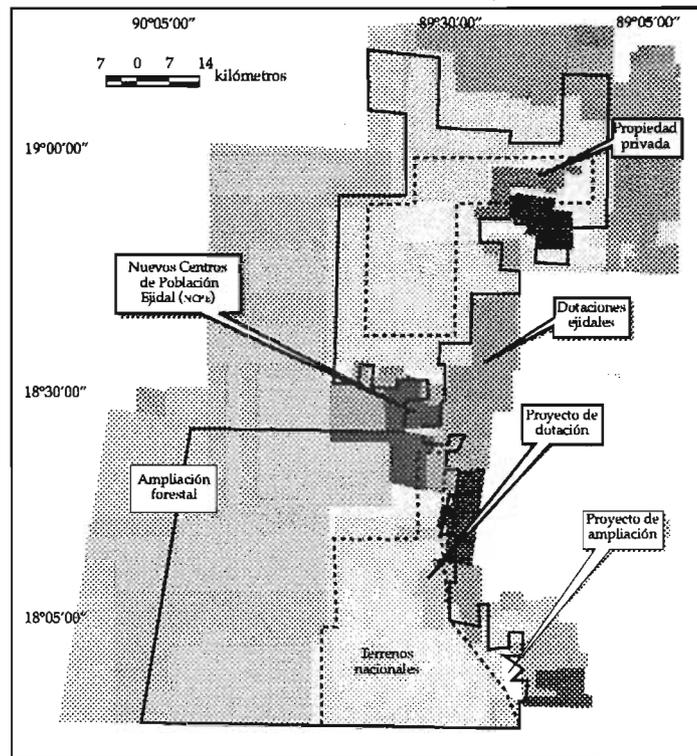
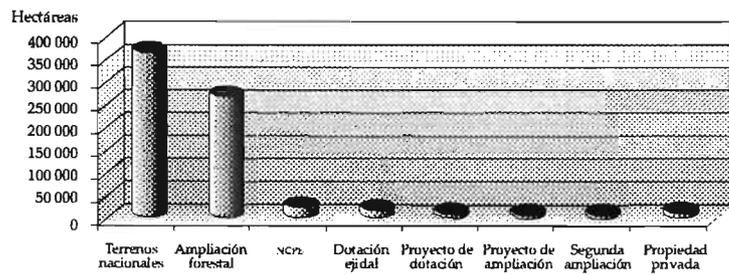


FIGURA 4. Superficie de la RBC, según tipo de tenencia de la tierra



*La apropiación del espacio en la RBC*

Dentro del polígono de la RBC se localizan 22 dotaciones ejidales que están parcial o totalmente incluidas dentro del polígono principal; 27% de su superficie se halla transformada bajo algún tipo de uso, de estas áreas transformadas 82.65% corresponde a terrenos dedicados principalmente a actividades agrícolas (maíz, chile, frijol y calabaza); el área de pastos ocupa menos de 4% de la superficie ejidal, es decir, la ganadería no es una actividad preponderante para este régimen de propiedad. El 73% de la superficie ocupada por las dotaciones ejidales mantiene vegetación no transformada, por lo que constituye la reserva forestal de los ejidos, y también el área hacia donde crecerá la frontera agropecuaria en los próximos años (cuadro 2, figura 5).

CUADRO 2. Superficie en hectáreas de uso del suelo, según el régimen de propiedad en la RBC

Uso del suelo	Dotaciones ejidales		Proyectos de dotación		Proyectos de ampliación		NCPE		Propiedad privada	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%	Ha	%
V. S. arbórea	623.47	12.21	347.33	11.64	103.75	27.4	134.47	7.5	407.37	19.9
V. S. arbustiva	1 648.37	32.28	1 419.61	47.56	93.31	24.6	823.44	46.3	1 032.35	50.6
Agrícola	2 570.01	50.33	1 133.61	37.98	164.8	43.5	716.62	40.3	147.9	7.2
Pastizal	171.17	3.35	48.8	1.64	—	—	57.87	3.2	380	18.6
Habitacional	93.02	1.82	35.23	1.18	17.29	4.6	44.79	2.5	—	—
VPI*	—	—	—	—	—	—	—	—	74.37	3.6
Total	5 106.04	100.00	2 984.58	100.00	379.15	100.0	1 777.19	100.0	2 041.99	100.0

V.S. Vegetación secundaria.

VPI. Vegetación perturbada por incendio.

Dentro de la RBC se encuentran cinco predios considerados en la categoría de proyectos de dotación ejidal, es decir, asentamientos humanos que no concluyeron legalmente la tramitación agraria, ellos han transformado 18.9% de su superficie, de la cual 85.54% está destinada a las prácticas agrícolas y solamente 1.2% a la ganadería (figura 6).

FIGURA 5. Uso del suelo en las dotaciones ejidales en la RBC

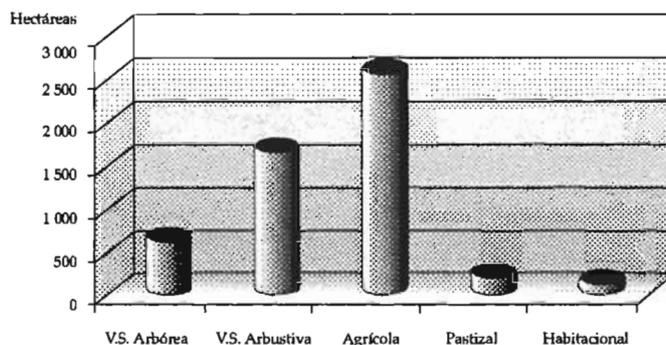
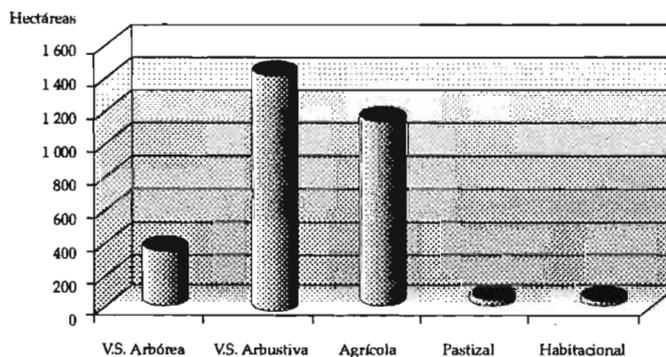


FIGURA 6. Uso del suelo en los proyectos de dotación ejidal en la RBC



Dos predios se reconocen en la categoría de proyectos de ampliación y se ubican en el sector sur de la reserva. Han transformado un poco menos de 11% de la superficie que ocupan, de la cual casi 70% se dedica a la agricultura y no existe superficie asignada a la ganadería (figura 7).

Siete asentamientos forman los nuevos centros de población ejidal (NCPE) dentro de la reserva y ocupan una superficie de 21 625 hectáreas dentro del polígono principal; de esta superficie, 8.2% se encuentra en un estado de sucesión secundaria (vegetación arbustiva mayor de siete años), 40.2% se dedica a la roza, tumba y quema; los pastizales ocupan 3.2% (figura 8).

FIGURA 7. *Uso del suelo en los proyectos de ampliación ejidal en la RBC*

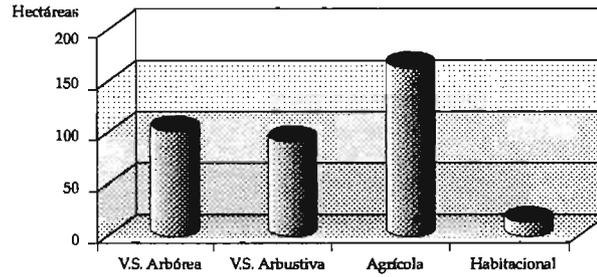
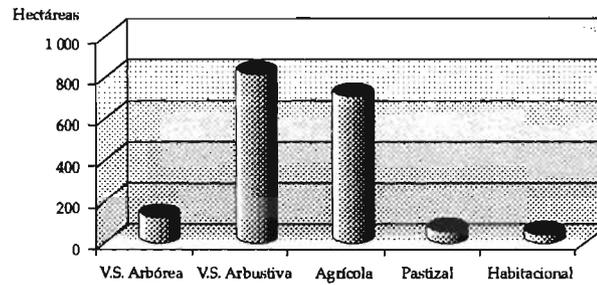
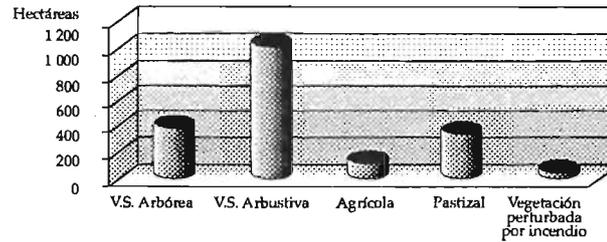


FIGURA 8. *Uso del suelo en los NCPE en la RBC*



El régimen de propiedad privada se localiza en las zonas de amortiguamiento y núcleo norte; comprende varios predios de intención ganadera denominados Bel-Ha y Rancho San Román, ambos suman 15 500.08 hectáreas, de las cuales 14.26% ha sido transformado, de esta superficie más de 71% comprende vegetación secundaria y 17% pastizales (figura 9).

FIGURA 9. *Uso del suelo en la propiedad privada en la RBC*



## V. CONCLUSIONES

Los tipos de apropiación del espacio resultaron representativos de la naturaleza de los cambios en el uso del suelo en la Reserva de la Biosfera de Calakmul, pues las actividades económicas que se realizan están sujetas a una lógica de producción. La actividad agrícola es la más importante; la ganadería no se ha extendido debido a la escasez de agua. Considerando la gran extensión de la RBC, se puede afirmar que la deforestación por actividades antrópicas es poco significativa; sin embargo, puede servir como un indicador para tomar medidas preventivas y proponer alternativas viables para el aprovechamiento y uso racional de los recursos con que cuenta la población.

La apropiación del espacio y la colonización dentro de la Reserva de la Biosfera Calakmul son procesos complejos que ocurren de diferente manera en virtud de circunstancias históricas, políticas y geográficas. La mayor parte de las dotaciones ejidales se concentra en el sector oriental de la reserva, sector en el cual se ubican 26 asentamientos humanos que inciden sobre los recursos naturales. Las alteraciones en la selva se observan específicamente en el cambio de uso del suelo con la intención de producir maíz y frijol para el autoconsumo y chile jalapeño para comercializarlo. El incremento de la superficie agropecuaria explica la expansión de la frontera agrícola y la consolidación de la apropiación del espacio.

El conflicto social actual en la RBC ha sido generado en parte por la visión gubernamental de los años setenta que, en materia de desarrollo económico, consideró al sureste de México como terrenos nacionales libres de ocupación, con capacidad natural para la colonización humana y la ampliación de la frontera agropecuaria, sin tomar en cuenta la fragilidad y complejidad de los ecosistemas tropicales.

La superficie de selva transformada dentro de la reserva durante los últimos treinta años por las actividades humanas asciende a 25 310.76 hectáreas; lo que podría expresarse como una transformación promedio anual de 850 hectáreas.

