

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
“LA ENCRUCIJADA”
PERIODO 1975-2000**

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
Ignacio Paniagua Ruíz

Sistema de Información Geográfica
Lilián G. Rodríguez Sánchez
Delfina Rodríguez Vélez
Juan C. Zamora Espíndola
Cesar O. Silva González
Roberto D. Cruz Flores
Jesús J. Aguilar Mosqueda

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 La Encrucijada, 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	4
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS PARTICULARES	7
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	28
LITERATURA CITADA	29

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 La Encrucijada, 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 correspondientes a las décadas de los 70's, 80's, 90's y 2000, a fin de determinar la tasa de transformación del hábitat mediante un análisis retrospectivo en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada. Los tipos de vegetación y uso del suelo se agruparon en forestal y no forestal.

Los resultados obtenidos para el año 2000 indican que la reserva de la biosfera cuenta con una superficie transformada de 28,816 Ha que corresponde al 24.91% de la superficie total terrestre de la reserva. La tasa de transformación del hábitat obtenida para el polígono de la reserva de la biosfera La Encrucijada en el periodo 1975-2000 fue de 0.65% con 620 ha/año con una transformación total en 25 años de 15,500 Ha.

En el periodo 1992-2000 se establece el Área Natural Protegida, en este periodo se presenta una tasa de transformación de 0.50% (441 ha/año), lo que representa que en este periodo se transformarían 3,526 Ha.

La transformación del hábitat por actividades humanas, son debido a los desmontes para la agricultura y pastizales para potreros, que se encuentran en zonas donde anteriormente se encontraban vegetación de popal-tular, sabana y manglar.

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.

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 La Encrucijada, a partir de 1996 cuenta con administración por parte del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP y está considerada para ingresar al programa GEF en fases subsecuentes a fin de que cuente con financiamiento que garantice la operación básica y permita 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 "La Encrucijada", utilizando imágenes de satélite del periodo 1975-2000.

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 Encrucijada, fue decretada el 6 de junio de 1995, como Reserva de la Biosfera, con 144,868 Ha, de las cuales 36,216 Ha corresponden a dos zonas núcleo y 108, 652 Ha de zona de amortiguamiento. La Reserva se localiza al sur del estado de Chiapas, (figura 2), en los municipios de Pijijiapan, Mapastepec, Acapetahua, Villa Comaltitlán, Huixtla y Mazatán.

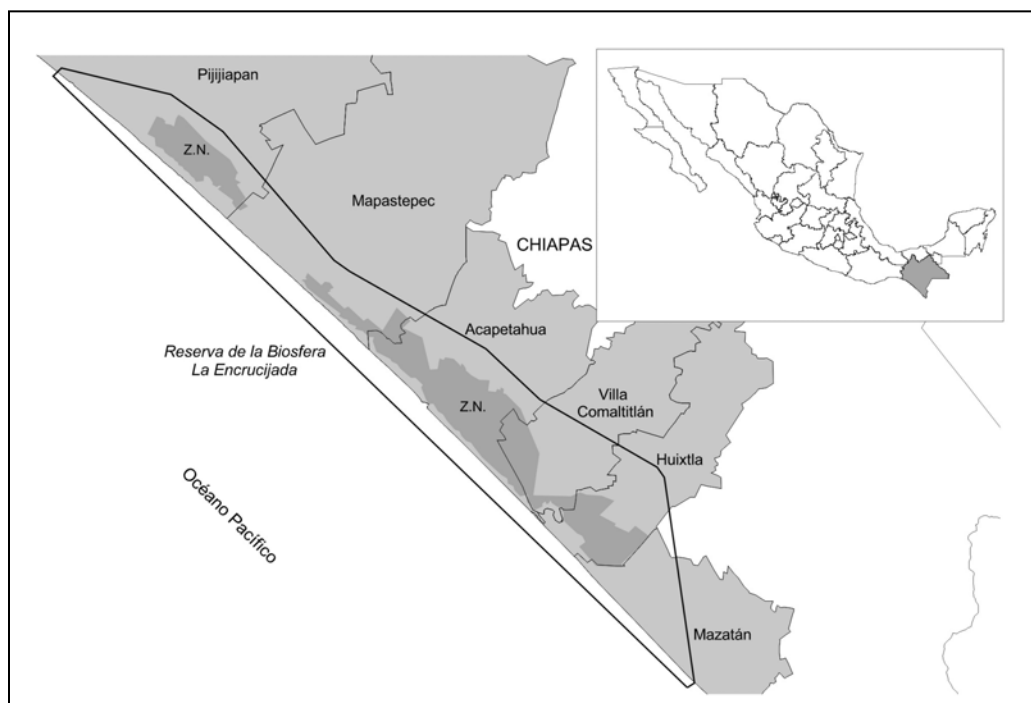


Figura 2. Localización de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

En la Reserva se presenta ríos con un promedio de 45 Km, estos se encuentran fuertemente influenciados por la temporada de lluvias y el volumen que transportan cambia a lo largo del año, llegando algunos a secarse casi por completo; la hidrografía de esta zona está comprendida por 17 corrientes principales, así como diversos arroyos secundarios y terciarios que abastecen de agua dulce a las distintas lagunas, además de los esteros.

La mayor parte de los cuerpos de agua tienen Índices de Calidad del Agua (ICA) aceptable, de acuerdo con la información divulgada por la CNA (1997); siendo sólo tres los que presentan un nivel de contaminación mayor con un ICA entre 50-70 (Pijijiapan, Vado Ancho y Coatán). La principal fuente de contaminación la constituyen los productos agroquímicos y en menor medida, los desechos orgánicos de las ciudades.

Los tipos de vegetación presentes en la Encrucijada son: manglar, popal, tular, vegetación de dunas costeras, sabana y vegetación acuática.

La gran diversidad de ambientes en el área, conjuntamente con su privilegiada situación geográfica, en el corredor que une el norte del continente con el centro y sur del mismo provoca que se encuentre en ella una gran riqueza faunística, destacando especies que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción, la única ave endémica para el estado (*Camphylorhynchus chiapensis*); poblaciones importantes de especies carismáticas como el jaguar (*Panthera onca*), constituyendo uno de los refugios más importantes para éste en Norteamérica.

Entre los municipios de Mapastepec y Pijijiapan, existe un corredor natural que une los dos grandes sistemas lagunares presentes en la Reserva, a través de un cordón estuárico, el cual abarca 2,300 Ha, además constituye un reservorio vital, importante de varias especies de flora y fauna que revisten particular importancia ya sea por ser raras, estar en peligro de extinción o amenazadas como el cigüeñón (*Mycteria americana*), la espátula rosada (*Platalea ajaja*) y el pato pijiji (*Dendrocygna autumnalis*) las cuales conforman en esta zona, la colonia más grande de la Reserva.

