

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE  
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT  
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA  
“CALAKMUL”  
PERIODO 1996-2000**

**INFORME FINAL**



COMISION NACIONAL DE  
ÁREAS NATURALES  
PROTEGIDAS



Fondo Mexicano para la  
Conservación de la  
Naturaleza, A. C.  
*Institución Privada*

Septiembre 2003.

## **Coordinación**

*Jorge Carranza Sánchez-CONANP*

*Concepción Molina Islas-FMCN*

## **Equipo Técnico CONANP**

Procesamiento de imágenes de satélite

*Noemí Luna González*

*Ignacio Paniagua Ruiz*

Sistema de Información Geográfica

*Lilián G. Rodríguez Sánchez*

*Jesús J. Aguilar Mosqueda*

*Delfina Rodríguez Vélez*

*Juan C. Zamora Espíndola*

*Cesar O. Silva González*

*Roberto D. Cruz Flores*

El presente reporte forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas que desarrollan conjuntamente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

Agradecemos a la Fundación MacArthur el financiamiento a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C., para la adquisición del equipo utilizado en el presente proyecto. Así mismo agradecemos la colaboración del equipo técnico de la Reserva de la Biosfera Calakmul, de la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad y de la Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y Suelo de la SEMARNAT por la información proporcionada.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS PARTICULARES .....	7
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA .....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	21
LITERATURA CITADA .....	22



## Resumen

Con el establecimiento de las áreas naturales protegidas se busca mantener áreas representativas de ecosistemas biológicamente diversos, como es el caso de la Reserva de la Biosfera Calakmul, sin embargo, es necesario considerar que estas zonas están sujetas a actividades humanas.

Con el propósito de evaluar el progreso y adaptar el manejo de las áreas protegidas con base en la experiencia que se va adquiriendo, es necesario establecer un sistema de monitoreo que coadyuve a plantear estrategias para el uso sustentable de los mismos.

El presente trabajo forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas, desarrollado con el Sistema de Información Geográfica de la CONANP adscrito a la Dirección General de Manejo para la Conservación, en coordinación con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C.

Para la elaboración del presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat ETM correspondientes al año 2000. Y con fin de determinar la tasa de transformación del hábitat se agruparon en forestal y no forestal los de uso del suelo y vegetación y se compararon con los datos de 1996 para la Reserva de la Biosfera Calakmul reportado por García *et al*, 2001.

Los resultados obtenidos para el año 2000 indican que la reserva cuenta con una superficie transformada de 21,652 ha que corresponde al 3.0% de la superficie total de la reserva. En el periodo entre 1996 y 2000, se estima una tasa de 0.027%, equivalente a 191 Ha/año, transformándose en 4 años 764 Ha, en donde las actividades de agricultura de temporal y nómada han transformado las selvas, con un patrón de actividades humanas establecidas a lo largo de las vías de comunicación principalmente al este de la reserva afectando la zona de amortiguamiento y las zonas núcleo.

## Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional, representativas de diversos ecosistemas y de su biodiversidad, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre y están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo. Con el establecimiento de áreas naturales protegidas se crea una estrategia para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de México a fin de asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (LGEEPA, 1997).

Estos ecosistemas representan el patrimonio natural del país, el cual requiere ser conservado no solo por el valor que representa la naturaleza en sí misma, sino también por los servicios ambientales que éstos proporcionan. Las ANP's deben ser vistas desde una perspectiva amplia, en donde se puede ordenar el desarrollo regional, proponer alternativas económicas ambientalmente sustentables y procurar el crecimiento armónico de la población.

En México, los ecosistemas han sido modificados tanto por factores naturales como por el hombre en un lapso de tiempo corto. Un ejemplo de esto son las selvas, las cuales han sido explotadas por diversos sectores de la industria, y más aún han sido transformadas en regiones agropecuarias. En 1984 el aprovechamiento comercial de las selvas representaba más de la tercera parte del bosque comercial del país, donde llegaba a producirse prácticamente el 90% de toda la madera tropical comercial (Ruiz y Gómez, 1987).

Tradicionalmente, los bosques han sido uno de los recursos naturales más importantes para la humanidad. Estos proporcionan fuentes de energía y materias primas, al mismo tiempo que suministran diversos servicios ambientales. Sin embargo, la acelerada pérdida de los bosques es uno de los problemas ambientales de mayor importancia en el mundo. Actualmente se estima que sólo un tercio de la superficie continental (3.54 mil millones de ha) se encuentra bajo cubierta forestal (UNAM,2000).

Varios autores han enfatizado la necesidad de cuantificar dicho grado de conversión y expresarlo en términos de los factores desencadenadores del cambio, dando principal énfasis al resultado de la acción antrópica. Una manera confiable para medirlo es a través del estudio de la dinámica espacio temporal de la cubierta vegetal (Berry, *et al*, 1996). En México, durante los últimos años se han realizando diversos

trabajos para conocer la situación que guardan los recursos naturales y estimar la tasa de transformación, a través de la generación de los inventarios forestales. Las estimaciones de superficies forestales perdidas anualmente varían de 365,000 a 1'600,000 hectáreas (Velázquez *et al.* 2002).

El concepto de inventario forestal nacional incluía básicamente la cuantificación del volumen maderable disponible y su distribución espacial, sin embargo, este enfoque se ha ido complementando con una visión ecológico-ambiental e integral del recurso forestal incluyendo además una valoración del recurso no maderable y de los servicios ambientales. El nuevo marco conceptual del Inventario Forestal Nacional 2000-2001 busca obtener información que sirva como base para otras gestiones ambientales, como son el cambio de uso del suelo, la estrategia de conservación de áreas naturales protegidas, la formulación de regiones de alto riesgo y en general de apoyo a la gestión de diversos programas federales y estatales (UNAM,2000).

En ANP's son pocos los trabajos que se han realizado con el fin de estimar la tasa de transformación. Dirzo y García en 1992, encontraron que para la región de los Tuxtlas la vegetación se redujo un 56% en 20 años y hacia los inicios de 1986, aproximadamente el 84% de la selva original se había perdido. Con esta tendencia, la selva original se reduce a pequeños fragmentos en forma de archipiélagos, de los cuales los mayores coinciden con las áreas actualmente bajo protección y aquellas zonas más inaccesibles. Arreola *et al*, 1997 y 1999, analiza la tasa de deforestación de la reserva de la biosfera El Triunfo y Montes Azules, así como la región conocida como Márquez de Comillas en el estado de Chiapas. Arreola estimó que la tasa promedio de deforestación para El Triunfo fue de 0.6% anual para el periodo comprendido entre 1975 y 1995 con una pérdida de casi 25,000 hectáreas, mientras que para Montes Azules la tasa en el periodo comprendido entre 1970 y 1993 fue de 0.8% anual, lo cual significa que en casi veinte años, se han perdido aproximadamente 50,000 ha de vegetación original. Mientras que Hernández, 2002, estimó para el Triunfo, una tasa de transformación de 1.32% anual, para el año de 1996-2000. Hinojosa y Delgadillo en 1999 elaboraron el trabajo titulado "Caracterización del paisaje en la vegetación y uso del suelo, y su cambio en las tres últimas décadas apoyados con imágenes Landsat MSS, en el estado de Baja California, México".