La expansión ganadera en los predios de Bel-Ha (propiedad privada), en el sector norte, y el diseño estrecho de la reserva a la altura de Xpujil, podrían provocar en el futuro la fragmentación de la RBC, por lo que es necesario rectificar los límites de la reserva y de las zonas núcleo, lo que permitiría tener en polígono acorde con la colonización actual y así evitar conflictos sociales con los pobladores, además de poder llevar a cabo los programas orientados a lograr la preservación de los recursos natura-

les y el desarrollo de las comunidades humanas que habitan en la Reserva de la Biosfera de Calakmul.

E-mail: ggarcia@ecosur-qroo.mx

E-mail: jpat@sclc.ecosur.mx

Artículo recibido el 27/02/01, aceptado 06/06/01

## FUENTES CONSULTADAS

### BIBLIOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

Arteaga, Jesús

- 1991 *Levantamiento topográfico del sector sureste de la Reserva de la Biosfera Calakmul*. Pronatura/ Península de Yucatán/ Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología-Delegación Campeche, 1 plano escala 1:20,000.

Barrera, Alfredo, Arturo Gómez-Pompa y Carlos Vázquez-Yañez

- 1977 "El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas", en *Biótica*, vol. 2, núm. 2, pp. 47-61.

Carrasco, Ramón

- 2000 "El cuchcabal de la cabeza de serpiente", en *Revista de Arqueología Mexicana*, vol. VII, núm. 42, pp. 19-21.

Boege, Eckart

- 1993 "El desarrollo sustentable y la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México", en *Boletín de Antropología Americana*, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, p. 132.

Folan, W., M. C. Sánchez y J. M. Ortega

- 1999 *Naturaleza y cultura en Calakmul, Campeche*, México, Centro de Investigaciones Históricas y Sociales-Universidad Autónoma de Campeche.

García-Gil, Gerardo

- 1998 "La conservación de los paisajes en la selva Lacandona, Chiapas", en *Geografía y Desarrollo*, Colegio Mexicano de Geografía, pp. 55-70.

ICRAF-México

- 1996 *Análisis y evaluación de la recuperación de fertilidad de los suelos más comunes bajo el manejo tradicional de milpa-barbecho-milpa, en la zona maya de Quintana Roo y Calakmul, Campeche, Méx.* Chetumal, p. 19-21 (mimeo).

Instituto Nacional de Ecología

- 1999 *Reglas Administrativas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul*, Instituto Nacional de Ecología.

Konrad, Herman

- 1999 "Historia de la región", en W. Folan, M. C. Sánchez y J. M. García, Na-

- turaliza y cultura en Calakmul, Campeche, México, Centro de Investigaciones Históricas y Sociales Universidad Autónoma de Campeche, pp. 83-90.*
- Pat Fernández, Juan Manuel y Víctor Ku Quej  
2000 *Tendencias de cambio en el uso del suelo por los factores socioeconómicos, naturales y técnicos en la región de Calakmul*, Memoria de avances de investigación, Campeche, Colegio de la Frontera Sur/SISIERRA/Secretaría de Educación Pública/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Ponce, Martha  
1990 *La montaña chiclera Campeche: vida cotidiana y trabajo (1900-1950)*, México, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (Cuadernos de la Casa Chata 172).
- Revel-Mouroz, Jean  
1980 *Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Rodríguez, Omar  
2000 "La gran plaza de Calakmul", en *Revista de Arqueología Mexicana*, vol. VII, núm. 42. pp. 22-33.
- Semarnap-Ciecas  
1998 *Programa de Desarrollo Regional Sustentable, Calakmul. Campeche. Diseño regional*, Resumen.
- Szekely, Miguel e Iván Restrepo  
1988 *Frontera agrícola y colonización*, México, Centro de Ecodesarrollo.

## **VII DISCUSIÓN**

### **Paisaje y relieve**

Las evidencias cartográficas que aporta esta investigación sobre la distribución de los tipos de rocas en la reserva de Calakmul, comprueban que no existe variabilidad litológica significativa, dado que en más de 80% (595 500 ha) del área aflora material formado por rocas calizas del Paleoceno y, al noreste, calizas del Eoceno. La única variación litológica significativa corresponde a los depósitos cuaternarios recientes, los cuales están constituidos por material poco consolidado de tipo grava, arena, limo y arcilla, con abundante materia orgánica, los cuales se distribuyen en 126 000 ha y representan 17.4% de la reserva, ocupando el fondo de depresiones tectónicas y kársticas; en estos relieves acumulativos las condiciones hídricas favorecen el desarrollo de suelos del tipo gleysoles y vertisoles. Estas unidades litológicas y geomorfológicas son indicadoras de la presencia de comunidades vegetales-hábitat formadas por selvas bajas, selvas bajas inundables, hidrófitas y vegetación riparia, ambientes que son muy importantes por su gran variedad de especies en peces, anfibios, tortugas, mamíferos, cocodrilos y aves (Ceballos, 1999; Galindo-Leal, 1999; Vargas *et al.*, 2001).

Las mesas calizas son los ambientes mejor representados en la reserva, ocupan 491 500 ha (65%); forman relieves donde dominan superficies de infiltración, y las asociaciones de suelo más comunes en condiciones xéricas son: rendzina, litosol y vertisol. Cuando hay buen drenaje en el perfil, se desarrollan selvas altas perennifolias, selvas medianas perennifolias y subperennifolias; sin embargo, en estas comunidades vegetales se ha ejercido mayor presión sobre los recursos y especialmente la extracción forestal, la explotación chiclera y la expansión de la agricultura y ganadería. En suma, los cambios antrópicos ocurridos por cambio de uso del suelo en los últimos treinta años en la reserva han ocurrido sobre los diversos tipos de mesetas. La distribución de mesetas, laderas y depresiones cársticas tienen

un efecto sobre la distribución de las comunidades vegetales y del hábitat para las múltiples especies de la selva (figura 13).

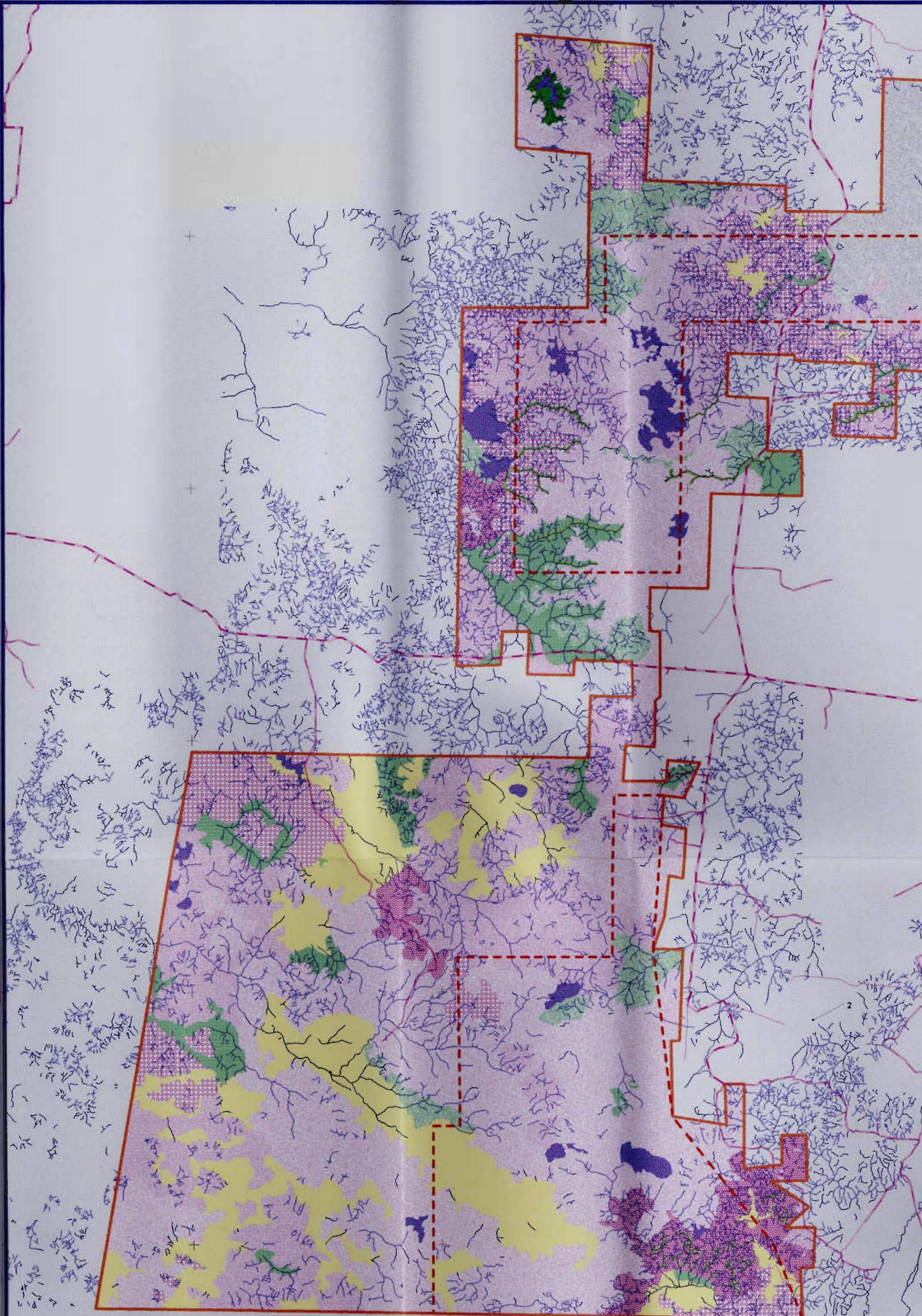
La superficie transformada por prácticas antrópicas al interior de la reserva es de 25 311 ha (3.51%), poco significativa considerando su extensión total. El sistema de roza-tumba-quema no representa un problema para la conservación de la selva en términos de superficie impactada, sin embargo, constituye el inicio de un proceso de fragmentación de las masas forestales que podría interrumpir conectores ecológicos de la selva maya, debido al mal diseño de la reserva. La fragmentación del área podría tornarse un problema crítico si la población aumenta de manera anárquica, sea por crecimiento natural o por migración, ya que incrementaría la demanda de tierras para las actividades agropecuarias y, por ende, la presión sobre los recursos naturales de la selva.

La ganadería bovina se practica de manera extensiva y ha tenido un incipiente desarrollo en el límite oriental de la reserva y la zona de Bosque Modelo, donde la ejercen ejidatarios emigrantes de Tabasco y Veracruz que tienen antecedentes ganaderos y obtuvieron derechos agrarios en Cristóbal Colón y Once de Mayo. En la zona núcleo norte, los pequeños propietarios de Bel-ha se dedican a la ganadería. Estos colonos llegaron hace 20 años como poseedores de terrenos nacionales, pero su actividad ha tenido un éxito relativo porque no obstante que los mantos freáticos se encuentran a poca de profundidad (6.0 m), el agua es de mala calidad, está contaminada con sulfato de calcio, eventualmente la consume el ganado vacuno. Otros intentos para la introducción de hatos en la selva han fracasado por la escasez de agua. La superficie en la reserva dedicada a la ganadería de bovinos es de 1 800.00 ha. Pat (2000) calcula que el coeficiente de agostadero en la zona es de 4 a 4.5 ha por cabeza, lo que implica una gran superficie de selva transformada a pastizal por cabeza de ganado. Actualmente el Gobierno municipal de Calakmul promueve un proyecto apoyado por ganaderos para construir de una represa en el ejido Virgencita de la Candelaria, cercano a la reserva, aunque técnicamente hay dudas sobre su eficiencia, representa una amenaza para la

estabilidad social y económica de la región desde el punto de vista de la conservación de los recursos naturales.