Por tal razón, La Encrucijada fue declarada sitio RAMSAR el 20 de marzo de 1996, como Humedal de Importancia Internacional por el sostenimiento de la comunidad de aves migratorias del norte del continente, además de las migratorias locales. Para el área se han reportado 294 especies de aves, de las cuales 94 son migratorias.

Actualmente en el área de La Encrucijada se desarrollan tres tipos de actividades económicas predominantes: la ganadería, la agricultura y la pesca. La actividad ganadera en el área de la Reserva ha implicado la conversión de la vegetación original a la creación de potreros sembrados de pastizales; su expansión se ha visto limitada solamente por las tierras salitrosas cercanas a las zonas de esteros y manglares o por las tierras de cultivo dedicadas a la agricultura.

La agricultura ha contribuido a la transformación de los ecosistemas originales, de tal forma que tierras que antiguamente eran selvas, ahora son campos de cultivo. La principal limitante para este tipo de actividades han sido los manglares y las pampas pobladas de tulares. Por otro lado, las tierras que no son propicias para las actividades anteriores, por ser demasiado salitrosas o por encontrarse en tulares, han sido taladas y la madera se vende ya sea para la construcción de casas o para ser utilizada como postes de secado de hojas de tabaco.

En menor escala, la madera de mangle rojo y blanco se utiliza por los pobladores locales como combustible, materia prima para construcción de casas y refugios provisionales, así como postes para encierros rústicos para la crianza del camarón y para plantar sus redes dentro del agua. Algunos habitantes del área se dedican a la caza y comercialización de fauna silvestre como: iguana, casquito, mapache, caimán, boa y algunas aves que son abundantes en la zona de esteros y lagunas, así como el venado cola blanca, que antes eran abundantes en la zona y ahora se encuentran amenazadas o en peligro de extinción. Las especies más comercializadas en la zona son la iguana verde (*Iguana iguana rhinolopha*) y la tortuga casquito (*Kinosternon cruentatum scorpiodes*), las cuales se utilizan para la elaboración de platillos típicos de la región, que desde épocas prehispánicas son tradicionales. También los loros son comercializados para mascotas y ornato. Las actividades de pesca, se restringen casi exclusivamente a la captura y comercialización del camarón, y en menor escala de algunos peces, existiendo varios grupos pesqueros de media altura para la captura de tiburón (SEMARNAP, 1999).

Materiales y métodos

Para el presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat con sensores: Multispectral Scanner (MSS) y Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), identificadas con el path 22 row 49 y 21/50. En la tabla 1, se observa el tipo de sensor y la cantidad de bandas procesadas de las imágenes de satélite para esta área protegida.

Tabla 1. Características de las imágenes de satélite.

CÓDIGO	SENSOR	FECHA	NUMERO DE BANDAS	IMÁGENES PROCESADAS
2249	MSS	12/Mayo/1975	5	4
	MSS	03/Noviembre/1986	5	4
	MSS	04/Abril/1992	5	4
	ETM	29/Julio/2000	8	6
2150	MSS	15/Febrero/1974	5	4
	MSS	15/Enero/1986	5	4
	MSS	01/Octubre/1990	5	4
	ETM	28/Julio/2000	8	6
TOTAL DE IMÁGENES TRABAJADAS				36

Las imágenes MSS empleadas en el presente estudio fueron proporcionadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que corresponden al proyecto North American Landscape Characterization (NALC) que forma parte del Landsat Pathfinder Program de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Las imágenes MSS, cuentan con una resolución espacial de 79 m (0.62 ha) de lado por cada píxel, con una resolución espectral de 0.5 a 1.1 micras distribuidas en 5 bandas (1, 2, 3, 4, 5) que corresponden al espectro visible y al infrarrojo. Para el estudio se emplearon 4 bandas (1, 2, 3, 4).

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 MSS y 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 sirvieran 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 INEGI, Serie II escala 1:250,000, a nivel comunidad. Con base en 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 los años 1975, 1986, 1992 y 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 La Encrucijada en los años 70's, 80's, 90's y 2000, se agruparon de la siguiente forma, de acuerdo a la clasificación del INEGI (tabla 2).

Tabla 2. Agrupación de los tipos de uso de suelo y Vegetación (INEGI Serie II).

Tipos de Vegetación y uso del Suelo
Manglar
Popal-Tular
Vegetación de dunas costeras
Sabana
Agricultura de temporal
Pastizal cultivado
Cuerpo de agua
Porción marina
Nubes y sombras

La descripción de cada tipo de vegetación corresponde al "Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación" de INEGI, 2000, que se presenta en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Tipos de vegetación y usos del suelo identificados para la Reserva de la Biosfera "La Encrucijada".

Vegetación	Descripción	Especies representativas
Manglar	Vegetación que se desarrolla en las zonas bajas y fangosas de las costas, en esteros, lagunas costeras y estuarios de ríos, siempre bajo la influencia de agua salobre. Se caracteriza porque algunos de sus componentes presentan raíces aéreas en forma de zancos. Pueden desarrollarse como una comunidad densa y alta (más de 20 m) o bien en forma de un matorral bajo, aún tratándose de la misma especie.	<i>Rhizophora mangle</i> (Mangle Rojo), <i>Avicennia germinans</i> (Mangle Negro), <i>Laguncularia recemosa</i> (Mangle Blanco), y <i>Conocarpus erecta</i> (Botoncillo).
Popal	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.	Algunas de las plantas que lo forman son: popoay (<i>Calathea spp</i>), quentó (<i>Thalia geniculata</i>) platanillo (<i>Heliconia spp</i>) y algunas especies gramíneas acuáticas como <i>Leersia spp</i> , <i>Paspalum spp</i> , <i>Panicum spp</i> y <i>Cyperus spp</i> , entre otros.