Bocco *et al*, 2001 realizaron el trabajo sobre "Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia", utilizando fotografías aéreas de 1960, 1975 y 1990, donde presentan modelos predictivos para conocer la dirección del cambio de uso de suelo en los próximos treinta años, mediante el uso de sistemas de información

geográfica, cadenas de Markov y análisis de regresión. Además se cuenta con la información de Ramírez, 2001 sobre "Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000", donde menciona que la tasa de deforestación es de 0.2%, para esta zona. Así mismo Brower *et al.*, 2002, analizan los cambios en un área de hibernación principal para la Mariposa Monarca en una superficie de 42,020 ha en los periodos 1971, 1984 y 1999 encontrando que la tasa anual de la degradación entre 1971 a 1984 fue de 1.7% y de 2.41% para los siguientes años de 1984 a 1999. Sin embargo, al analizar los cambios en el área decretada en 1986 la degradación se incrementa del 1% entre 1971-1984 al 3% entre 1984-1999; mencionando que el decreto de 1986 no protegió el bosque.

Uno de los trabajos más recientes es el elaborado por Velázquez, *et al.*, 2002 sobre la "Regionalización Ecológica a nivel regional (Escala 1:250,000 y 1:100,000). Análisis del cambio de uso del suelo", en el cual se menciona que actualmente los estudios referentes a los procesos dinámicos en la cobertura del suelo y la deforestación, son importantes y necesarios porque proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada. Actualmente la SEMARNAT (2003), publicó el libro titulado "La deforestación en 24 regiones PRODERS (Programa de Desarrollo Regional Sustentable)", que incluyen Áreas Naturales Protegidas, y en el cual se mencionan las causas de deforestación y las tasas de cambio para estas regiones.

García, *et al.*, 2001, realizaron el trabajo "Transformación de la vegetación por cambio de uso del suelo en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche" utilizando fotografías aéreas, generando una base geográfica digital a partir de la cual se efectuó un análisis cuantitativo del estado de transformación por actividades antrópicas. Del área estudiada (722,121.6 ha), 96.3% corresponde a selvas sin perturbación. Las áreas transformadas por actividades humanas alcanzan un 3.51% del área de la reserva, indicando que los cambios de uso del suelo se localizan en la zona oriental de la reserva y están relacionados con proyectos de poblamiento en los últimos treinta años.

Díaz, *et al.*, 2001, realizaron el trabajo titulado "Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche, México", este estudio se realizó en el ejido La Guadalupe localizado dentro de zona núcleo y la zona de amortiguamiento, reportando una tasa de deforestación de 5% en el periodo de 1970-1995, donde la selva alta desaparece y la selva mediana subperennifolia sufre altas transformaciones, lo que significa una pérdida de 1,244.3 ha (26.3%).



## Justificación

Las acciones gubernamentales en las ANP's se han orientado a consolidar programas que permitan desarrollar actividades permanentes de conservación y en manejar dichas zonas con criterios de sustentabilidad. Sin embargo, dada la escasez de recursos económicos, la política de conservación se ha concentrado en 60 de las 148 ANP's establecidas, que cubren el 80% de la superficie bajo protección. A partir de esta definición de prioridades se protegen los ecosistemas más representativos del país, ya que en ellos se localiza la mayor biodiversidad de México.

Algunas de estas ANP's se encuentran enmarcadas dentro de compromisos internacionales contraídos en diversos foros. Al concentrar los esfuerzos institucionales en áreas de relevancia internacional, se pretende consolidar un grupo de ANP's de alta calidad que sirva de base para ampliar la atención institucional hacia otras áreas mediante el autofinanciamiento y la obtención de fondos por parte de organismos multilaterales. Simultáneamente, se continúa avanzando en otras ANP's que presentan mayor presión al uso de los recursos naturales, el nivel de organización local, el compromiso institucional, etc.

Actualmente la superficie total de las 148 ANP's de carácter federal en México es de aproximadamente 17,303,133 hectáreas, equivale al 6.9% del territorio nacional y 17.11% del mar territorial (12 millas náuticas). Como complemento a las acciones de manejo que el gobierno federal implementó en las áreas naturales protegidas desde 1995, el Gobierno de México y el Banco Mundial crearon en 1997 el Fondo para Áreas Naturales Protegidas dentro del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

En el FANP están incluidas catorce ANP'S que abarcan una superficie de 6'358,496 ha, equivalente al 36.7% de la superficie total decretada bajo alguna categoría de protección a nivel federal en México. Estas áreas son Calakmul, El Triunfo, El Vizcaíno, Isla Contoy, Islas del Golfo de California, Mariposa Monarca, Montes Azules, Ría Lagartos, Sian Ka'an, Sierra de Manantlán, Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, Cuatrociénegas, Chichinautzin-Lagunas de Zempoala –El Tepozteco y Tehuacan-Cuicatlán (figura 1).



Figura 1. Distribución geográfica de las catorce ANP's, incluidas en el programa FANP.

En particular la Reserva de la Biosfera Calakmul, a partir de 1992, cuenta con administración por parte del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP, y por parte del FANP a partir de 1997, cuenta con financiamiento que garantiza la operación básica y permitirá llevar a cabo diversas acciones de conservación y gestionar recursos adicionales para el desarrollo de proyectos.

El programa FANP tiene por objetivo consolidar la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las Áreas Naturales Protegidas de México. A fin de conocer los avances de las ANP's enfocados a alcanzar el objetivo del programa se diseñó el Sistema de Monitoreo y Evaluación. El propósito de este sistema es evaluar, retroalimentar y adaptar el manejo de las ANP'S con base en la experiencia que se va adquiriendo. Una evaluación periódica de las acciones de manejo en campo por medio de un sistema de monitoreo que permita estimar avances, ayudará en la toma de decisiones respecto a cómo orientar las acciones de manejo de cada ANP e identificar las presiones que tienen estas áreas por las actividades humanas.