La ganadería extensiva ejerce un alto impacto en las selvas, debido a que elimina de manera permanente la vegetación, por lo que es una actividad problemática para la reserva. Su práctica induce la deforestación, la fragmentación de hábitat y la pérdida de biodiversidad; sin embargo, persisten intereses ganaderos en la zona. Sobre la carretera Xpujil-Chetumal se han establecido ranchos privados con régimen de pequeña propiedad que se dedican a la ganadería, su efecto en el ámbito regional tiene implicaciones para la conservación, ya que se observa la fragmentación de las masas forestales a la altura de la carretera Escárcega-Chetumal, impactando a las selvas del polígono sur, las cuales mantienen continuidad ecológica con las áreas protegidas de Guatemala.

Los ambientes menos vulnerables a las actividades antrópicas extractivas son hasta ahora los bajos y las depresiones inundables, ocupados por las comunidades vegetales-hábitat que prácticamente no han sido impactadas, abarcan 82 590 ha. En esta investigación no se ha detectado deforestación, fragmentación y transformación en ellos, aunque se reconocen como riesgo potencial para estas áreas los eventuales proyectos de introducción de caña o arroz, sin embargo, hasta ahora parecen poco probables (Díaz Gallegos *et al.*, 2001, 2002).



COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y  
FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO  
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA

**CALAKMUL, CAMPECHE,  
MEXICO**

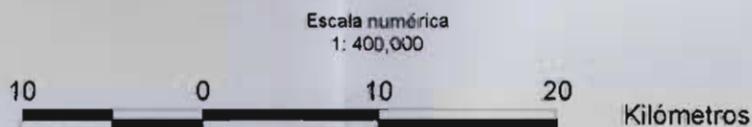
LEYENDA

UNIDADES DE DESARROLLO FLUVIO-CARSTICO

-  PENDIENTE FUERTE. (> DE 15°)
-  PROCESOS EROSIVOS Y GRAVITACIONALES
-  PENDIENTE MODERADA (ENTRE 6 Y 15°)
-  PROCESOS DE DESARROLLO FLUVIAL Y CÁRSTICO
-  PENDIENTE SUAVE (< DE 6°)
-  PROCESOS CARSTICO FLUVIALES
-  MESETAS DE DESARROLLO CARSTICO
-  CON COLINAS > 50 M.
-  PROCESOS FLUVIALES Y CÁRSTICOS
-  CON COLINAS ENTRE 20 Y 50 M.
-  PROCESOS CÁRSTICOS Y FLUVIALES
-  CON COLINAS DE < DE 20 M.
-  DOMINA LA EVOLUCIÓN CÁRSTICA
-  MESETAS NIVELADAS

INFILTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARST

-  PLANICIE
-  PLANICIE ESTRUCTURAL.
-  INFILTRACIÓN Y CIRCULACIÓN SUBTERRANEA
-  DEPRESION TECTONICA Y VALLE CARSTICO
-  DESPRESION KÁRSTICA
-  PROFUNDIZACIÓN DEL CÁRST
-  DESARROLLO FLUVIAL
-  VALLE FLUVIAL
-  VALLES EN FORMACIÓN
-  SUPERFICIE DE ACUMULACION
-  ACUMULACIÓN TEMPORAL
-  RASGOS MENORES
-  RELIEVE EROSIVO
-  FORMACIÓN DE BARRANCOS



SISTEMA DE PROYECCION

PROYECCION.....UTM  
ZONA UTM.....16  
CUADRICULA UTM.....30,000 M  
DATUM.....NAD27  
ESFEROIDE.....CLARK1866

Edición e impresión  
Gerardo García-Gil  
Septiembre 2002  
Chetumal, Quintana Roo

Fuentes:

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
Julio LLanes Monsreal  
(Unidad Chetumal)  
Gerardo Garcia-Gil, Janeth Padilla  
Secretaría de Ecología Gob. del  
Estado de Campeche  
Lorena Borges

Figura 13. Mapa de unidades geomorfológicas  
en la Reserva de la Biosfera Calakmul

COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y  
FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO  
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA

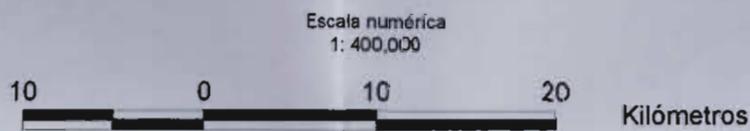
**CALAKMUL, CAMPECHE,  
MEXICO**

LEYENDA

ZONAS DE DESARROLLO FLUVIO-CARSTICO

-  PENDIENTE FUERTE. (> DE 15°)
-  PENDIENTE MODERADA (ENTRE 6 Y 15°)
-  PENDIENTE SUAVE (< DE 6°)
-  CON COLINAS > 50 M.
-  CON COLINAS ENTRE 20 Y 50 M.
-  CON COLINAS DE < DE 20 M.
- 

- INFILTRACIÓN Y DESARROLLO DE CARST
- PLANICIE
- PLANICIE ESTRUCTURAL.
- INFILTRACIÓN Y CIRCULACIÓN SUBTERRANEA
- DEPRESION TECTONICA Y VALLE CARSTICO
- DESAPRESION KÁRSTICA
- PROFUNDIZACIÓN DEL CÁRST
- DESARROLLO FLUVIAL
- VALLE FLUVIAL
- VALLES EN FORMACIÓN
- SUPERFICIE DE ACUMULACION
- ACUMULACIÓN TEMPORAL
- RASGOS MENORES
- RELIEVE EROSIVO
- FORMACIÓN DE BARRANCOS



SISTEMA DE PROYECCION

PROYECCION.....UTM  
ZONA UTM.....16  
CUADRICULA UTM.....30,000 M  
DATUM.....NAD27  
ESFEROIDE.....CLARK1866

Edición e impresión  
Gerardo Garcia-Gil  
Septiembre 2002  
Chetumal, Quintana Roo

Fuentes:

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
Julio LLanes Monsreal  
(Unidad Chetumal)  
Gerardo Garcia-Gil, Janeth Padilla  
Secretaria de Ecología Gob. del  
Estado de Campeche  
Lorena Borges

Figura 13. Mapa de unidades geomorfológicas  
en la Reserva de la Biosfera Calakmul

## **Colonización y apropiación de la selva**

La variación climática —expresada en mayor o menor humedad sobre la latitud geográfica en la RBC— tiene una influencia en los paisajes naturales y en el modelo de colonización y apropiación de la tierra, es decir, en la formación de los paisajes antrópicos. En la reserva los paisajes naturales pueden subdividirse por su ubicación de norte a sur, ya que a partir del cruce de la carretera Xpujil-Escárcega la humedad se incrementa al sur, propiciando la dominancia de vegetación perennifolia y las mayores extensiones de selvas bajas inundables con abundante palo de tinte (*Haematoxylon campechianum*) en zonas con suelos del tipo de los gleysoles y vertisoles.

La disponibilidad de agua superficial acumulada en aguadas es factor determinante en el proceso colonizador de la selva y en la movilidad de la fauna silvestre. De acuerdo con la cartografía elaborada, se observa que en el sur, donde existe más humedad, las aguadas son menos abundantes (485) con respecto al norte (868); no obstante, tienen mayor superficie y por lo común suelen ser menos efímeras, conservando la humedad durante el estiaje (condición que también es importante para la fauna pues es fuente única de agua disponible durante ese periodo). Las evidencias indican que la zona sur de la reserva ha sido intensamente explotada, colonizada y transformada debido precisamente a la disponibilidad de agua; incluso este argumento puede ser válido para explicar la ubicación y ocupación de las grandes ciudades construidas por la civilización maya durante el periodo Clásico (600 a C. -1519 d. C.).

La condición de mayor humedad al sur de la reserva ha favorecido la existencia de comunidades vegetales con mayor altura de elementos arbóreos vigorosos (surgencias) que rebasan 30 m de altura, por lo cual son más frecuentes las selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias. Las especies de mayor interés forestal son: el cedro (*Cedrela mexicana*), la caoba (*Swietenia macrophylla*) y el zapote (*Manilkara zapota*), que estuvieron históricamente mejor distribuidas al sur y

han desarrollado una mayor talla con respecto al norte. La explotación chiclera siguió este mismo patrón. La densidad de huellas de arrastre para la extracción maderera y los caminos utilizados para extraer de la selva el chicle, el cedro y la caoba, son evidencia de las diferentes etapas de explotación efectuada entre 1900 y 1960. Estos caminos perduran hasta nuestros días, fueron construidos por empresas que explotaron la riqueza forestal de las selvas de Calakmul habiendo también erigido campamentos chicleros y aserraderos. Las selvas bajas y medianas caducifolias, subcaducifolias y subperennifolias del norte tienen una amplia distribución debido a que reciben menor precipitación pluvial.

La zona de Bosque Modelo representa la superficie de mayor colonización en la periferia de la reserva, se ubica al este de Calakmul y esta compuesta por dos ampliaciones forestales, Nuevo Becal y Veinte de Noviembre, con mas de 200 000 ha de selvas en buen estado de conservación y 70 poblados, aproximadamente, entre ejidos y localidades con dotaciones agrarias con fines agropecuarios. Este conglomerado juega un papel importante en la conservación de la región, en cuanto al mantenimiento de la continuidad de la masa forestal, tiene influencia sobre la vertiente oriental de la reserva porque muchos ejidos y comunidades tienen parte de sus dotaciones en zonas núcleo y de amortiguamiento, en ese sentido representa un espacio ideal para desarrollar prácticas de aprovechamiento sustentable que permitan el usufructo de la selva sin menoscabo de la riqueza biológica (figura 14).