Tular	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> .
Vegetación de dunas costeras	Comunidad vegetal que se establece en las dunas localizadas a lo largo de las costas, estabilizándolas paulatinamente. Su composición florística suele ser muy variada de un lugar a otro, encontrándose alguna o algunas especies en un mismo sitio. Algunas de estas áreas han sido ocupadas por cultivos permanentes de coco.	<i>Ipomoea pescaprae</i> (Riñonina), <i>Abronia marítima</i> (Alfombrilla), <i>Monanochloe littoralis</i> , <i>Mesembryanthemum</i> spp., <i>Bromelia pinguin</i> (Piñuela o Timbiriche), <i>Chrysobalanus icaco</i> (Icaco), <i>Coccoloba uvifera</i> (Uvero), <i>Crotón punctatus</i> , <i>Opuntia stricta</i> var. <i>dillenii</i> (Nopal), <i>Sporobolus</i> sp.
Sabana	Pradera principalmente de gramíneas y ciperáceas, con vegetación arbórea dispersa, creciendo sobre terrenos con drenaje deficiente y nivel freático superficial; se inundan en época de lluvias y en la de secas los suelos se endurecen y agrietan. Se distribuyen principalmente en las partes bajas inundables de la Llanura Costera del Golfo Sur, Istmo de Tehuantepec y a lo largo de la Costa del Pacífico y estribaciones de la Sierra Madre del Sur.	<i>Crescentia alata</i> , <i>C. cujete</i> (Jícaro o Cuatecomate), <i>Curatella americana</i> (Tachicón o Raspavieja), <i>Byrsonima crassifolia</i> (Nanche).
Agricultura de temporal	Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas y los cultivos reciben únicamente agua de lluvia.	
Pastizal inducido	Es aquel que surge cuando es eliminada la vegetación original. Este pastizal puede aparecer como consecuencia de desmontes de cualquier tipo de vegetación; también puede establecerse en áreas agrícolas abandonadas o bien como productos de áreas que se incendian con frecuencia.	

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 por año. Los cálculos de superficie se realizaron con base a la superficie terrestre del área que corresponde a 115,657 Ha. La verificación de los tipos de vegetación, se realizó por parte del personal de la reserva, tomando como base la clasificación de la cobertura vegetal impresa en donde aplicaron de forma gráfica observaciones y aclaraciones sobre los tipos de uso del suelo y vegetación. Las correcciones se realizaron sobre Arcinfo para obtener la cobertura final.

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:

δ = 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

En el sistema Arcview se realizó la intersección entre las coberturas de cada década, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realizó de la siguiente forma: 70's/80's, 80's/90's, 90's/2000 y 70's/2000. Una vez realizada la intersección, se calculó el área de los polígonos de cambio para generar la base datos, con las propiedades de cada polígono. A partir de esta información se generaron las matrices de Marcov, con los datos de la intersección, donde se muestra las pérdidas y ganancias de cada década como lo muestra Bocco *et al*. 2001. La matriz contiene en el eje vertical los tipos de vegetación forestal y en el horizontal los no forestal, en las celdas se estima la superficie del tipo de vegetación que pasó a otra categoría, permitiendo entender la dinámica de cambio en la cobertura de vegetación y uso de suelo.

Resultados y discusión

Para el análisis se procesaron 36 imágenes de satélite de las que se obtuvieron falsos colores para cada década. La combinación de bandas utilizadas para la generación de compuestos RGB (red, green & blue) se muestran en la tabla 4. En las imágenes MSS, se utilizó un compuesto 421, donde los valores de la vegetación en la banda 4 son muy altos y los de las bandas 2 y 1 muy bajos. Las áreas con este tipo de cobertura aparecen en tonalidades de rojo muy vivas, en la figura 3 se presentan algunos ejemplos de los compuestos usados con muy buenos resultados.

Tabla 4. Combinación de bandas para la elaboración de los compuestos en falso color.

Tipo de sensor	Combinación de bandas
Landsat MSS	421
	321
Landsat ETM	432
	453
	452

Las cuatro coberturas obtenidas como resultado de la modificación de la información de uso del suelo y vegetación INEGI serie II, 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.

Como resultado del cruce entre las coberturas de las diferentes décadas, se obtuvieron las zonas de cambio con las que se calculó la superficie transformada que se presenta por periodo.