El sistema de monitoreo y evaluación del FANP incluye cuatro indicadores para medir el impacto del programa, dos de estos indicadores están orientados a medir el impacto general de las actividades de conservación en la biodiversidad: a nivel de paisaje el monitoreo biológico está enfocado al análisis de transformación del hábitat, que determina el porcentaje de la vegetación de las ANP's que ha sido transformada por

actividades antropogénicas y el otro indicador es la tendencia en el promedio de organismos observados de especies clave. Los otros dos indicadores son socioeconómicos y están enfocados a medir cómo se están utilizando los recursos naturales: número de hectáreas bajo uso sustentable y número de pobladores que adoptan prácticas de uso sustentable.

La información generada con el presente proyecto permitirá contar con la línea base del estado actual de la cobertura vegetal en cada ANP y estimar la tasa de transformación del hábitat.

### **Objetivo general**

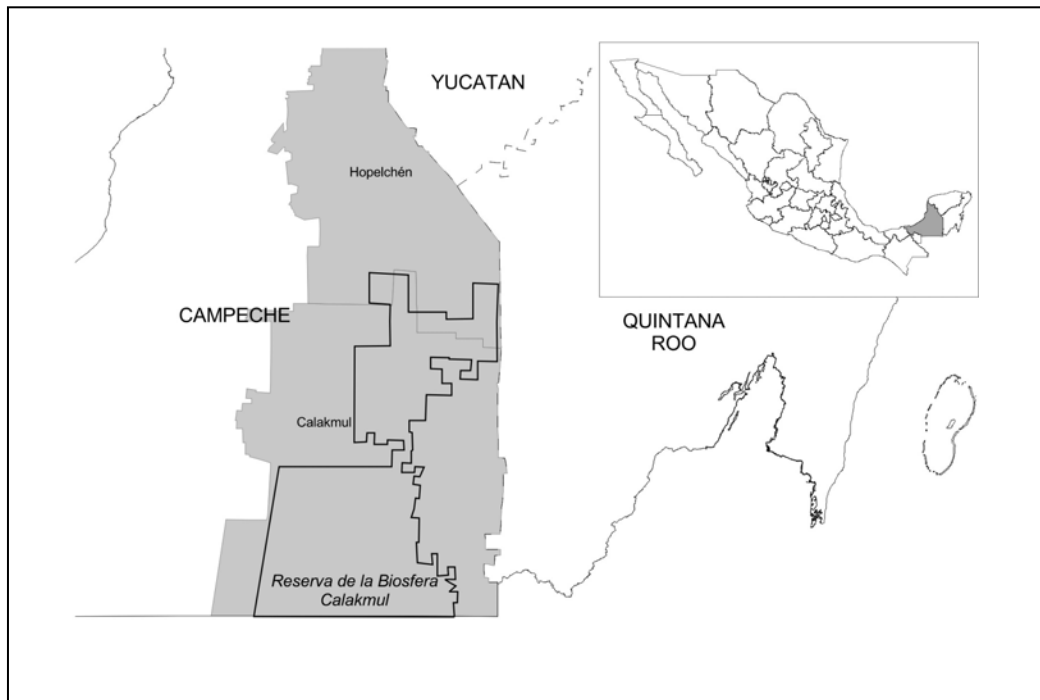
Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera "Calakmul" del periodo 1996-2000.

### **Objetivos particulares**

- a) Conocer la línea base del estado de conservación de los recursos naturales en el área para el año 2000.
- b) Establecer una metodología para estimar la tasa de transformación del hábitat en las áreas naturales protegidas, utilizando imágenes de satélite para diferentes épocas.

### **Descripción del área**

La Reserva de la Biosfera Calakmul fue decretada el 23 de mayo de 1989, se localiza al sureste del estado de Campeche en el municipio de Calakmul, limita al este con el estado de Quintana Roo y al sur con la República de Guatemala, cuenta con una superficie total de 723,185 ha., incluye dos zonas núcleo, que en conjunto suman 248,260 ha, y una zona de amortiguamiento con 474,925 ha. (figura 2).



**Figura 2.** Localización de la Reserva de la Biosfera Calakmul.

La reserva ingresó en 1993, a la Red Internacional del Programa el Hombre y la Biosfera (MAB) de la UNESCO, también está considerada dentro de las áreas piloto para nuevos sistemas de manejo y administración del programa de Áreas Naturales Protegidas de México (1995-2000); además, está incluida dentro del programa de Conservación de la Biodiversidad en Áreas Naturales Protegidas Selectas de México, parcialmente financiada por el GEF (Global Environmental Facility).

La reserva de la biosfera de Calakmul, forma parte de la Planicie Yucateca y del Petén, en sus lomeríos alcanza elevaciones de 300 m.s.n.m. Representa la mayor reserva mexicana de bosque tropical, con características climatológicas, edafológicas y de vegetación muy particulares.

El clima de la reserva es cálido húmedo, con un claro gradiente de precipitación que va disminuyendo de sur a norte. Una de las características climáticas más notables de la Península de Yucatán es un incremento del gradiente de la humedad del noroeste hacia el sureste, además de éste gradiente de humedad de amplia escala, la Reserva de la Biosfera está parcialmente localizada en una cuenca interna que puede

influir en la humedad a través de las nubes de lluvia por las colinas circundantes y por los movimientos del aire causados por la temperatura.

Debido a la orografía del sitio, las colinas del este reciben mayor precipitación durante el verano, y puesto que el piso de la cuenca siempre está nublado, recibe poco o ningún aumento en la precipitación. El cauce de los ríos se incrementa por el escurrimiento de las precipitaciones de los alrededores.

La mayor parte de la reserva está localizada dentro de la sabana tropical, entre la selva tropical y la estepa subtropical con estaciones secas y húmedas marcadas.

En cuanto a su fauna, Calakmul es relevante por su representación de mamíferos, éstos incluyen seis de las siete especies de marsupiales registrados en el país; dos de los tres primates; dos de los cuatro endentados; y cinco de los seis felinos. Aunque esta zona no cuenta con vertebrados endémicos, contiene un número considerable de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción.

Las principales asociaciones vegetales corresponden al zapotal y al ramonal, con base en las colectas botánicas y observaciones realizadas en el campo se mencionan a continuación los tipos de vegetación presentes en la reserva: selva alta subperennifolia, selva baja subperennifolia, selva mediana caducifolia y subcaducifolia, entre otros.

Calakmul contiene uno de los agrupamientos de zonas arqueológicas de la cultura maya más sobresaliente del país, entre las que destacan Calakmul, El Ramonal, X'pujil, Becán, Chicanná y Hormiguero, donde se encuentran más de 6,250 estructuras arqueológicas, un número considerable de estelas, una muralla de 6 metros de altura, un elaborado sistema hidráulico y dos tumbas reales. Por su importancia arqueológica Calakmul fue nombrado patrimonio cultural de la humanidad en 2002.