### **Formación del paisaje y tenencia de la tierra**

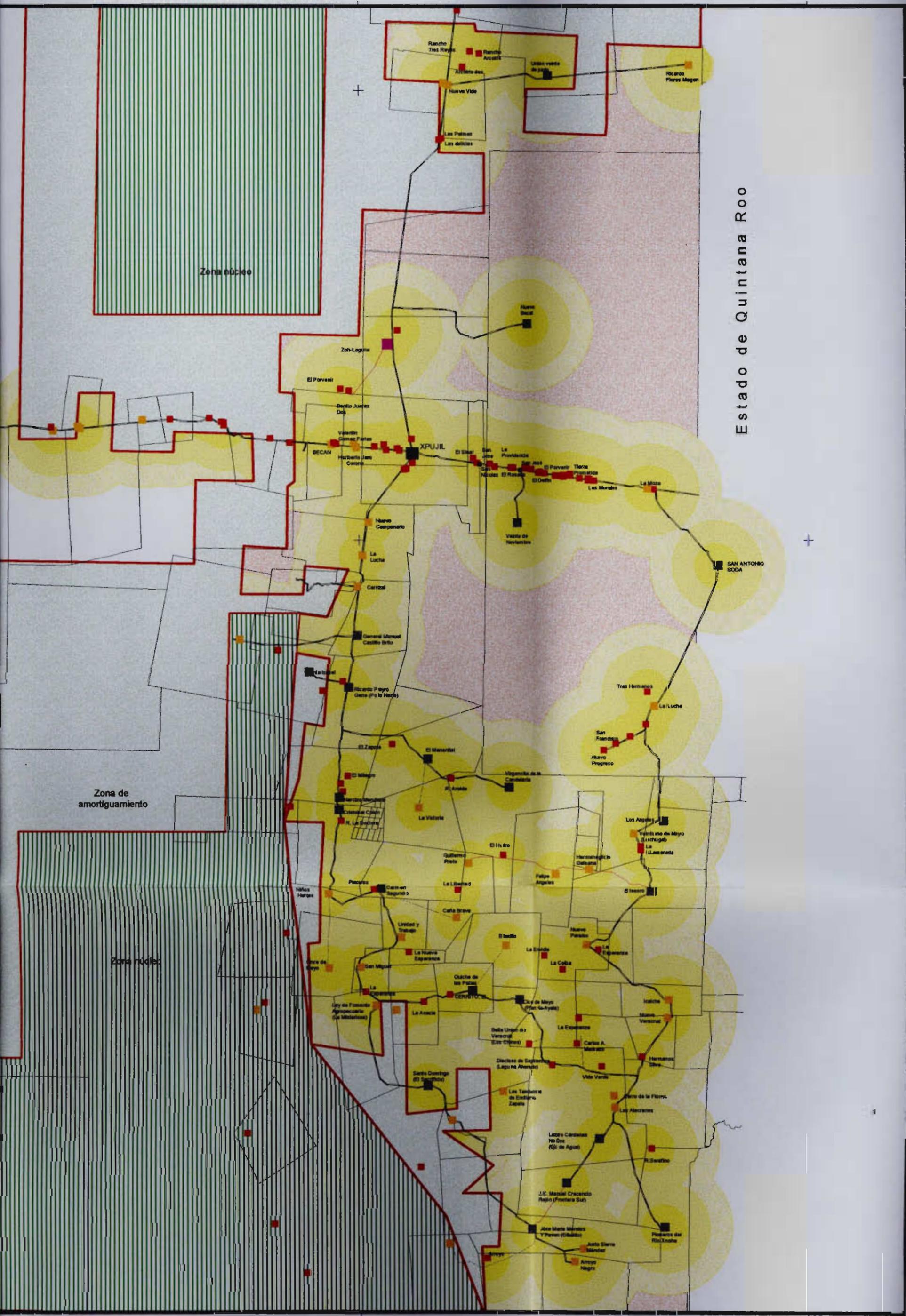
La formación de los actuales espacios agrarios en la selva de Calakmul se inició hace treinta años, antes estaba prácticamente deshabitada. Los colonizadores son emigrantes de varios estados de la república que han enfrentado un proceso de adaptación a las condiciones impuestas por la selva. La escasez de agua es una variable que ha influido en la ubicación, temporalidad y amplitud de los poblados, prueba de esto son los múltiples casos de familias que han optado por retornar a sus lugares de origen; otros, emigran temporalmente durante la época seca del año hacia

X-pujil, Escárcega o Cancún en busca de trabajo, y regresan a la selva antes de las lluvias a fin de preparar la milpa.

En la selva de Calakmul la dotación de tierras ha seguido distintos criterios a través del tiempo. Antes de la colonización moderna las selvas eran propiedad nacional y sólo las habitaban grupos de chicleros y madereros que se comportaban como población flotante. Las primeras dotaciones forestales en la región tuvieron efecto durante el periodo cardenista con el otorgamiento de 450 ha por jefe de familia, superficie considerada suficiente para la manutención de una familia mediante el aprovechamiento maderable y del chicle. Adicionalmente, ejidos ya constituidos legalmente como pequeñas dotaciones con fines agrícolas del centro del estado de Campeche recibieron grandes ampliaciones forestales a cientos de kilómetros de sus lugares de residencia (Conchén, Bolonchén, Silvituc, Hopelchén, entre otros). En estos casos, las ampliaciones forestales nunca tuvieron un núcleo de población, pero fueron concesionadas a madereros y cooperativas chicleras (figura 15).

Una segunda dotación de tierras, sin la visión de uso forestal, siguió la disposición de caminos secundarios, permitiendo la creación de nuevos centros de población ejidal y, en menor grado, ha favorecido la propiedad privada. Las extensiones promedio de las dotaciones ejidales de la vertiente oriental de la reserva, en la zona de Bosque Modelo, varían entre 2000 y 4000 ha, y han sido creadas con fines de uso del suelo agrícola y pecuario por lo que cada ejidatario recibió entre 50 y 100 ha (paisaje 2). La disposición de las casas en los poblados es en forma abierta, dando lugar al solar. En el centro de los poblados se ubica la casa ejidal, la escuela y la cisterna, esta última puede ser subterránea o estar al nivel del suelo, almacena el agua de lluvia para el abasto de los habitantes.

Estado de Quintana Roo



Zona núcleo

Zona de amortiguamiento

Zona núcleo

COLONIZACION HUMANA RECIENTE Y  
 FORMACION DEL PAISAJE AGRARIO  
 EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA  
**CALAKMUL, CAMPECHE,  
 MEXICO**

Localidades según  
 Número de habitantes

- 1 - 91
- 91 - 292
- 292 - 627
- 627 - 1233
- 1233 - 2421



Límites de tenencia  
 de la Tierra



Reserva Calakmul



Zona de  
 Bosque Modelo

Km

- 2
- 4
- 6

Buffer de seis kilómetros de diámetro,  
 que considera las áreas con mayor presión  
 por cambio de uso del suelo.

Escala numérica  
 1:300,000

7 0 7 14 Kilómetros

SISTEMA DE PROYECCION

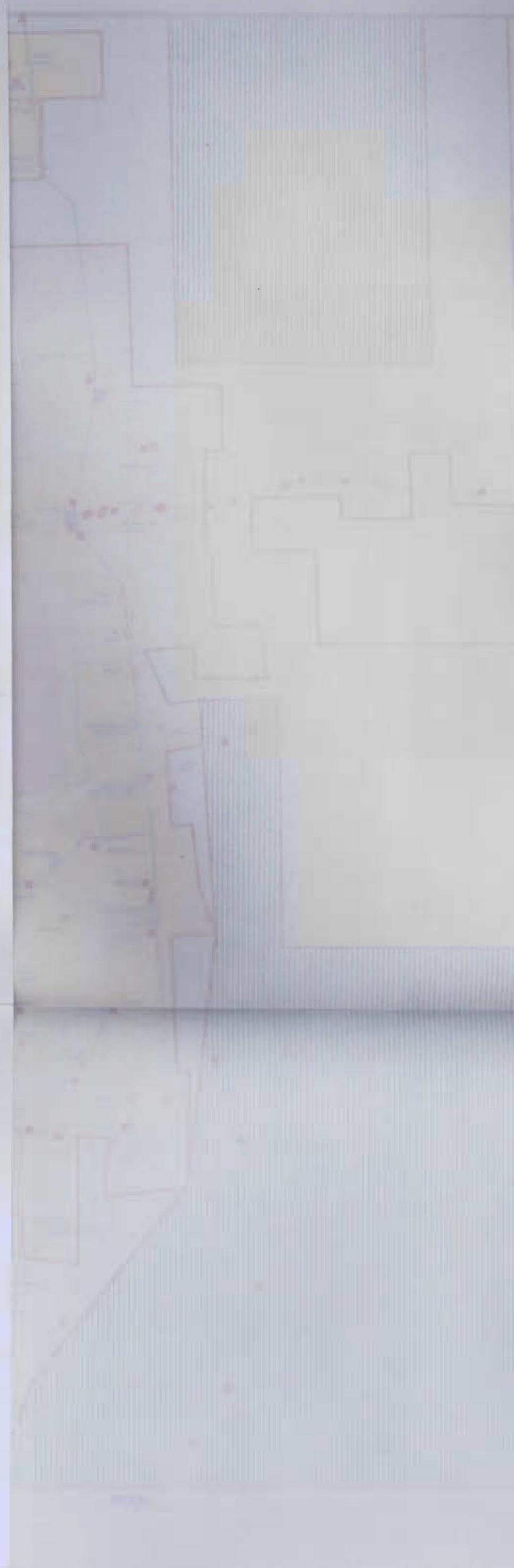
PROYECCION.....UTM  
 ZONA UTM.....16  
 CUADRICULA UTM.....40,000 M  
 DATUM.....NAD27  
 ESFEROIDE.....CLARK1866

Edición e impresión  
 Gerardo García-Gil  
 Septiembre 2002  
 Chetumal, Quintana Roo

Fuentes:

Bases geográficas digitales elaboradas por:  
 Conservación Internacional (Chiapas)  
 Responsables: Ignacio March, Ruth Jimnez, Humberto Pulido  
 El Colegio de la Frontera Sur (Unidad San Cristobal, Las Casas, Chiapas)  
 Responsable: Miguel Angel Castillo, Emanuel Valencia, Delfino Mendez,  
 Julio LLanes Monsreal  
 (Unidad Chetumal)  
 Gerardo Garcia-Gil, Janeth Padilla  
 Amigos de Sian Ka'an  
 Angel Loreto