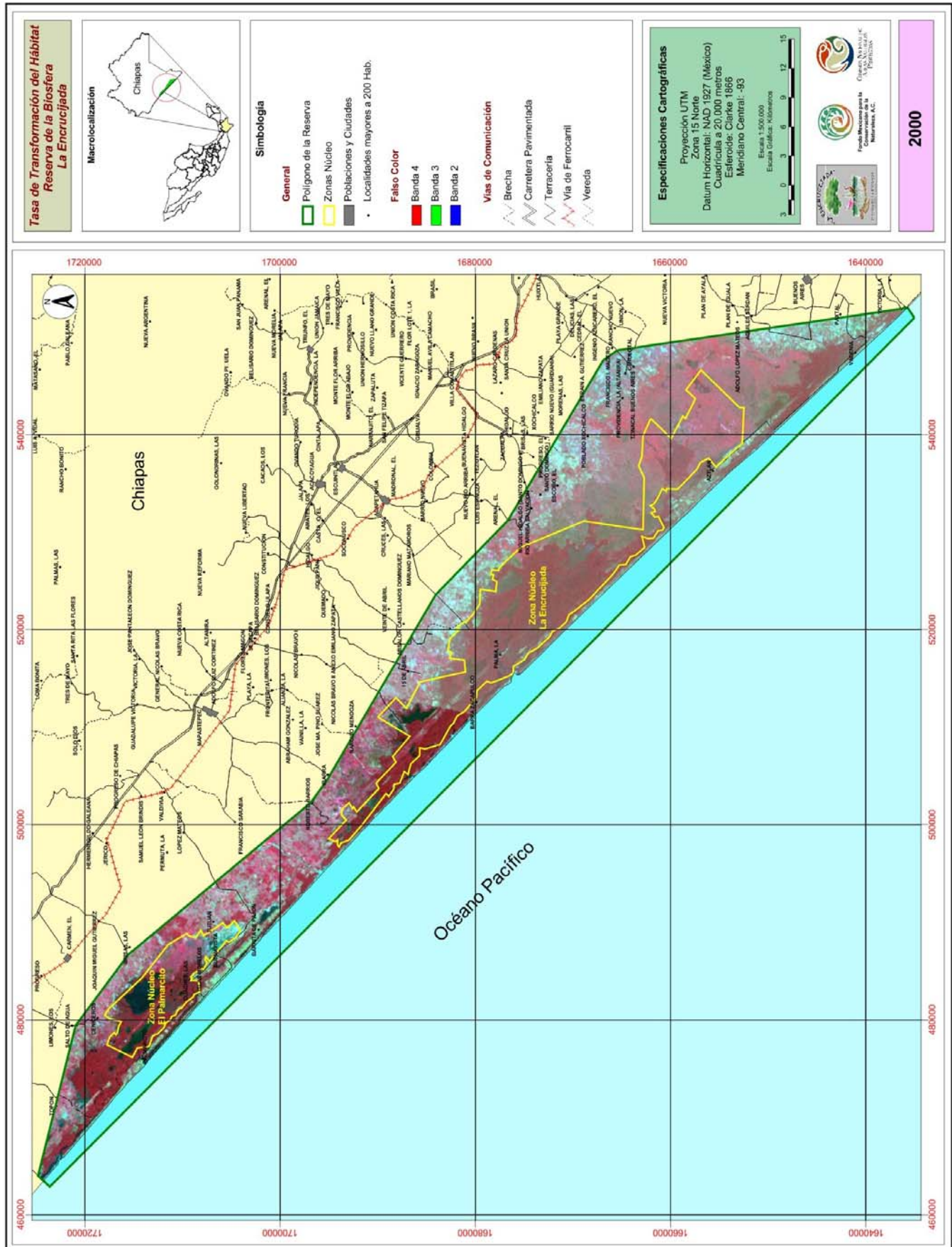


Figura 3. Falso color RGB (432) año 2000 Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5, donde se observa que para el año de 1975 el área presentaba una transformación de 13,316 Ha, correspondiente al 9.19% y para el año de 1986 presentaba una superficie transformada de 17,416 Ha que corresponden al 12.02% de la superficie total terrestre, siendo la agricultura de temporal la principal actividad antrópica.

Para 1992, el área presentó un incremento en las superficies transformadas llegando a 25,290 Ha, que corresponden al 17.46% de la superficie total terrestre. Tres años después en 1995, se decreta la zona como Reserva de la Biosfera.

En el año 2000, la superficie transformada se incremento a 28,816 Ha, 19.89% de la superficie total terrestre, siendo la agricultura de temporal la principal actividad, seguido por el pastizal inducido (tabla 5).

Tabla 5. Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la reserva de la biosfera La Encrucijada en el periodo de 1975-2000.

TIPO DE VEGETACION	1975	%	1986	%	1992	%	2000	%
Forestal								
Manglar	34,151	23.6	32,275	22.3	32,041	22.1	31,243	21.6
Popal-tular	44,135	30.5	38,825	26.8	34,573	23.9	31,443	21.7
Vegetación de dunas costeras	709	0.5	696	0.5	650	0.4	741	0.5
Sabana	16,726	11.5	18,083	12.5	16,515	11.4	16,224	11.2
Cuerpo de agua	5,996	4.1	5,453	3.8	6,353	4.4	7,177	5.0
Nubes y sombras	624	0.4	2,909	2.0	235	0.2	13	0.0
	102,341	70.64	98,241	67.81	90,367	62.38	86,841	59.94
No Forestal								
Agricultura de temporal	8,721	6.0	11,735	8.1	16,530	11.4	18,899	13.0
Pastizal inducido	4,595	3.2	5,681	3.9	8,760	6.0	9,917	6.8
	13,316	9.19	17,416	12.02	25,290	17.46	28,816	19.89
Porción marina	29,214	20.2	29,214	20.2	29,214	20.2	29,214	20.2
Total	144,871	100	144,871	100	144,871	100	144,871	100

La Reserva de la Biosfera La Encrucijada cuenta con un polígono que representa a la porción marina, este valor se mantiene constante para el cálculo de la tasa de transformación del hábitat.

La superficie de los tipos de vegetación para las zonas núcleo y zona de amortiguamiento se describen en la tabla 6, donde se observa que en las zonas núcleo, predominan los tipos de vegetación de manglar y popal-tular. En cuanto al uso de suelo presentes en las zonas núcleo, en el año de 1992, anterior al establecimiento como reserva se encontraban 1,453 Ha de agricultura de temporal y 428 Ha de pastizal inducido, mismos que se incrementan en la siguiente década.

Tabla 6. Tipo de vegetación y uso de suelo dentro de la zona núcleo y amortiguamiento.

Tipo de vegetación y uso de suelo	Zona	70's (Ha)	80's (Ha)	90's (Ha)	2000 (Ha)
Manglar	Núcleo	19,034	19,679	19,312	19,082
	Amortiguamiento	15,117	12,596	12,729	12,161
Popal-Tular	Núcleo	12,152	12,079	11,030	10,262
	Amortiguamiento	31,983	26,746	23,543	21,181
Vegetación de dunas costeras	Núcleo		1		1
	Amortiguamiento	710	695	649	740
Sabana	Núcleo	118	140	434	596
	Amortiguamiento	16,608	17,943	16,081	15,628
Cuerpo de agua	Núcleo	4,319	3,564	4,285	4,653
	Amortiguamiento	1,677	1,889	2,069	2,524
Nubes y sombras	Núcleo	64		38	
	Amortiguamiento	560	2,909	197	13
Agricultura de temporal	Núcleo	993	1,123	1,453	1,900
	Amortiguamiento	7,728	10,612	15,077	16,999
Pastizal inducido	Núcleo	300	394	428	486
	Amortiguamiento	4,295	5,287	8,332	9,431
Porción Marina	Núcleo				
	Amortiguamiento	29,214	29,214	29,214	29,214

En cuanto a la zona de amortiguamiento, la vegetación que predomina es el popal-tular, la sabana y manglar; los tipos de uso de suelo que predominaban en el año de 1975 eran la agricultura de temporal y el pastizal inducido, mismos que se incrementan para los siguientes años (tabla 6).

Los tipos de vegetación descritos en la tabla 5 y 6, agrupados en vegetación forestal y no forestal se presentan en la tabla 7, donde se puede observar su comportamiento a lo largo del tiempo.

Tabla 7. Superficie forestal en hectáreas para la reserva de la biosfera La Encrucijada en el periodo de 1975-2000.

	FORESTAL	%	NO FORESTAL	%
SUPERFICIE TERRESTRE	115,657			
1975	102,341	88.49	13,316	11.51
1986	98,241	84.94	17,416	15.06
1992	90,367	78.13	25,290	21.87
06 de junio de 1995, se decreta como Reserva de la Biosfera				
2000	86,841	75.09	28,816	24.91

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 8.

Tabla 8. Tasa de transformación del hábitat para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada en el periodo 1975-2000.

Periodo	S1 (Ha)	S2 (Ha)	Cambio (Ha)	Años	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/ año	Cambio acumulado (Ha)
1975-1986	102,341	98,241	-4,100	11	0.00371	0.37	373	-4,100
1986-1992	98,241	90,367	-7,874	6	0.01383	1.38	1,312	-11,974
1992-2000	90,367	86,841	-3,526	8	0.00496	0.50	441	-15,500
1975-2000	102,341	86,841	-15,500	25	0.00655	0.65	620	-15,500

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la reserva de la biosfera La Encrucijada en el año de 1975, donde el patrón de vegetación es el siguiente:

Predomina el tipo de vegetación popal-tular en la región sur de la reserva, seguido de éste se encuentra el manglar, el cual se extiende a lo largo de toda el área, concentrándose en la región centro-sur. Finalmente la sabana predomina en la porción norte y centro de la reserva. Así mismo, se pueden observar importante cuerpos de agua.