Estas características culturales, sumadas a su importancia como centro urbano y comercial, hicieron que Calakmul se convirtiera en un importante centro maya del periodo Clásico que rivalizó en tamaño con Tikal, por lo que se le considera uno de los archivos prehispánicos más valiosos de Mesoamérica.

En la zona también se pueden identificar ciertos problemas relacionados con el uso de la tierra debido a que el incremento poblacional demanda una gran cantidad de terrenos y recursos naturales por parte de las nuevas generaciones.

Se ha desarrollado en la zona una extracción forestal no controlada, una incipiente ganadería extensiva con tendencia a incrementarse a pesar de las limitantes que le crea la falta de agua, una actividad agrícola de subsistencia de muy bajos rendimientos, pero que requiere un constante desmonte de grandes extensiones, provocando cambios en el uso de suelo, así como el uso de agroquímicos, biocidas, cacería, y la captura ilegal de especies silvestres para su comercialización (SEMARNAP, 2000).

## Materiales y métodos

Para el presente trabajo se utilizó la cobertura generada por García *et al*, 2001., donde utilizan un conjunto de 1,500 fotografías aéreas en color, de 1995 y 1996, a escala 1:20,000, que cubren la superficie de la Reserva de la Biosfera Calakmul. Estos autores, generaron cartografía a escala 1:50,000 con base en la información topográfica y los centros de fotografías 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.

Esta clasificación de los tipos de vegetación y uso del suelo, se basa en las características fisonómicas de las comunidades vegetales y del uso del suelo. Además, se consideraron los trabajos realizados por diferentes botánicos (Lundell, 1934; Miranda, 1958; Flores, 1990; Flores y Espejel, 1994), y la clasificación de INEGI 1989, y donde obtienen las siguientes tipos de vegetación tabla 1.

**Tabla 1.** Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la Reserva de la Biosfera de Calakmul, según García *et al*, 2001., para el año 1996.

Tipo de vegetación y uso de suelo	
Acahual Arbóreo	Selva Alta Perennifolia
Acahual Arbustivo	Selva Baja Subperennifolia
Acahual Herbáceo	Selva Baja Caducifolia
Agricultura de Temporal	Selva Mediana Subperennifolia
Aguadas	Selva Mediana Subcaducifolia
Akalche	Selva perturbada por incendio
Cultivos Perennes	Sin Cobertura Fotográfica
Jaguey	Sin Vegetación Aparente
Laguna Perenne	Uso urbano
Pastizal	Vegetación Hidrófita
Roza-Tumba-Quema	Vegetación Riparia
	Zona Arqueológica

Para el año 2000, se emplearon imágenes de satélite Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), identificadas con el path 20 row 47 y 48. En la tabla 2, se observa el tipo de sensor y el número de bandas procesadas de las imágenes de satélite para esta área protegida.

**Tabla 2.** Características de las imágenes de satélite.

CÓDIGO	SENSOR	FECHA	NÚMERO DE BANDAS	IMÁGENES PROCESADAS
20/47	ETM	24/Julio/2000	8	6
20/48	ETM	26/Julio/2000	8	6
<b>TOTAL DE IMÁGENES</b>			16	12

Las imágenes ETM+ empleadas en el presente estudio, fueron proporcionadas por el Inventario Forestal Nacional 2000-2001, y están compuestas por 8 bandas espectrales que corresponden al satélite más reciente de la familia Landsat e incluye nuevas características que pueden facilitar estudios de cambio de la cobertura vegetal y para su análisis se emplearon 6 bandas que corresponden al espectro visible y al infrarrojo (1, 2, 3, 4, 5 y 7). Las imágenes ETM+, fueron importadas en ERDAS Imagine 8.5, utilizando el formato BSQ (Band Sequential) a fin de separar las bandas para su procesamiento. Posteriormente se generaron compuestos en falso color de 24 bits, que sirvieron como base para la identificación de los tipos de vegetación y uso del suelo.

Para la vectorización, se utilizaron Arcinfo 8.1 y Arcview 3.2. Los polígonos de la cobertura vegetal se generaron a partir de la información de uso del suelo y vegetación del INEGI Serie II, escala 1:250,000, a nivel comunidad. Con base a la imagen generada en falso color y clasificaciones automatizadas, se realizaron modificaciones a los límites de los tipos de vegetación y las actividades antrópicas dentro del área para el año 2000, asimismo se adicionaron polígonos a una escala aproximada de 1:100,000.

Los tipos de uso del suelo y vegetación, que se identificaron para Calakmul en el año 2000, se agrupan en la tabla 3.

**Tabla 3.** Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados, según INEGI Serie II, año 2000.

Tipo de vegetación y uso de suelo
Popal-tular
Selva alta y mediana subperennifolia
Selva baja subperennifolia
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia
Vegetación acuática
Agricultura nómada
Agricultura de temporal
Pastizal inducido
Zona arqueológica
Zona urbana

La descripción de para cada tipo de vegetación corresponde al "Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación" de INEGI 2000, (tabla 4).

**Tabla 4.** Tipos de vegetación y usos del suelo identificados para la Reserva de la Biosfera "Calakmul".

Vegetación	Descripción	Especies representativas
<b>Popal</b>	Vegetación herbácea que se desarrolla en lugares pantanosos de las planicies costeras, con agua permanente, donde vive enraizada en el fondo, sobresaliendo del agua sus hojas.	Las plantas que lo forman son: popoay ( <i>Calathea spp</i> ), quentó ( <i>Thalia geniculata</i> ) platanillo ( <i>Heliconia spp</i> ) y algunas especies gramínoideas acuáticas como <i>Leersia spp</i> , <i>Paspalum spp</i> , <i>Panicum spp</i> y <i>Cyperus spp</i> , entre otros.
<b>Tular</b>	Comunidad de plantas herbáceas enraizadas en el fondo de terrenos pantanosos o en las orillas de lago y lagunas, tanto de zonas cálidas como de regiones templadas. Se caracteriza porque sus componentes tienen hojas largas y angostas o carecen de ellas.	Pertenecen principalmente a los géneros: <i>Typha</i> , <i>Scirpus</i> y <i>Cyperus</i> . Incluye los llamados "Saibadales" de <i>Cladium jamaicense</i> y los "Carrizales" de <i>Phragmites communis</i> y <i>Arundo donax</i> .
<b>Selva alta subperennifolia</b>	El clima cálido húmedo donde alrededor del 25% de los árboles tiran follaje durante la época más seca, que es corta pero bien definida. Se distribuye en condiciones de menor precipitación hacia el sur de la Península de Yucatán, y en contacto con la Selva Alta Perennifolia o la Selva Mediana Subcaducifolia a lo largo de la costa del Pacífico.	Destacan: <i>Manilkara zapota</i> (Chicozapote), <i>Brosimum alicastrum</i> (Ramón), <i>Bucida buceras</i> (Pucté), <i>Bursera simaruba</i> (Chacá), etc.
<b>Selva mediana subperennifolia</b>	Ocupa partes de mayor pendiente con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la península de Yucatán. En la época más seca del año tira entre el 25 y el 50% de	Los componentes son en general los mismos de la selva alta, aunque a veces son más notorios algunos árboles como <i>Manilkara zapota</i> (Chicozapote), <i>Brosimum alicastrum</i> (Ramón), <i>Lysiloma spp.</i> (Guaje,