Figura 14. Mapa de las localidades humanas de la zona  
 de Bosque Modelo



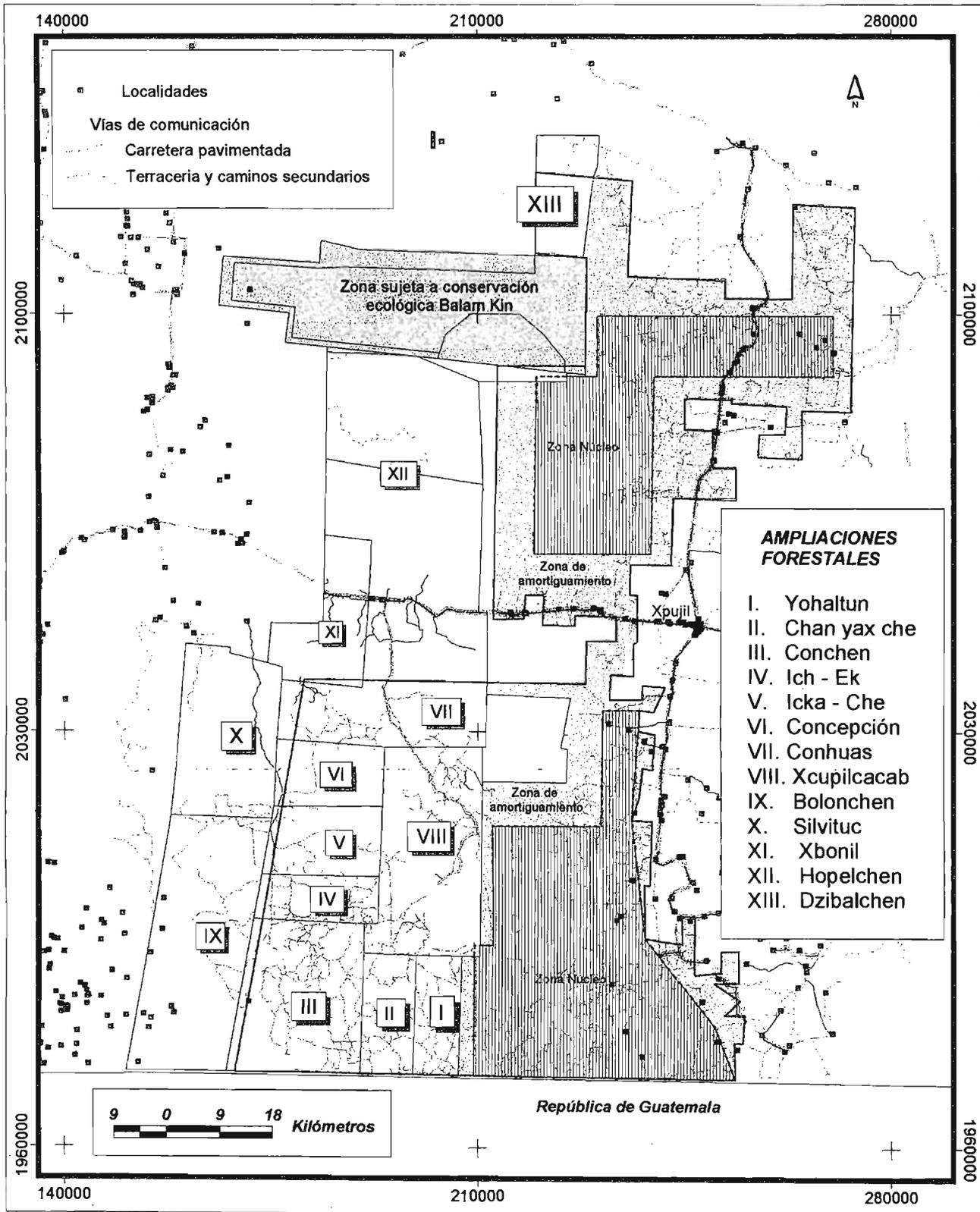


Figura 15. Mapa de las ampliaciones forestales dentro y fuera de la reserva de la biosfera Calakmul.

Al crearse la reserva Calakmul en 1989, las nuevas solicitudes agrarias y las que estaban en proceso fueron rechazadas, lo que suscitó incertidumbre y malestar en la población residente ante la indefinición en la tenencia de la tierra derivada del mal diseño de la reserva, como ya se ha comentado. Aunque se reconoce como un gran acierto la creación de un área protegida en las selvas de Calakmul, la medida no se aplicó de manera adecuada desde el punto de vista social y ecológico, ya que propició una actitud negativa en algunos pobladores quienes, al enterarse del establecimiento de la reserva, aceleraron los desmontes como una medida para "garantizarse" el uso de la tierra. Esto provocó un efecto contrario a lo deseado, pues se incrementó el ritmo de deforestación en esos años. La mayoría de las áreas deforestadas que no fueron reutilizadas se han recuperado de manera natural.

Actualmente, los habitantes de la región se concentran en torno a las vías de comunicación. Las dotaciones agrarias se han dispuesto como "fichas de dominó", en donde los ejes están formados por las carreteras. La estructura que guarda la posesión de la tierra conforme a dotaciones pequeñas y con propósitos agropecuarios representa una amenaza a largo plazo para la continuidad de las comunidades vegetales a nivel regional, pues el cambio permanente de uso del suelo y sobre todo, la expansión de la práctica ganadera, pueden provocar fragmentación y aislamiento de las poblaciones de flora y fauna.

La primera hipótesis de este trabajo referente al efecto espacial de la colonización humana y apropiación del espacio, como fenómenos resultantes de los procesos históricos recientes y de adecuación social y productiva, se confirma en las evidencias que indican cómo los espacios antes ocupados por selvas en la reserva y zonas aledañas han sido transformados por actividades antrópicas, convirtiéndose en paisajes agrarios y rurales, los que se encuentran en un proceso de diferenciación productiva.

La segunda hipótesis referente a la conformación de los paisajes agrarios como resultado de procesos humanos recientes que se encuentran en fase de adaptación productiva también se comprueba, pues resulta evidente que las actividades productivas están siendo acopladas a las peculiaridades físicas, ecológicas, sociales y económicas. La diferenciación y adaptación productiva dan lugar a ocho tipos de paisajes en la reserva Calakmul y su entorno (figura 16).

1. Paisaje de sabana inducida con ranchos dedicados a la ganadería bovina extensiva, ubicado al este de Xpujil fuera de la reserva Calakmul, en los límites de Campeche y Quintana Roo, sobre una franja angosta en la carretera Escárcega-Chetumal, que ocupa terrenos de propiedad privada.
2. Paisajes de colonización agropecuaria de roza-tumba-quema, roza-quema. Ubicados sobre terrenos de dotaciones ejidales contiguos a la carretera Xpujil-Arroyo Negro, y en menor medida de pastizales para la ganadería (zona de Bosque Modelo y límite oriente de la reserva). La excepción al modelo de colonización agropecuario lo constituye el ejido forestal Veinte de Noviembre.
3. Paisajes de selvas en buen estado de conservación sobre ampliaciones forestales y terrenos nacionales. Comprende la zona sur y suroeste de la reserva, donde las perturbaciones no se deben al cambio de uso del suelo, sino que atañen a los cambios en la composición florística de la selva, el

aprovechamiento forestal maderable ha sido altamente selectivo restringiéndose a unas cuantas especies.

4. Paisajes agropecuarios de roza-tumba-quema, roza-quema (dotaciones ejidales) y el sector turístico (propiedad privada), con hoteles que ofrecen servicios de observación de la naturaleza y de sitios arqueológicos. Se localizan sobre la carretera Escárcega–Xpujil, a ambos lados del camino.
5. Paisaje de selvas del noroeste. Comprende ampliaciones forestales y terrenos nacionales, se desarrollan selvas más secas, dominadas por especies subcaducifolias y caducifolias (selvas de Guayacán), y escasa perturbación antrópica al no haber extracción maderera formal, sólo saqueo clandestino ya que son escasas las vías de comunicación.
6. Paisaje ganadero Bel-ha. Lo forman pequeños propietarios de ranchos ganaderos de producción bovina, quienes han abierto más potreros para la ganadería extensiva de lo que han podido establecer definitivamente, por lo cual se han desarrollado sabanas y diversos estados de vegetación secundaria.
7. Paisaje de roza-tumba-quema, Dos Lagunas Norte, Mancolona, El Refugio, Nueva Vida. Está constituido por los emigrantes más recientes, ejidatarios milperos con dotaciones al interior de la reserva y en la periferia.
8. Paisaje forestal Nuevo Becal–Veinte de Noviembre. Comprende dos ejidos forestales donde se realiza extracción de madera sustentada en planes de aprovechamiento forestal, así, la extracción maderable es selectiva y aunque disminuye la existencia de algunas especies, la selva se mantiene en buena condición.

Galindo-Leal (1999) convocó a personal de centros de investigación, universidades y organizaciones no gubernamentales (ONG), interesados en la región de Calakmul, para participar en talleres de los que surgieron recomendaciones para la modificación de las zonas núcleo y de amortiguamiento de la reserva. La propuesta desarrollada por el *Center for Conservation Biology*, en Stanford, California, toma en cuenta límites naturales, y con base en criterios ecológicos, especies, riqueza de especies, vulnerabilidad y endemismos propone cambios sustanciales a la forma actual de la reserva; sin embargo, la propuesta no incluye los aspectos sociales y de tenencia de la tierra, lo cual la debilita ya que esas variables son necesarias.

Corregir el decreto actual del polígono de Calakmul implica necesariamente promover su derogación y la creación de uno nuevo, lo que representa una seria dificultad pues es menester convencer al gobierno federal de que lleve a efecto esa revocación, lo que a su vez supone la concertación de voluntades políticas a diferentes niveles de gobierno, lo cual puede significar años de gestión política. Se requeriría además entrar en un proceso de negociación con las comunidades involucradas, lo que podría también resultar azaroso. A este respecto, consideramos que habría otras formas más realistas para resolver los problemas que aquejan a la reserva Calakmul y a la selva maya.

Cuando se piense en un polígono para Calakmul es indispensable concebirlo como una fracción de un sistema mayor, que rebasa los límites estatales y nacionales en virtud de que la selva maya, o por lo menos el norte de ella, es compartida por México, Guatemala y Belice, así, los procesos antrópicos generados en un sector tendrán repercusiones en el resto de la selva.

Ciertamente, la continuidad ecológica, la necesidad de mantener un *pool* genético de la vida silvestre que garantice la persistencia a largo plazo de las especies y la conservación de los paisajes naturales en la selva maya, dependerán, entre otros factores, del marco legal y su correcta aplicación. Desde mi punto de vista habrá que

resolver el problema del mal diseño de la reserva mediante la creación eficiente de nuevas áreas naturales protegidas y la formación de conectores o corredores biológicos entre ellas. En este sentido, debemos aprovechar como una gran oportunidad para la conservación de la selva maya, el hecho de que se han desarrollado tres iniciativas de carácter estatal en México, dos en Campeche y una en Quintana Roo —y otra más en Guatemala— para fortalecer la estructura espacial de las áreas de conservación de la selva maya. Estas medidas permitirán subsanar en algún grado las deficiencias en cuanto a forma, disposición y tamaño del polígono principal del decreto de la reserva Calakmul.

Una de estas iniciativas, tomada por el Gobierno del Estado de Campeche, consiste en la creación de dos reservas en torno a la reserva Calakmul, lo que se vislumbra como una posible solución para comenzar a resolver el problemático polígono. El 15 de diciembre de 1999, el Gobierno del Estado de Campeche declaró la reserva estatal Balamkin sobre lo que fue la ampliación forestal de Dzibalchén en el municipio de Champotón, adyacente a la reserva Calakmul, con categoría de zona de conservación ecológica con superficie de 110 990 ha. Actualmente, la Secretaría de Ecología del gobierno de Campeche trabaja en el establecimiento de otra área natural protegida con categoría de zona sujeta a conservación ecológica, la cual se denominará Balamku y será una reserva importante y estratégica pues contempla las ampliaciones forestales de Bolonchén, Silvituc, Conhuás y Hopelchén para la protección de una superficie aproximada de 408 933 ha.

La creación de estas dos reservas permite proteger más de 500 000 ha de selvas que están en buen estado de conservación y que había dejado desprotegidas la reserva Calakmul. Las selvas que resguardará las reservas de Balamkin y Balamku son medianas y bajas subcaducifolias y caducifolias en las cuales Galindo-Leal (1999) reporta el guayacán como una especie conspicua y de gran valor para la conservación.