En cuanto a los usos de suelo se ubican en su mayor parte la agricultura de temporal que tiene una marcada presencia en forma de manchones en toda el área, así como el pastizal inducido, aunque en menor proporción.

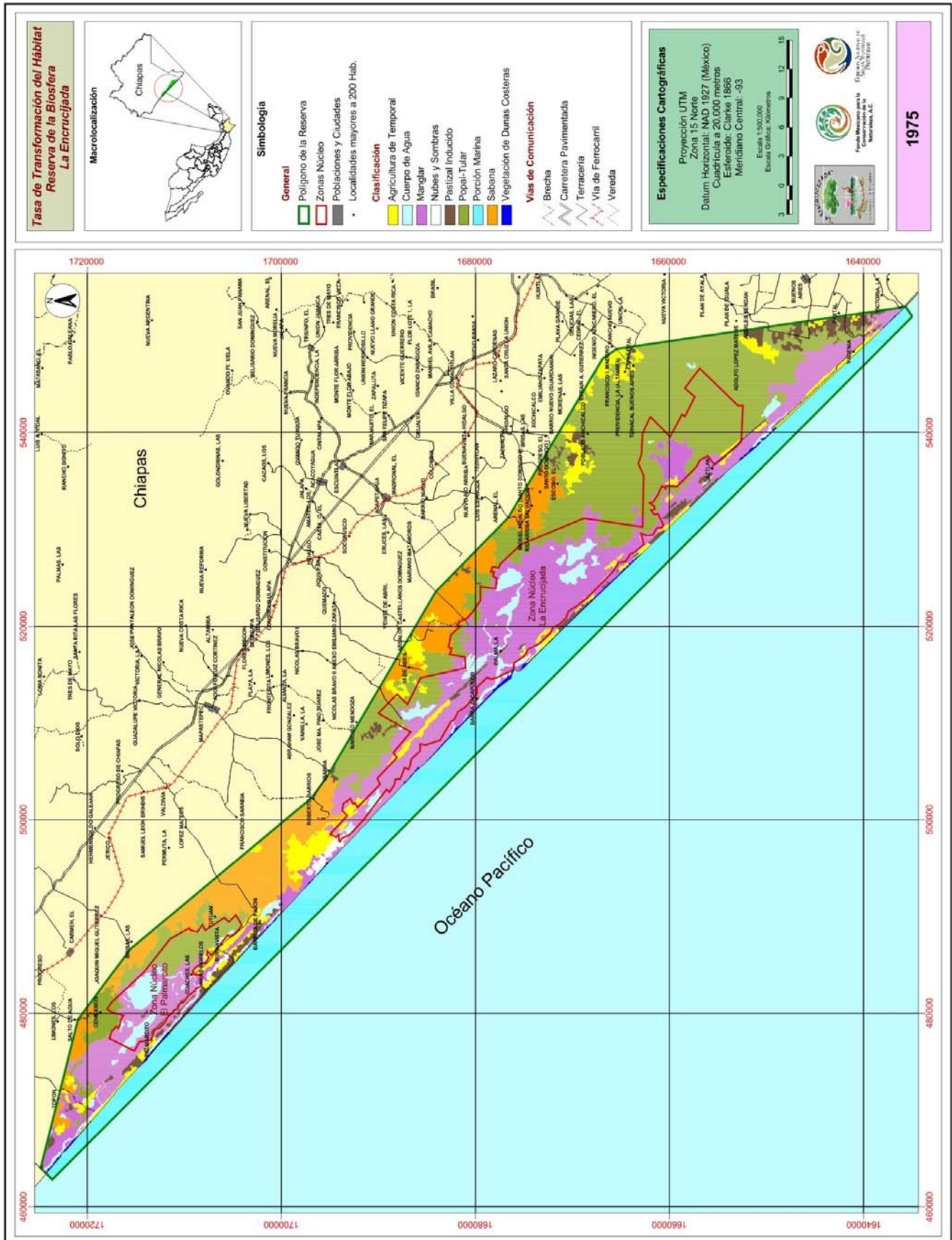


Figura 4. Uso del Suelo y Vegetación en 1975 para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

En el periodo 1975-1986, el área del polígono presentó una transformación de 4,100 Ha, con una tasa de 0.37% (373 ha/año), que sumadas a las 13,316 Ha ya transformadas en 1975 (tabla 7 y 8) da como resultado que en 1986 el área presente 17,416 Ha transformadas por actividades antrópicas, donde la agricultura de temporal y el pastizal inducido, tuvieron un avance mayor en la vegetación de popal-tular (tabla 9).

Tabla 9. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo 1975 y 1986.

Vegetación y uso de suelo 70's a 80's	Transformación (Ha)	
	Agricultura de temporal	Pastizal inducido
Forestal		
Manglar	-800	-473
Popal-tular	-1,857	-1,360
Vegetación de dunas costeras	-11	-22
Sabana	-418	220
Cuerpo de agua	-16	-15
Nubes y sombras	45	607
Total	-3,057	-1,043
-4,100 Ha. transformadas en el periodo.		

En la figura 5, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la reserva de la biosfera La Encrucijada en el año de 1986, donde se observa el incremento de las áreas transformadas en agricultura, principalmente en la región cercana al Palmarcito, en donde la zona núcleo del mismo nombre ha sido afectada, así mismo en la región sureste de la reserva en los límites del polígono del ANP, también se refleja este patrón, por otro lado también se observan importantes áreas convertidas a pastizal inducido al sureste y sur de la reserva.