	sus hojas, y los elementos arbóreos tienen entre 15 y 30 m de alto. Está constituida por varios estratos de entre 7 y 25 m de altura, además de los estratos arbustivo y herbáceo.	Tepeguaje, Tzalam), <i>Bursera simaruba</i> (Palo Mulato, Copal, Chacá), y <i>Videx gaumeri</i> (Ya'axnik), entre otros.
<b>Selva baja subperennifolia</b>	Selva de 4 a 12 metros que se caracteriza porque del 20 al 25 % de sus componentes tiran sus hojas en la época seca. Se desarrolla en terrenos con drenaje deficiente de zonas con climas cálido húmedo y subhúmedo; se inundan en épocas de lluvias, pero se secan totalmente en la secas.	Las especies más comunes son: <i>Haematoxylon campechianum</i> (palo de tinte, tinto, Ek), <i>Bucida buceras</i> (Pucté), <i>Metopium brownei</i> (Chechém), <i>Byrsonima bucidaefolia</i> (Sakpah), etc.
<b>Selva mediana caducifolia</b>	Es una comunidad de árboles entre 15-20 m de lato, estrechamente relacionada con las Selvas Bajas Caducifolias y Mediana Subcaducifolia. Su distribución no es muy amplia y se presenta principalmente en la parte central de Yucatán en una franja NE-SO. En la vertiente del Pacífico, en algunos enclaves dentro del área normal de distribución de la Selva Baja Caducifolia, siempre en condiciones más favorables de humedad edáfica.	Los principales compnentes son: <i>Lysiloma bahamensis</i> (Tzalam), <i>Piscidia piscipula</i> (jabín), <i>Bursera simaruba</i> (Chacá), <i>Cedrela mexicana</i> (Cedro rojo), <i>Cordia</i> spp. (Circicote, Cuerdozo), <i>Alvaradoa amorphoides</i> (Camarón), etc.
<b>Selva mediana subcaducifolia</b>	Es una comunidad que en la época más seca, las especies dominantes tiran entre 50 a 75% de sus hojas. Su distribución es muy amplia tanto en la Península de Yucatán como en la vertiente del Pacífico.	Las principales especies son: <i>Brosimum alicastrum</i> (Ramón, Capomo, ojoche), <i>Hymenaea courbaril</i> (Guapinol), <i>Hura polyandra</i> (Habillo), <i>Vides gaumeri</i> (Ya'axnik), <i>Bursera simaruba</i> (Mulato, Chacá), etc.
<b>Agricultura nómada</b>	Tipo de agricultura en el que áreas relativamente pequeñas en zonas de bosque o selva son desmontadas y cultivadas durante uno o varios años, posteriormente son abandonadas, al perder el suelo su fertilidad.	
<b>Agricultura de temporal</b>	Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas y los cultivos reciben únicamente agua de lluvia.	
<b>Pastizal inducido</b>	Se desarrolla al eliminarse la vegetación original (bosque, selva, matorral, otros), o en áreas agrícolas abandonadas.	

Las coberturas generadas en Arcinfo, fueron transferidas a Arcview 3.2 para su análisis, obteniendo el área total en hectáreas de cada uno de los tipos de vegetación para el año 2000. Los cálculos de superficie se realizaron con base en el polígono establecido como Reserva de la Biosfera en el decreto de 1989.

La verificación de los tipos de vegetación, se comparó con la clasificación obtenida por García *et al*, 2001, para el año 1996. Los tipos de vegetación presentes en la reserva, se agruparon en vegetación

forestal y vegetación no forestal. La primera agrupa al conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas y vegetación de zonas áridas (Ley Forestal, 1997), y la segunda agrupa los usos de suelo derivados de actividades antrópicas y/o desastres naturales.

Con base a la información obtenida, de la agrupación de los tipos de vegetación, y tomando como base la superficie terrestre de la reserva, se calculó la tasa de transformación del hábitat de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996), citada por Bocco *et al*, 2001, expresada de la siguiente manera:

$$\delta_n = \left( S_2/S_1 \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

$\delta$  = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

$S_1$  = superficie forestal, al inicio del periodo

$S_2$  = superficie forestal, al final del periodo

$n$  = número de años entre las dos fechas

## Resultados y discusión

Para el análisis se procesaron las 12 imágenes de satélite del año 2000, de las que se obtuvieron falsos colores. La combinación de bandas utilizadas para la generación de compuestos RGB (red, green & blue), fue el 452, debido a que los valores de este compuesto son altos para identificar los diferentes tipos de vegetación (figura 3).

La cobertura obtenida como resultado de la modificación de la información de uso del suelo y vegetación INEGI serie II, para el año 2000, se encuentran en formato shape compatible a ArcInfo. A los polígonos generados se asignaron identificadores para cada tipo de uso del suelo y vegetación con base a la clasificación del INEGI.