Adicionalmente, la organización no gubernamental Amigos de Sian Ka'an está trabajando actualmente en los estudios para el establecimiento de un área protegida en el norte de la reserva Calakmul, la cual es denominada Bala'an Káax y se localiza en el occidente del municipio de José María Morelos, estado de Quintana Roo. En este caso facilita la tarea el hecho de que la tierra es propiedad de la nación, y las masas forestales, aunque han sido sometidas a extracciones no planificadas, se encuentran en buen estado de conservación.

El problema de la fragmentación de la zona núcleo norte, que representa una zona crítica por las transformaciones de la vegetación por cambio de uso del suelo, es el área ocupada por los ganaderos de Bel-ha, quienes son propietarios legales de la tierra. En este caso y con el fin de garantizar la conservación de los recursos naturales en esa zona, sería conveniente recaudar fondos para la adquisición de las tierras que son propiedad privada. Los predios de interés ganadero ocupan 15 500 ha, pero están ubicadas en una posición estratégica para mantener la continuidad ecológica con la fracción de selva que queda al oriente de la carretera que pasa por Bel-ha y que puede quedar aislada de la reserva (figura 17).

Un conector biológico fundamental para la reserva Calakmul y la selva maya está dado por el área ubicada entre las reservas de la biosfera Calakmul y la de Sian Ka'an, en el estado de Quintana Roo, la cual debería ser declarada como zona de manejo forestal para impulsar en ella proyectos de aprovechamiento sustentable. Lo cual permitiría el flujo genético entre las reservas y favorecería la continuidad de los aportes hídricos hacia Sian Ka'an, manteniendo la dinámica de humedales del litoral en Quintana Roo.

Como se puede apreciar en la cartografía elaborada en este trabajo, el frente de mayor colonización y transformación en la reserva Calakmul es la zona sureste, donde se encuentra el camino Xpujil-Arroyo Negro, que está dentro del polígono de Bosque Modelo. A esta zona se le debe reconocer especial importancia y dotar de un programa de monitoreo ya que aquí ocurren de manera más acelerada los procesos de formación de los espacios antrópicos en la región. En el censo 1990, INEGI reporta

11 377 habitantes en la superficie de Bosque Modelo de 380 000 ha; esto es, 3 hab/km<sup>2</sup> (figura 18).

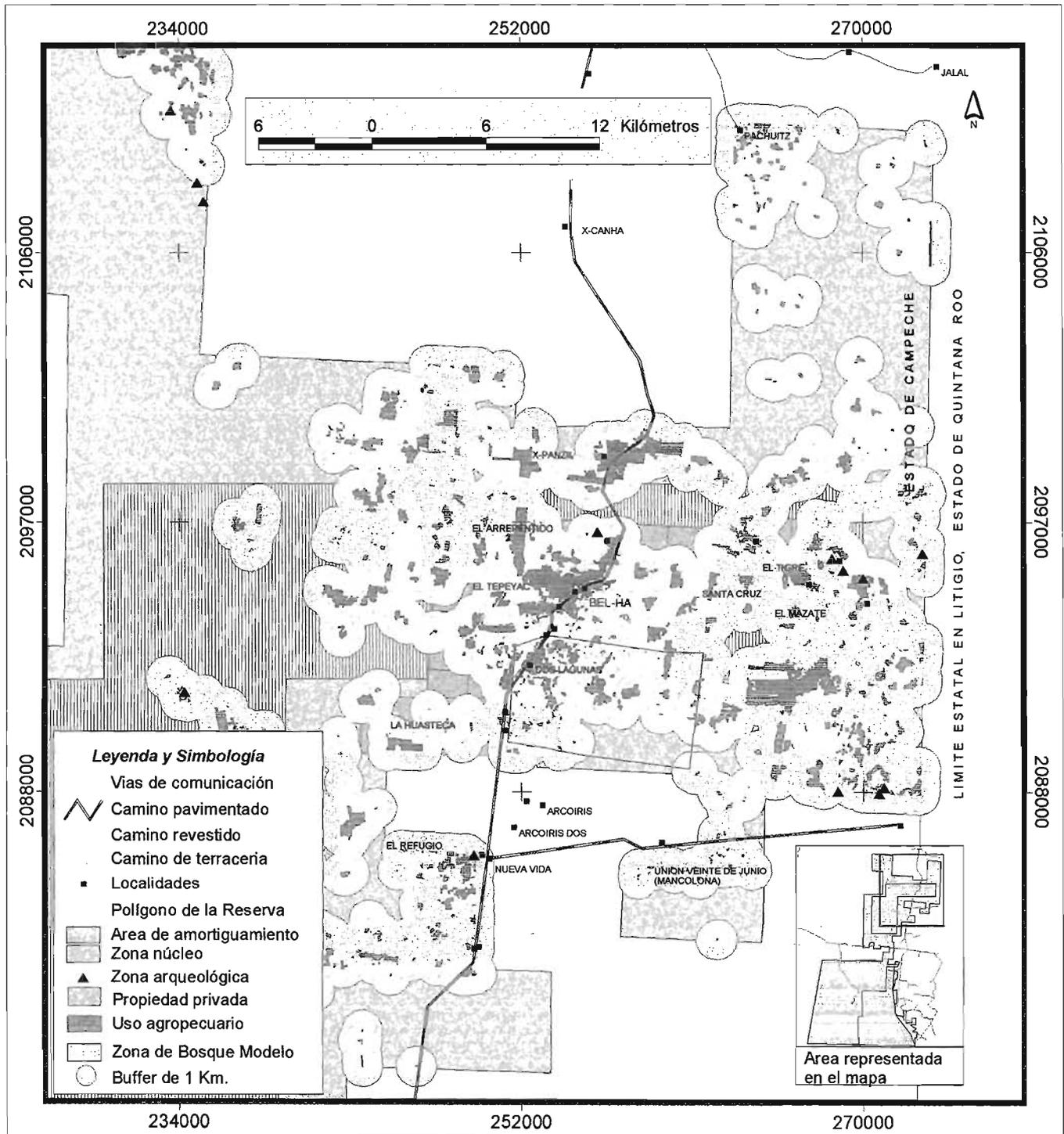


Figura 17. Mapa de áreas transformadas de la zona de Bel - ha y ejido Dos lagunas norte en zona núcleo norte de la reserva Calakmul. Se muestra un buffer de 1km. en torno a las áreas transformadas.

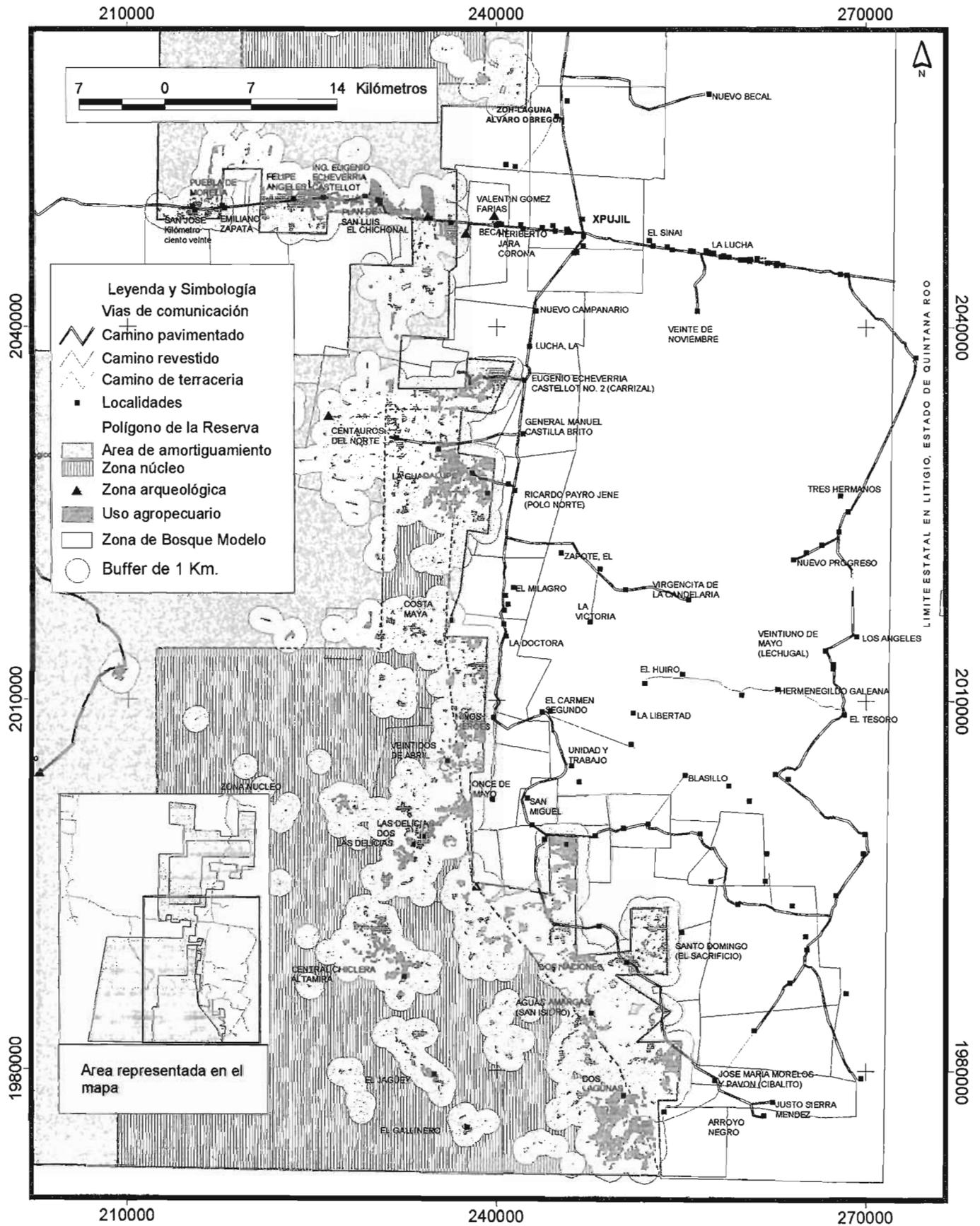


Figura 18. Mapa de la transformación de la selva por cambio de uso del suelo en la zona centro y sur oriental de la reserva, en el límite con Bosque Modelo. Se muestra un buffer de 1 kilómetro en torno a las áreas transformadas.

La conexión ecológica que se establece de manera natural entre las selvas de México y Guatemala también desempeña un papel muy importante en la conservación de la selva Maya. La reserva de la biosfera Calakmul limita al sur con la República de Guatemala en una brecha abierta ex profeso por las instancias responsables de ambos países sobre el llamado 3º paralelo que termina en el monumento triple que divide México, Guatemala y Belice. Como ha sido mencionado, en la zona del Peten guatemalteco se han declarado varias reservas que cuentan con más de 1 000 000 de ha y permiten la conexión ecológica en territorio mexicano de la reserva Calakmul en el estado de Campeche con las reservas del estado de Chiapas en la selva lacandona (reserva de la biosfera Montes Azules, Lacantún, Bonampak, Yaxchilan y Chan kin), por lo cual es un conector indispensable para mantener poblaciones sanas de fauna silvestre, en especial las que requieren grandes superficies para alimentarse y reproducirse (Aranda, 1992; Ceballos, 1999; Galindo-Leal, 1999; Vargas *et al.*, 2001).