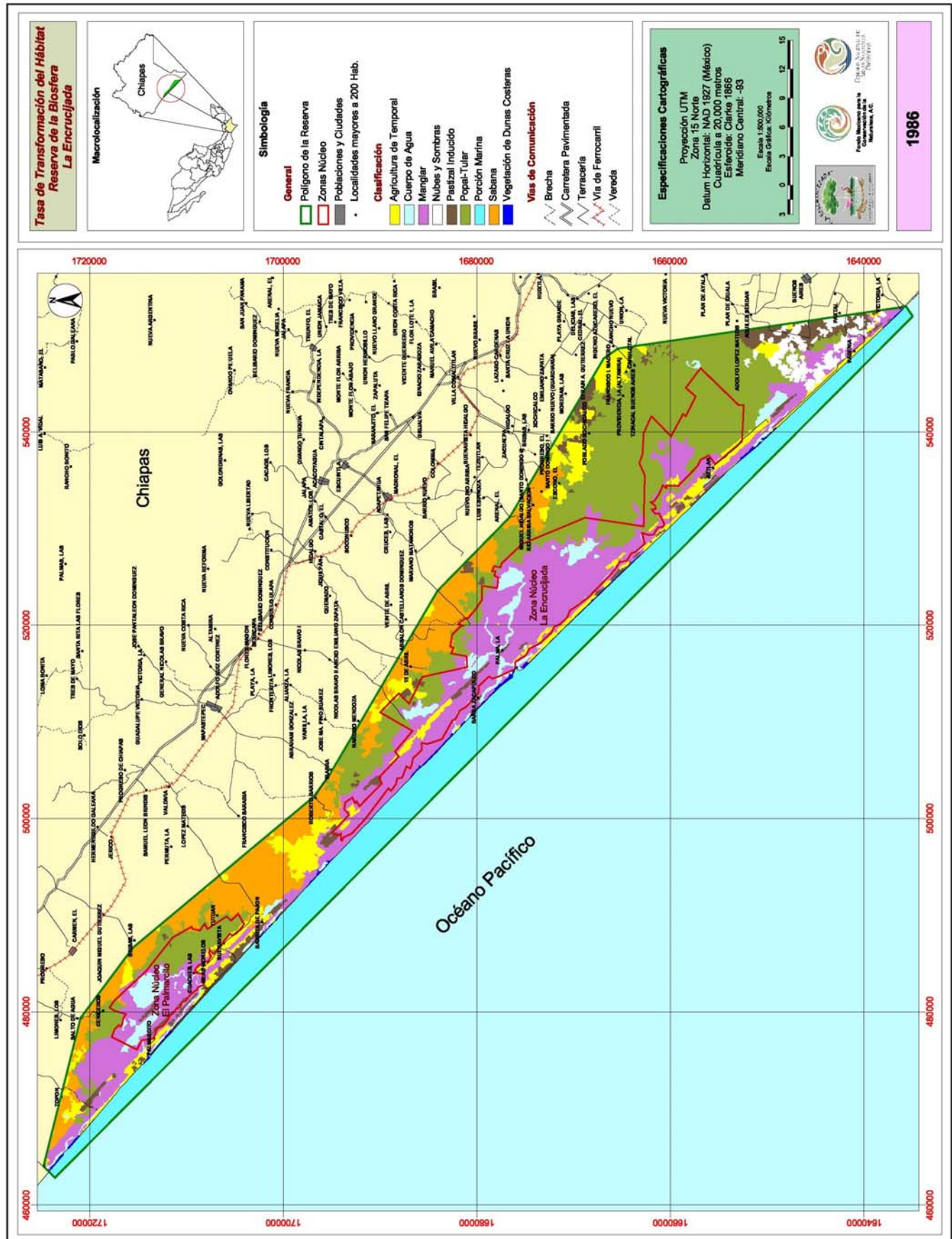


Figura 5. Uso del Suelo y Vegetación en 1986 para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

En el periodo 1986-1992 se presenta una tasa de transformación de 1.38% (1,312 ha/año), transformándose una superficie de 7,874 Ha que sumado a las 17,416 Ha que se encontraban en 1986 da como resultado una superficie de 25,290 Ha presentes en el año de 1992. En la tabla 10, se observa un crecimiento de las áreas de pastizal inducido sobre la vegetación de popal-tular.

Tabla 10. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo 1986 y 1992.

Vegetación y uso de suelo 80's a 90's	Transformación (Ha)	
	Agricultura de temporal	Pastizal inducido
Forestal		
Manglar	-707	-51
Popal-tular	-1,456	-1,653
Vegetación de dunas costeras	-6	7
Sabana	-2,275	-499
Cuerpo de agua	3	-3
Nubes y sombras	-661	-573
Total	-5,102	-2,772
-7,874 Ha. transformadas en el periodo.		

En la figura 6, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la reserva de la biosfera La Encrucijada en el año de 1992, donde se observa un crecimiento en las áreas con pastizal inducido y agricultura de temporal principalmente sobre la vegetación de popal-tular y sabana.