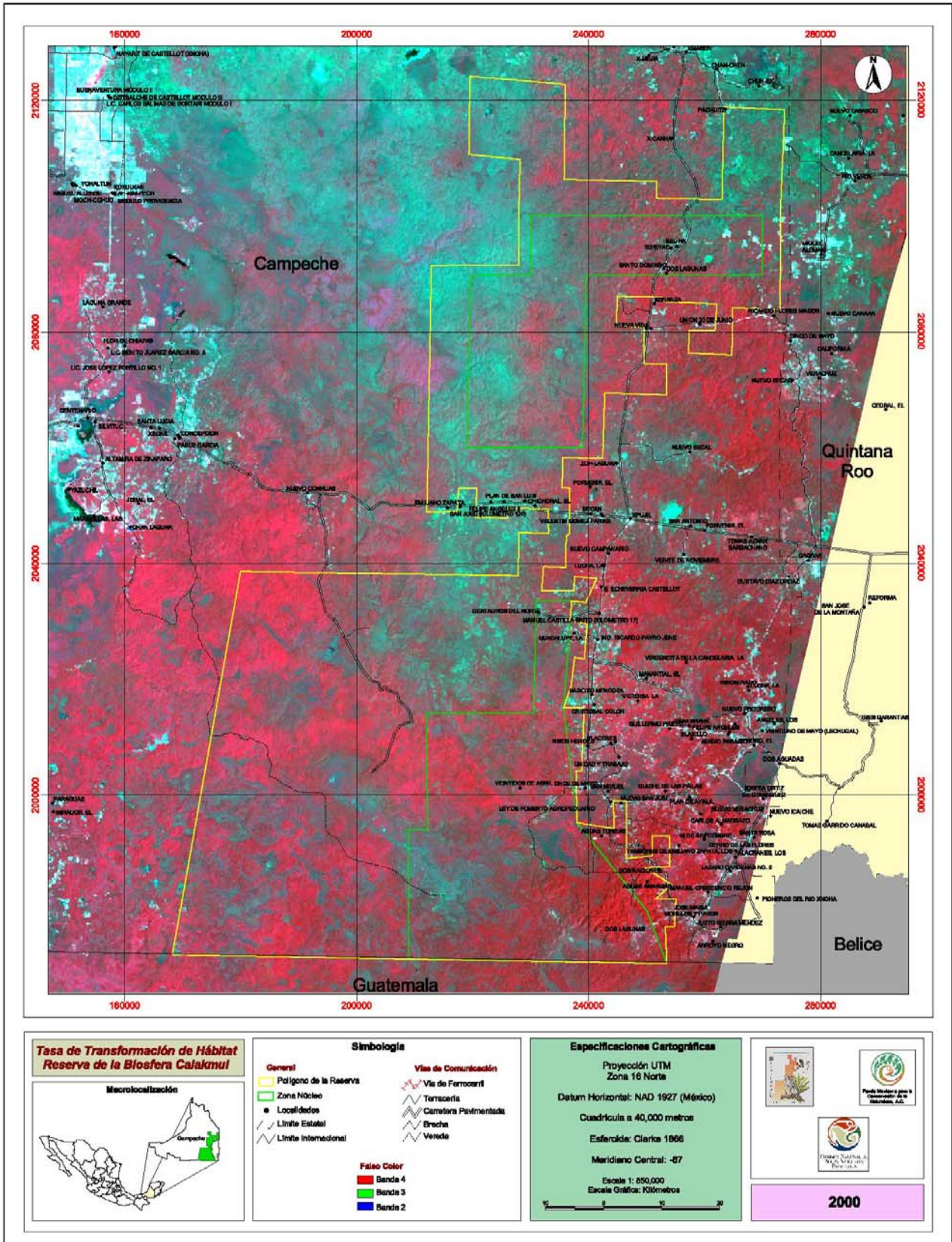


Figura 3. Falso color RGB (452) año 2000, Reserva de la Biosfera Calakmul.

En la tabla 5, se presentan las superficies por tipo de vegetación para el año de 1996, con base a los datos de García *et al*, 2001, para fines del presente trabajo se realizó una agrupación de los tipos de vegetación en dos clases: vegetación forestal y no forestal. El acahual arbóreo fue considerado en la clase forestal, debido a la dificultad que se presenta para identificarlo con las imágenes de satélite, aunque García *et al*, 2001, lo considera como áreas perturbadas. El tipo de vegetación forestal más representativo es la selva mediana subperennifolia que corresponde aproximadamente al 65% de la superficie total. Mientras que el acahual arbustivo es el que presenta una mayor superficie entre el grupo de la vegetación no forestal.

**Tabla 5** Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la reserva de la biosfera Calakmul en el año de 1996, por García *et al*, 2001.

<b>Tipo de vegetación y uso de suelo</b>	<b>Ha.</b>	<b>%</b>
<b>Vegetación forestal</b>		
Acahual Arbóreo	5,384	0.75
Selva Alta Perennifolia	9,781	1.35
Selva Baja Subperennifolia	105,616	14.63
Selva Baja Caducifolia	2,470	0.34
Selva Mediana Subperennifolia	471,650	65.31
Selva Mediana Subcaducifolia	10,109	1.40
Vegetación Hidrófita	1,582	0.22
Vegetación Riparia	11,851	1.64
Aguadas	348	0.05
Akalche	82,590	11.44
Jaguey	5	0.00
Laguna Perenne	73	0.01
Sin Cobertura Fotográfica	314	0.04
	<b>701,774</b>	<b>97.18</b>
<b>Vegetación no forestal</b>		
Acahual Herbáceo	3,283	0.45
Acahual Arbustivo	10,595	1.47
Agricultura de Temporal	1,413	0.20
Cultivos Perennes	13	0.00
Pastizal	1,802	0.25
Roza-Tumba-Quema	2,393	0.33
Selva perturbada por incendio	167	0.02
Sin Vegetación Aparente	45	0.01
Uso urbano	261	0.04
Zona Arqueológica	376	0.06
	<b>20,348</b>	<b>2.82</b>

Para el año 2000, la selva alta y mediana subperennifolia es el tipo de vegetación que predomina entre el grupo de la vegetación forestal, mientras que, en el grupo de vegetación no forestal la agricultura de temporal esta mejor representada (tabla 6).

**Tabla 6.** Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la reserva de la biosfera Calakmul en el año de 2000.

Tipo de vegetación y uso del suelo	Ha.	%
<b>Vegetación forestal</b>		
Popal-Tular	2,926	0.40
Selva alta y mediana subperennifolia	528,289	73.10
Selva baja subperennifolia	158,657	21.95
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	11138	1.54
	<b>701,010</b>	<b>97.00</b>
<b>Vegetación no forestal</b>		
Agricultura nómada	9,002	1.25
Agricultura de temporal	9,789	1.35
Pastizal inducido	2,233	0.31
Zona arqueológica	407	0.06
Zona urbana	221	0.03
	<b>21,652</b>	<b>3.0</b>

La superficie de los tipos de vegetación para las zonas núcleo y zona de amortiguamiento se describen en la tabla 7, donde se observa que para éstas zonas domina la vegetación de selva alta y mediana subperennifolia, así como la selva baja subperennifolia. En tanto que los usos del suelo por actividades antrópicas como son la agricultura nómada y de temporal se encuentran representadas tanto en la zona núcleo como en la de amortiguamiento.