## **VIII. CONCLUSIONES**

Espacialmente, la reserva de la biosfera Calakmul forma el centro de la gran selva maya, en ella están contenidas comunidades vegetales-hábitat que no se distribuyen en otros sitios de la península de Yucatán. En este sentido la región significa un patrimonio biológico de gran valor para nuestro país, y representa una oportunidad única para su conservación y aprovechamiento racional.

La selva maya es la más extensa de México ya que las selvas en nuestro país mantienen sólo 10% de su superficie original. El modelo tectónico peninsular ha sido responsable de la formación de un karst de mesetas a distintos niveles altitudinales y depresiones donde se desarrollan ambientes xéricos e hídricos ocupados por comunidades vegetales que forman los hábitats para la fauna silvestre de la selva. La ubicación geográfica de la reserva en el centro sur de la península yucateca establece un rango latitudinal de estas selvas a lo largo de un gradiente de humedad que se incrementa al sur y que favorece la distribución de selvas semisecas al norte y noroeste (subcaducifolias y caducifolias), y selvas subperennifolias y perennifolias al

sur y oriente (cuenca del Caribe), creando un mosaico complejo de comunidades vegetales en asociaciones diversas.

Las características topográficas y litológicas de la península de Yucatán hacen que el agua este disponible principalmente como escurrimientos subterráneos. La selva maya y la reserva Calakmul se ubican en la zona alta (parteaguas peninsular), donde nacen las cuencas hidrológicas, por lo que los sistemas de lagos continentales y lagunas costeras, marismas, cenotes, humedales y petenes de la península, reciben aportes hídricos, que son fundamentales para la dinámica hidrológica de dichos sistemas y por lo tanto para el mantenimiento de su potencial biológico. Las superficies de parteaguas y zona de recarga de acuíferos subterráneos sirven como superficies reguladoras de los escurrimientos superficiales y subterráneos que alimentan las localidades humanas ubicadas en la planicie estructural, por lo que debe revalorarse esta función ecológica de la selva en toda la península.

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que los depósitos naturales de agua consisten en 1353 dolinas inundadas (aguadas) dentro de la reserva, 868 en el sector norte y 485 al sur; son en extremo importantes ya que constituyen las únicas fuentes disponibles para la fauna silvestre durante el estiaje, principalmente las del sur, que mantienen condiciones de humedad, en tanto que las del norte se secan, lo que permite inferir que durante esta época del año deben producirse movimientos de fauna silvestre hacia el sur. Este hecho tiene singular relevancia para los objetivos de conservación que plantea la reserva, ya que para mantener poblaciones genéticamente sanas a largo plazo y consecuentemente permitir los desplazamientos naturales de la fauna silvestre, debe mantenerse la conexión ecológica a la altura de la carretera Escárcega-Chetumal donde el polígono se reduce considerablemente haciendo de ésta un área extremadamente vulnerable.

Otro factor que está influyendo sobre esta frágil conexión es la reciente deforestación por cambio de uso del suelo. En los últimos veinte años se han fomentado ranchos privados que introducen superficies de pastizales para la

ganadería extensiva practicada en la región, y desde hace diez años se construyen hoteles que comienzan a formar la infraestructura turística de la zona. Aunado a lo anterior existe un nuevo riesgo: el proyecto del gobierno federal para ampliar la carretera que atraviesa la reserva, con un acotamiento y un carril más. Esta ampliación podría afectar gravemente los desplazamientos de fauna silvestre, puesto que implica el incremento de la superficie fragmentada y una mayor circulación vehicular a una velocidad que pondría en riesgo a la fauna que intente cruzarla.

Después de analizar las condiciones físicas y bióticas se puede concluir que las condiciones ambientales reconocidas en la reserva, la hacen poco propicia para la colonización humana; sobre todo bajo el paradigma de dotación agraria con fines de subsistencia que se ha introducido en la región en los últimos veinte años. Los suelos que pueden dedicarse a las prácticas agrícolas son poco desarrollados (litosoles, rendzinas), ocupan 82.5% del área de reserva. Los gleisoles y fluvisoles también tienen severas restricciones para la agricultura de subsistencia debido a que soportan condiciones de inundación prolongada durante el periodo de lluvias y mala circulación hídrica en el perfil, estos abarcan 17.5% de la superficie de la reserva. La disponibilidad natural de agua está restringida a la época lluviosa del año y las aguadas se contaminan con sulfatos de calcio lo que hacen que su calidad para consumo humano sea de mala a pésima. Debido a su posición topográfica en el centro de la Península, los mantos freáticos son muy profundos sobre la meseta de Zoh-laguna (60-165m) por lo que resulta incosteable su explotación. En este sentido, la reserva Calakmul y la selva maya deben ser consideradas reservorios de material genético de incalculable valor y aprovecharse para desarrollar el turismo ecológico y arqueológico en beneficio de los pobladores locales.

La superficie declarada como reserva de la biosfera Calakmul presenta buenas condiciones en términos de la cobertura forestal que mantiene. El área transformada dentro de la reserva es de 25 311 ha, la cual ha sido dedicada a la práctica de la agricultura de roza-tumba-quema, agricultura estabilizada (cultivo de chile xalapeño) y en menor grado, a la ganadería. Considerando la gran superficie que cubre la

reserva esta cifra no es significativa. Sin embargo, el proceso de colonización humana y transformación de la vegetación es reciente (menos de 20 años), por lo que la presión sobre los recursos podría aumentar si suponemos el crecimiento de la población por natalidad o bien si continúa el proceso migratorio a la región, lo cual sería muy probable si se logra resolver mediante infraestructura hidráulica la disponibilidad de agua para consumo humano durante el estiaje.

La configuración de las formas terrestres descritas en esta investigación y su respectivo componente de comunidades vegetales, así como los efectos de la colonización humana reciente y las transformaciones provocadas a este entorno, han diferenciado los paisajes naturales creando paisajes antrópicos. Cada paisaje tiene características propias y únicas según el modelo de apropiación del espacio y el objeto de la producción que se ha desarrollado en cada unidad, los paisajes descritos son dinámicos y evolucionan y se diferencian en función de las acciones y políticas establecidas local y regionalmente, en este sentido, la reserva no funciona como un sistema cerrado sino en interconexión con el desarrollo de la región.

El mal diseño de la reserva, en términos de forma del polígono principal y elevado número de vértices, la hace vulnerable a la fragmentación por cambio de uso del suelo por actividades agropecuarias. La ubicación actual de localidades humanas define tres áreas críticas o sensibles para la conservación a mediano o largo plazo: *a)* la zona suroriental de colonización agropecuaria (paisaje número dos); *b)* la zona de colonización agropecuaria y de servicios, carretera Escárcega-Chetumal (paisaje número cuatro), y *c)* la zona ganadera de Bel-ha (paisaje número seis) en el núcleo norte de la reserva. En estas tres zonas se encuentran las principales áreas transformadas de la reserva Calakmul, los paisajes número dos y seis están en cierta medida en contradicción con la zonificación de la reserva, pues se encuentran insertos en áreas núcleo en donde las actividades humanas están restringidas, el paisaje número cuatro no afecta áreas núcleo pero los impactos generados por una posible fragmentación podrían ser muy graves al interrumpir corredores naturales por donde se desplazan las especies entre el norte y el sur.

El proceso de colonización con fines agropecuarios en la región Calakmul representa una expresión espacial de procesos sociales y políticos de ámbito federal, estatal y regional. La colonización se ha realizado a partir de la migración de campesinos de 20 estados del país que han llegado a la región con el fin de obtener tierras para su subsistencia. Esta situación ha conformando un mosaico de tenencia de la tierra y uso del suelo que incluye dotaciones ejidales, Nuevos centros de población ejidal, (NCPE), proyectos de ampliación y de dotación ejidal. En un contexto social distinto a partir de la migración de ganaderos tabasqueños se desarrolla el proyecto ganadero de Bel-ha bajo régimen de propiedad privada.

La diferenciación productiva y los procesos de aprovechamiento forestal de la selva y colonización humana reciente han dado lugar a ocho unidades de paisaje con características sociales y económicas específicas. Estas unidades son diferenciadas como espacios funcionales, su manejo para el desarrollo de actividades económicas o para la conservación de los recursos naturales dependerá de un plan estratégico a nivel regional (Campeche, Yucatán, Quintana Roo) pero también a nivel internacional (Guatemala y Belice), pues la selva maya es un recurso compartido.

La gran superficie de selvas del sureste de México, Guatemala y Belice debe ser conservada y aprovechada por los pobladores que la habitan, como usufructuarios de su riqueza. Para ello se debe diseñar una estrategia que permita regular las actividades productivas de manera que se evite la fragmentación del hábitat y la pérdida de la riqueza biológica. La selva maya tiene aún un gran potencial en materia de aprovechamiento turístico, pero el desarrollo de esta actividad se debe planear en un marco de ordenamiento territorial y con una visión regional.

El plan de manejo de la reserva Calakmul es en principio un instrumento necesario y valioso, pero se muestra poco apegado a la realidad y necesidades específicas, es conveniente actualizarlo y contextualizarlo pues parece un documento descriptivo y poco estratégico en cuanto a políticas de desarrollo. Este plan debe

considerar un proceso de ordenamiento del territorio y las relaciones sociales económicas y culturales, no sólo al interior de la reserva sino en su contexto geográfico.

El área de Calakmul se debe manejar con una visión sistémica, que la reconozca como parte de un sistema natural mayor, la Selva Maya, donde confluyen actores y procesos sociales y económicos transfronterizos por lo que es necesario profundizar en el análisis regional y considerar las acciones de los países vecinos como parte de las actividades de desarrollo y conservación de esta región natural.

El monitoreo de indicadores o variables clave es una actividad que permitirá evaluar los procesos dinámicos y la eficiencia en el manejo del área, por lo que se deben estudiar de manera sistemática los procesos físicos, biológicos, sociales y económicos en la reserva y en general en la selva maya. Las perturbaciones antrópicas, así como los procesos naturales, poseen diferente dirección, intensidad y magnitud, por lo que es necesario estudiarlas en las dos dimensiones, espacio y tiempo. Para efectuar el monitoreo de variables se requiere de una línea base, por lo que este trabajo representa un corte en el tiempo y un punto de partida para profundizar en los procesos de colonización humana, apropiación del espacio, y formación de los espacios rurales y paisajes antrópicos.

Finalmente, se puede argumentar que la avenencia del modelo de conservación de la reserva con el desarrollo social de la región podría lograrse mediante un ordenamiento territorial sustentable, el cual, por definición, no debe ser propuesto por una sola persona o institución sino por una gran cantidad de actores en distintos ámbitos (local, estatal, regional y multinacional). Para tal efecto es indispensable disponer de bases técnicas y científicas que permitan concebir una planeación regional. En ese sentido, este trabajo hace una modesta aportación al generar información espacial básica que podrá servir de fundamento al monitoreo de variables, al reconocimiento de capacidades y limitaciones naturales ambientales y sociales, y al arreglo espacial de procesos y actores.