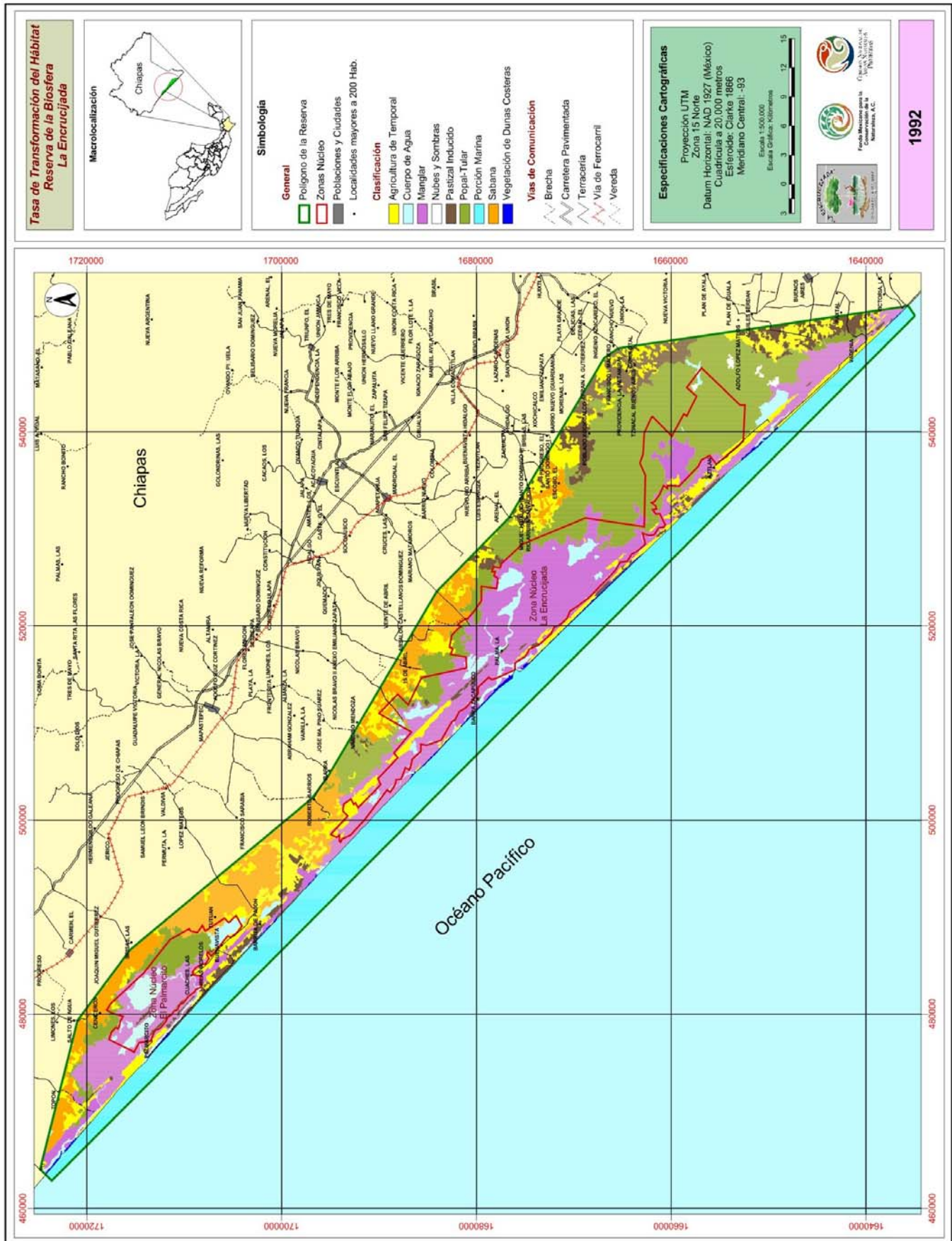


Figura 6. Uso del Suelo y Vegetación en 1992 para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

La tabla 11, muestra los resultados del último periodo 1992-2000 con una transformación en ocho años de 3,526 Ha, y una tasa de 0.50% (441 Ha/año), dando como resultado que para el año 2000 se presentan aproximadamente 28,816 Ha de áreas transformadas (tabla 7), lo que representa el 24.91% de la superficie terrestre de la reserva. En este periodo se observa como la agricultura de temporal y el pastizal inducido continúan transformando los distintos tipos de vegetación principalmente el que corresponde a popal-tular y la sabana.

Tabla 11. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo 1992 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 90's a 2000	Transformación (Ha)	
	Agricultura de temporal	Pastizal inducido
Forestal		
Manglar	-305	32
Popal-tular	-1,377	-967
Vegetación de dunas costeras	2	
Sabana	-1,044	130
Cuerpo de agua	86	-15
Nubes y sombras	-4	
Total	-2,642	-884
-3,526 Ha. transformadas en el periodo.		

En la figura 7, se puede observar los tipos de vegetación y uso de suelo para la reserva de la biosfera La Encrucijada en el año 2000, en donde las áreas de agricultura de temporal han transformado en forma considerable a la vegetación de popal-tular y a la sabana principalmente, sin embargo, también el manglar se ve afectado en la zona central del área.

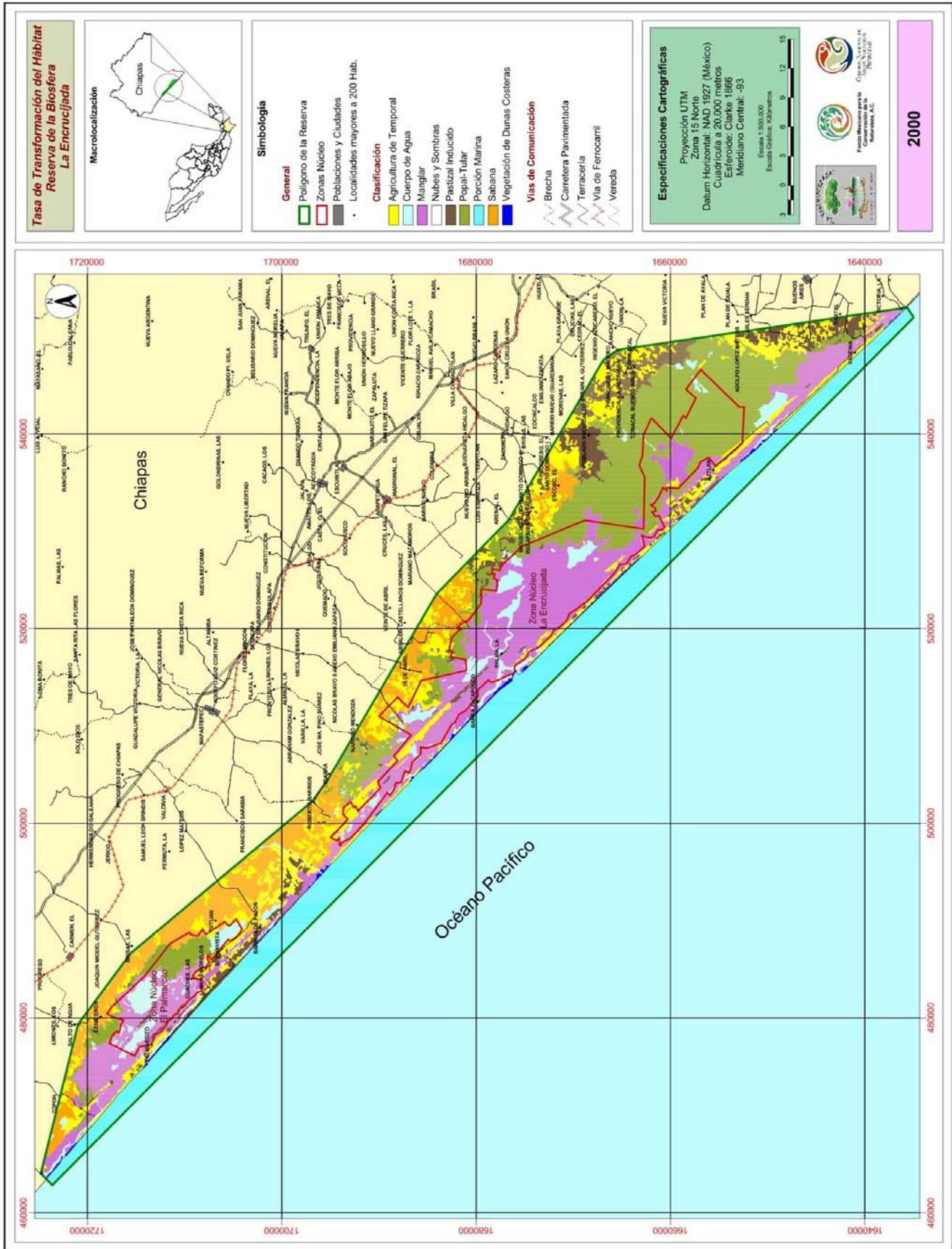


Figura 7. Uso del Suelo y Vegetación en el 2000 para la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

En la tabla 12, se muestra la transformación del hábitat que ha sufrido la reserva de la biosfera La Encrucijada de 1975 al 2000, en donde en un periodo de 25 años se han transformado 15,500 Ha con una tasa de 0.65% (620 ha/año).