**Tabla 7.** Tipo de vegetación y uso de suelo dentro de la zona núcleo y amortiguamiento, en el año 2000.

Tipo de vegetación y uso de suelo	Zona	2000 (Ha)
Popal-Tular	Núcleo	831
	Amortiguamiento	2,095
Selva alta y mediana subperennifolia	Núcleo	193,383
	Amortiguamiento	334,907
Selva baja subperennifolia	Núcleo	45,027
	Amortiguamiento	113,630
Selva mediana caducifolia y subcaducifolia	Núcleo	-----
	Amortiguamiento	11,138
Agricultura nómada	Núcleo	3,335
	Amortiguamiento	5,667
Agricultura de temporal	Núcleo	4,123
	Amortiguamiento	5,666
Pastizal inducido	Núcleo	1,315
	Amortiguamiento	918
Zona arqueológica	Núcleo	165
	Amortiguamiento	243
Zona urbana	Núcleo	75
	Amortiguamiento	146

Los tipos de vegetación descritos en la tabla 5 y 6, agrupados en vegetación forestal y no forestal se presentan en la tabla 8, donde se pueden observar que con base a los datos de García *et al*, 2001 la vegetación forestal es de 20,348 ha, mientras que los datos obtenidos con la imagen de satélite del 2000 se obtuvo que las superficies no forestales corresponden a 21,652 ha.

**Tabla 8.** Superficie forestal en hectáreas para la reserva de la biosfera Calakmul en el periodo de 1996-2000.

	FORESTAL	%	NO FORESTAL	%
<b>SUPERFICIE TOTAL</b>	<b>722,662</b>			
23 de mayo de 1989, se decreta como Reserva de la Biosfera				
1996	701,774	97.11	20,348	2.82
2000	701,010	97.00	21,652	3.00

La tasa de transformación del hábitat se calculó aplicando la formula a los datos obtenidos en la agrupación de clases de la vegetación forestal y no forestal, los resultados se presentan en la tabla 9.

**Tabla 9.** Tasa de transformación del hábitat para la Reserva de la Biosfera Calakmul en el periodo 1996-2000.

Periodo	S1 (Ha)	S2 (Ha)	Cambio (Ha)	Años	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/año
1996-2000	701,774	701,010	764	4	0.00027	0.027	191

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la reserva de la biosfera Calakmul para el año 2000. Donde existe un patrón bien definido del uso del suelo marcado por las principales vías de acceso, la porción central a lo largo de la carretera que conduce de Chetumal a Escarcega se observa una actividad antrópica que pone en riesgo la conectividad de los ecosistemas de la reserva del norte con el sur. Por otra parte la zona sureste de la reserva se observa una fuerte actividad en las comunidades que se ubican a lo largo de la carretera, que llegan a estar dentro de la zona núcleo. García, *et al*, 2001 menciona que este patrón ésta relacionado directamente a los proyectos de colonización inducida por acciones de gobierno en los últimos 30 años.

Finalmente en la porción norte también sobre la carretera se observa una fragmentación del hábitat que incluso afecta la zona núcleo, está situación se debe a que al establecerse la reserva y definir la zona núcleo ya existían asentamientos humanos. Las actividades antrópicas que han tenido un avance sobre las selvas son la agricultura de temporal y nómada.



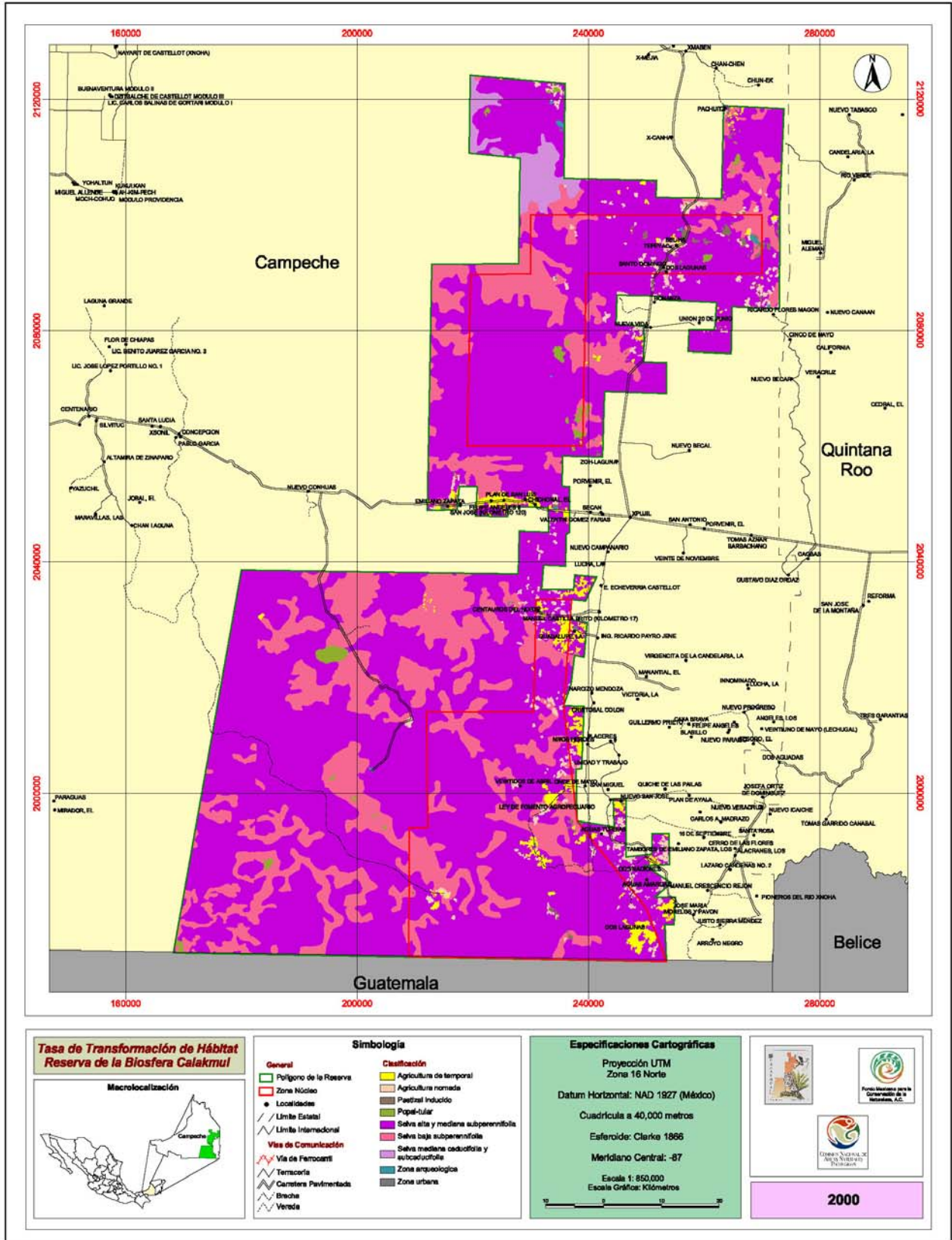


Figura 4. Uso de suelo y vegetación en el año 2000, para la Reserva de la Biosfera Calakmul.