## FUENTES CONSULTADAS

- Aranda, J. M. (1992), "El jaguar (*Pantera onca*) en la reserva Calakmul, México. Morfometría, hábitats alimenticios y densidad de población", *Felinos de Venezuela, biología, ecología y conservación*, Caracas, Venezuela, pp. 335–274.
- Arteaga, Jesús (1991), *Levantamiento topográfico del sector sureste de la Reserva de la Biosfera Calakmul*, Pronatura, Península de Yucatán, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología-Delegación Campeche, 1 plano escala 1:20 000.
- Barrera, Alfredo, Arturo Gómez-Pompa y Carlos Vázquez-Yañez (1977), "El manejo de las selvas por los mayas: sus implicaciones silvícolas y agrícolas", *Biótica*, 2 (2), pp. 47-61.
- Berlanga, M., P. Wood, J. Salgado, E. Figueroa (s/f) "Áreas de importancia para la conservación de las aves en México", en C. Arismendi y L. Márquez (eds.) *Calakmul*, Conabio, pp. 110 -111.
- Boege, Eckart (1993), "El desarrollo sustentable y la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México", *Boletín de Antropología Americana*, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, p. 132.
- Butterlin y Bonet (1963), "Las formaciones cenozoicas de la Península de Yucatán", *Ingeniería hidráulica en México*, Instituto de Geología, UNAM, México.
- Carrasco, Ramón (2000), "El cuchcabal de la cabeza de serpiente" *Revista de Arqueología Mexicana*, vol. VII, núm. 42, pp.19-21
- Cevallos, G. (1999), "Áreas prioritarias para la conservación de mamíferos en México", *Biodiversitas*, [http://www.conabio.gob.mx/biodiversitas/indice\\_27.htm](http://www.conabio.gob.mx/biodiversitas/indice_27.htm), 27.
- CIECAS, IPN., Semarnap, Campeche, (1998) *Programa de desarrollo regional sustentable, Calakmul, Campeche*, Diseño regional, Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, 115 p.
- Diario Oficial de la Federación* (1989), "Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera Calakmul"
- Díaz-Gallegos, J. G. García-Gil, O. Castillo-Acosta I. March (2001), "Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul", *Boletín del Instituto de Geografía*, Investigaciones Geográficas, UNAM, Campeche, México, núm. 44, pp. 39-53
- Díaz-Gallegos, Castillo-Acosta y García-Gil (2002), "Distribución espacial y estructura arbórea de la selva baja subperennifolia en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul", *Universidad y Ciencia*, Campeche, México, vol. 18 No. 35 pp. 11-
- Flores, S., (1990), *Reporte preliminar de la vegetación de la Reserva de la Biósfera de Calakmul, Campeche*, tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán, manuscrito, 21 pp.

- Flores, J. S., and Espejel Carvajal I. (1994), "Tipos de vegetación de la Península de Yucatán", *Etnoflora Yucatanense*, fs. 3, Universidad Autónoma de Yucatán, 135 p.
- Folan, W., M. C. Sánchez y J. M. Ortega (1999), *Naturaleza y cultura en Calakmul, Campeche*, CIHS, Universidad Autónoma de Campeche. p. 176.
- García-Gil, G. (1998), "La Conservación de los paisajes en la selva Lacandona, Chiapas", *Geografía y Desarrollo*, Colegio Mexicano de Geografía, A.C., pp. 55-70.
- García-Gil, G. y J. Pat (2001), "Apropiación del espacio y colonización de la selva en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche", *Revista Mexicana del Caribe*, Año V, núm.10, 2000, pp. 212-231.
- García-Gil, G., I. March. y M. A. Castillo, (2001), "Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche", *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 46, pp. 45-57
- García-Gil, G., J. L. Palacio. y M. A. Ortiz, (2002), "Reconocimiento geomorfológico e hidrográfico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México", *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, núm. 48, pp. 7-23
- Gobierno Constitucional del Estado de Campeche (1998), *Periódico Oficial*, 19 de junio 1998. pp. 35-40
- Gómez-Pompa. A. y R. Dirzo (1995), *Reservas de la biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*, INE/Conabio, México.
- UICN (1977). *World Directory of national Parks and Protected Areas*, Morges, Suiza.
- ICRAF-México (s/f), *Análisis y evaluación de la recuperación de fertilidad de los suelos más comunes bajo el manejo tradicional de milpa-barbecho-milpa, en la zona maya de Quintana Roo y Calakmul, Campeche, México*, Chetumal, Q. Roo, mimeografiado, pp. 19-21.
- Instituto Nacional de Ecología (1999), *Reglas Administrativas de la Reserva de la Biosfera de Calakmul*, México, Instituto Nacional de Ecología, p. 15.
- Konrad, Herman (1999), "Historia de la región. Naturaleza y cultura en Calakmul, Campeche", en W. J. Folan., M. C. Sánchez y J. M. García, *Naturaleza y cultura en Calakmul*, México, Centro de Investigaciones Históricas y Sociales, Universidad Autónoma de Campeche, pp. 83-90.
- Instituto Nacional de Ecología (2001) "Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Calakmul, México, 267 p.
- Laurance, W. F., S. G. Laurance, L. V. Ferreira, J. M. Rankin-de Merona, C. Gascon, y T. E. Lovejoy (1998), "Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions", *Forest Ecology and Management*, 110: 173-180.
- Lambyn, E.F. (1994), *Modelling deforestation processes: A review. TREES, Tropical Ecosystem Environment Observations by Satellites*, Luxemburgo, European Commission Joint Rsearch Centre-Institute for Remote Sensing Applications-European Space Agency, TREE Series B., Reserach Report núm. 1, 113 p.

- López Blanco, J., Valdez-Muciño, I. y J. Ugalde Rivera (1995), "Corrección fotogramétrica de segmentos digitalizados de fotografías aéreas aplicando un SIG", *Boletín SELPER-México*, núm. 30-31, pp. 6-24.
- López Ramos, E. (1975), *Geología de México*, t. III, Editorial Escolar, México.
- Lugo, J., (1991), *Elementos de geomorfología aplicada*, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Lugo, J., (1999), "El relieve de la Península de Yucatán", *Atlas de procesos territoriales de Yucatán*, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán, México, pp. 159-162.
- Lundell, C. L. (1934), "Preliminary sketch of the phytogeography of the Yucatán peninsula. Carnegie Institution of Washington", *Contributions to American Archaeology*, vol. II. núm. 12.
- Macario, P. (2000), "La actividad forestal", en Pat F. y Ku, M., *Tendencias de cambio de uso del suelo por los factores socioeconómicos, naturales y técnicos en la región de Calakmul, Campeche*, El Colegio de la Frontera Sur, pp. 84-102.
- Mahar, D. y R. Schneider (1994), "Incentives for tropical deforestation: some examples from Latin America", en Brown, K. Y D.W. Pearce (eds.), *The causes of tropical deforestation*, UBC Press, University of British Columbia, Vancouver, Canadá, pp. 159-171.
- March, I.J. (1992), *Estudio para la autoregulación 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, inédito, 60 p.
- Martínez E., Morales J., Dyck B., Polanco A. (1999), *Proyecto Estructura de la vegetación de la región de Calakmul, Campeche*, Informe, Pronatura, Yucatán, 5 p.
- Martínez, E., M. Souza., C. Ramos. (2001,) *Listados florísticos de México, XXII. Región de Calakmul, Campeche, México*, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 55 p.
- Melo, C. (2002) *Áreas Naturales Protegidas de México en el Siglo XX*, Col. Temas Selectos de Geografía de México, 1. Textos Monográficos: 6. Medio Ambiente, Instituto de Geografía, UNAM, 156 p.
- Miranda, F. (1958), "Estudios acerca de la vegetación", en Beltrán, E. (ed.) *Los Recursos naturales del sureste y su aprovechamiento*, t. II, IMRNAR, México, pp. 161-271.
- Morales, J. S. Magaña (2001), *Fuentes de impacto, necesidades de investigación científica y monitoreo en Calakmul, Campeche*, Pronatura Península de Yucatán, The Nature Conservancy, 72 p.
- Orellana, R. (1999), *Evaluación climática. Atlas de procesos territoriales en Yucatán*, Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma de Yucatán, México, pp. 163-182.
- Palacio J., Bocco G., Velásquez A. et al. (2000), "La condición actual de los recursos forestales en México", *Boletín del Instituto de Geografía*, Investigaciones Geográficas, UNAM, núm. 43, pp. 183-203.

Pat Fernández, Juan Manuel y Víctor Ku Quej (2000), *Tendencias de cambio en el uso del suelo por los factores socioeconómicos, naturales y técnicos en la región de Calakmul. Memoria de avances de investigación*, Campeche, Ecosur, Sisierra, SEP-Conacyt, p. 157.

Ponce, Martha (1990), *La montaña chiclera Campeche: vida cotidiana y trabajo (1900- 1950)*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (Cuadernos de la Casa Chata, 172), México.

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

Revel-Mouroz, Jean (1980), *Aprovechamiento y colonización del trópico húmedo mexicano*, Fondo de Cultura Económica, México, 391 p.

Rodríguez, Omar (2000), "La gran plaza de Calakmul", *Revista de Arqueología Mexicana*, vol. VII, núm. 42, pp. 22-33.

Semarnap-Ciecas (1998), *Programa de Desarrollo Regional Sustentable, Calakmul. Campeche. Diseño regional, Resumen*, pp. 11-17.

Sklar, F.H. y R. Costanza (1991), "The development of dynamic spatial models for landscape ecology: a review and prognosis", en Turner, M.G. and R.H. Gardner (eds.), *Quantitative methods in landscape ecology, ecological Studies*, vol. 28. Springer Verlag, Nueva York, pp. 239-288.

Szekely, Miguel e Ivan Restrepo (1988), *Frontera agrícola y colonización*, Centro de Ecodesarrollo, México.

Tricart, J. J. K. (1982), *La Ecogeografía y la ordenación del medio natural*, Anagrama. Barcelona, 283 p.

Turner, B. L. II, Cortina Villar, S., Foster, D., Geoghegan, J., Keys, E., Klepeis, P., Lawrence, D., Macario Mendoza, P., Manson, S., Ogneva-Himmelberger, Y., Plotkin, A. B., Pérez-Salicrup, D. R., Roy Chowdhury, R., Savitsky, B., Schneider, L., Schmook, B., Vance, C. (en prensa), "Deforestation in the Southern Yucatán Peninsular Region: An Integrative Approach", *Forest Ecology and Management*, 55212001) pp. 1-18.

Vargas, J., G. Escalona., R. Calderón., L. Interina y R. Reyna (2001), *Monitoreo de especies prioritarias (plantas, anfibios, reptiles, aves y mamíferos) en el municipio de Calakmul, Campeche*, reporte técnico final, pp. 1-33.

World Resources Institute (1994), *World Resources 1994-1995*, Oxford University Press, Nueva York.