Los usos del suelo que se presentan dentro de la reserva son: la agricultura de temporal y el pastizal inducido (tabla12). Estas actividades tienen un impacto sobre el popal-tular, sabana y manglar. Donde la agricultura de temporal ha transformado los ecosistemas en mayor proporción.

Tabla 12. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo de 1975 y 2000.

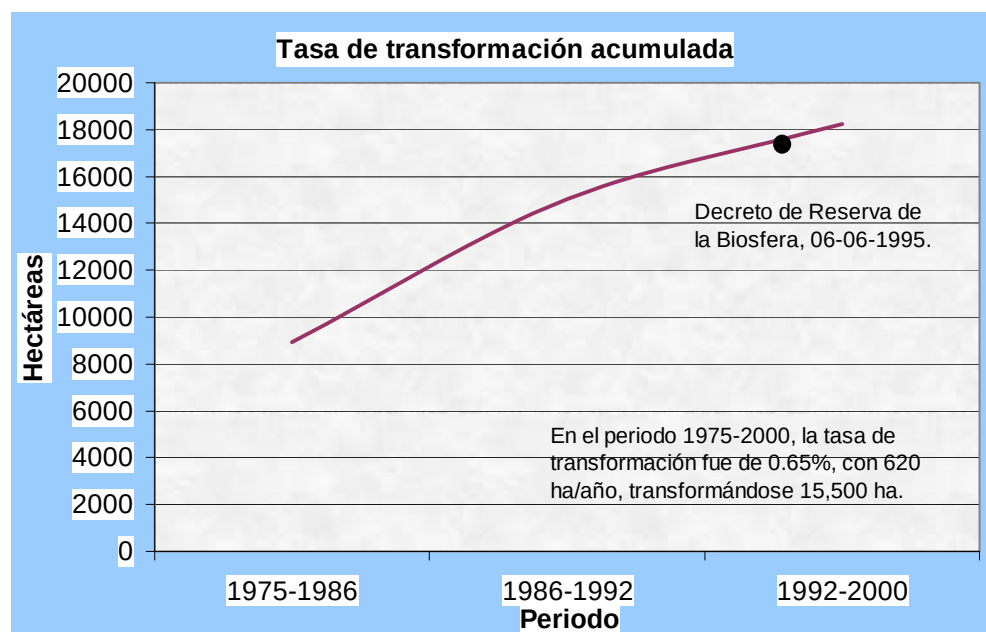
Vegetación y uso de suelo 70's a 2000	Transformación (Ha)	
	Agricultura de temporal	Pastizal inducido
Forestal		
Manglar	-2,200	-336
Popal-tular	-4,987	-4,236
Vegetación de dunas costeras	-18	-16
Sabana	-3,129	-464
Cuerpo de agua	17	-24
Nubes y sombras	-71	-36
Total	-10,388	-5,112
-15,500 Ha. transformadas en el periodo.		

La figura 8, se presenta la transformación del hábitat en el periodo correspondiente a 1975-2000, en color amarillo se marcan los usos del suelo presentes en el año de 1975 y con colores las zonas en donde las actividades antrópicas han avanzado sobre los tipos de vegetación en este periodo. Se observa un avance de la frontera agrícola hacia el interior de la reserva, incluso se presenta transformación del hábitat en las zonas núcleo.

La tendencia a la transformación del hábitat en el polígono que delimita la reserva se puede apreciar en la tabla 13, gráfica 1, en donde se muestran los valores de la superficie transformada acumulada en los tres periodos analizados. El periodo que presenta una mayor superficie transformada es durante los 80's-90's, la cual disminuye en el siguiente periodo, mostrando una tendencia a estabilizar la curva, a mitad de este periodo se establece el área como ANP.

Tabla 13. Tasa de transformación del hábitat de la Reserva de la Biosfera La Encrucijada.

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					
	70's	80's	90's		00				
Superficie en el periodo (Ha/año)		4,100 (373)	7,874 (1,312)	3,526 (441)			0.65	620	25
Superficie acumulada		4,100	11,974			15,500			
	Periodo en que se decretó el ANP								



Gráfica 1. Tendencia a la transformación del hábitat de la reserva de la biosfera "La Encrucijada"

La gráfica muestra un incremento en la transformación del hábitat con una tendencia a estabilizarse en el último periodo, sin embargo, es importante mencionar que para el año 2000 la reserva presentaba una superficie transformada de aproximadamente el 25% de la superficie terrestre.

La agricultura de temporal ha contribuido en mayor proporción a la transformación de los ecosistemas originales, mientras que la actividad ganadera ha transformado gran parte de la vegetación original en potreros sembrados de pastizales.

La clasificación del uso del suelo y vegetación que se presenta en el 2000 para la reserva servirá de base para conocer la tendencia de la transformación del hábitat en los tipos de vegetación por las actividades antrópicas o bien en la reconversión de la cobertura vegetal como resultado de los programas de restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en la reserva.

Conclusiones

La tasa de transformación del hábitat obtenida para el polígono de la reserva de la biosfera La Encrucijada en el periodo 1975-2000 fue de 0.65% con 620 ha/año con una transformación total en 25 años de 15,500 Ha. Presentado el área 28,816 ha transformadas por actividades humanas en el año 2000 lo que corresponde al 24.91% de la superficie terrestre del área y el 19.9% de la superficie total.

En el periodo 1992-2000 se establece el Área Natural Protegida, en este periodo se presenta una tasa de transformación de 0.50% (441 ha/año), lo que representa que en este periodo se transformarían 3,526 Ha.

La transformación del hábitat por actividades humanas, son debido a los desmontes para la agricultura y pastizales para potreros, que se encuentran en zonas donde anteriormente se encontraban vegetación de popal-tular, sabana y manglar.

Los datos que aquí se presentan 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 aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en la reserva.

Si bien las imágenes de satélite son una herramienta para conocer los cambios en la cobertura vegetal en general, considerando las características del área, se requiere de información a mayor detalle que permita elaborar instrumentos de planificación para el adecuado manejo de los ecosistemas terrestres presentes en 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. pp. 71-83

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., Díaz, S., Melgareno, 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.

Dirzo R., García M. 1992. Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico. Instituto de Geografía, UNAM. 84-86 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, 1999. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera "La Encrucijada". Instituto Nacional de Ecología. México. 11-27 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.