En la tabla 10, se observa la tendencia a la transformación del hábitat en el polígono que delimita a la reserva de la biosfera "Calakmul", de los datos comparados entre lo obtenido por García *et al*, 2001 y la superficie calculada a partir de la imagen de satélite, se muestra que la superficie transformada en el periodo de 4 años es de 764 ha con una tasa de 0.027 Ha/año que corresponde aproximadamente a 191 ha/año.

**Tabla 10.** Tasa de transformación del hábitat de la Reserva, incluida en el FANP

ÁREA NATURAL PROTEGIDA	SUPERFICIE TRANSFORMADA (Ha)				FANP	Tasa de Transformación Anual (% Sup Total)	Ha/Año	# de años
	70's-80's	80's-90's	90's-2000	00				
Superficie en el periodo (Ha/año)			764 (191)			0.027	191	4
Superficie acumulada			20,348	21,652				
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span style="width: 20px; height: 10px; background-color: #00FF00; border: 1px solid black;"></span> Periodo de creación del FANP                 <span style="width: 20px; height: 10px; background-color: #D3D3D3; border: 1px solid black;"></span> Periodo en que se decretó el ANP             </div>							

La reserva de la biosfera Calakmul se estableció en 1989, y los datos de García *et al*, 2001 para 1996 muestran que las áreas transformadas por actividades humanas llegan al 2.82% y para el 2000 con base a los datos obtenidos al 3%, lo que significa que el área presenta un estado de conservación del 97% representado por las selvas. En este sentido, la clasificación de vegetación y uso del suelo que se presenta en el año 2000 para la reserva servirá de base para conocer la tendencia de la transformación del hábitat en el futuro.



## Conclusiones

Solo fue posible obtener los datos de uso del suelo y vegetación del año 2000 para la reserva de la biosfera Calakmul, debido a la falta de imágenes de satélite para las diferentes décadas. Por lo anterior se decidió hacer la comparación de los datos para 1996 obtenidos por García *et al*, 2001.

La tasa de transformación del hábitat obtenida con base a los datos antes mencionados fue de 0.027 % (191 ha/año) con una transformación en el periodo de 764 ha, obteniendo así que la superficie transformada por actividades humanas fue de 21,652 ha que corresponde aproximadamente al 3% de la superficie total de la reserva.

La transformación del hábitat por actividades humanas, presenta un patrón sobre las principales vías de comunicación y afecta tanto la zona núcleo como la zona de amortiguamiento. La agricultura de temporal y la nómada, son las principales actividades que han avanzado sobre las selvas.

Los datos del 2000 servirán de base para conocer la tendencia en la transformación del hábitat por actividades humanas o bien en la reconversión de la cobertura vegetal como resultado de los programas de restauración y/o aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en la reserva.

Las imágenes de satélite son una herramienta útil para conocer los cambios en la cobertura vegetal en el tiempo, sin embargo considerando el potencial forestal existe en el área, se requiere de información a mayor detalle que permita elaborar instrumentos de planificación para el adecuado manejo de las selvas de la reserva.

## Literatura citada

Arreola, A., Cuevas, G., Becerril, R., Guillén, C., Noble, L., Altamirano, M. 1997. Análisis sobre los cambios de uso y cobertura vegetal en la Reserva de la biosfera El Triunfo. WWF-IDESMAC. Chiapas, México. 71-83 pp.

Arreola-Muñoz, A.V. 1999. Marginación y cambio de uso del suelo en tres fronteras forestales de Chiapas, Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 294 pp.

Berry, M. W., R.O. Flamm, B. C. Hazen, R.L. MacIntyre. 1996. The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decisions. IEEE Computational Science & Engineering 3:1. 24-35 pp.

Bocco G., López G., Mendoza C. 2001. Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia. Instituto de Geografía, Boletín No. 45. UNAM. 56-76 pp.

Brower, L., Castilleja, G., Peralta, A., López, J., Bojorquez, L., Diaz, S., Melgareo, D., Missrie, M. 2002. Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarca butterfly in Mexico, 1971-1999. *Conservation Biology*, Vol. 16, No. 2. 354-356 pp.

Díaz, J., García, G., Castillo, O., March, I. 2001. Uso del suelo y transformación de selvas en un ejido de la Reserva de la Biosfera de Calakmul, Campeche, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*. No. 44. 39-53 pp.

Dirzo R., García M. 1992. Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico. Instituto de Geografía, UNAM. 84-86 pp.

García, G., March, I., Castillo, M. 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*. No. 46. 45-57 pp.

Hernández, E. 2002. Tipos de vegetación y uso de suelo en el Corredor Sierra Madre del Sur, ("Quetzal") en el área correspondiente a la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Informe final. *Conservation Internacional México*, A. C. 35 pp.

Hinojosa, C. A. y R. J. Delgadillo. 1999. Caracterización del paisaje en la vegetación y uso del suelo, y su cambio en las tres últimas décadas apoyados con imágenes Landsat MSS, en el estado de Baja California, México. CONACYT. México.

INEGI. 2000. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación.

Ramírez R. I. 2001. Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. Instituto de Geografía, UNAM. 39, 45-52 pp.

Ruíz. M., y Gómez A., 1987. Diagnóstico de los Sistemas de Inventario Forestal Utilizados en la Región Trópico-Húmeda de México, *In*: Lund, H.G, Caballero-Deloya M., Villareal-Canton R. Eds. Land and Resource Evaluation for National Planning in the Tropics: Proceedings of the International Conference and Workshop; 1987; México; Gen. Tech. Report WO-39. Department of Agriculture, Forest Service; Washington, D.C. USA 524 pp.

SEMARNAP, 1997. Ley Forestal. México. 51 pp.

SEMARNAP, 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México. 109-130 pp.

SEMARNAP, 2000. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera "Calakmul". Instituto Nacional de Ecología. México. 09-13 pp.

SEMARNAT, 2003. La Deforestación en 24 Regiones PRODERS. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 123 pp.

UNAM, Instituto de Geografía, 2000. Informe del Inventario Forestal Nacional 2000-2001, México, 266 pp.

Velázquez A., Mas J. F., Palacio J. L. 2002. Regionalización Ecológica a nivel regional (escalas 1:250,000 y 1:100,000) y local (1:50,000 y 1:250,000). Análisis del cambio de uso de suelo. SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Geografía, UNAM. 5-6, 28-30 pp.