

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE  
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT EN LA  
RESERVA DE LA BIOSFERA  
“MONTES AZULES”  
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 Ruíz*

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 “Montes Azules”, 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.....  | 12 |
| CONCLUSIONES.....            | 19 |
| LITERATURA CITADA .....      | 20 |



## **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 "Montes Azules", sin embargo es necesario considerar que estas zonas son sujetas continuamente a las actividades humanas, por lo que es importante conocer el estado de los ecosistemas a través del tiempo.

Con el propósito de evaluar los ecosistemas y establecer un manejo adaptativo en las áreas protegidas con base en la experiencia adquirida, es necesario contar con un sistema de monitoreo que coadyuve a plantear estrategias para el uso sustentable de los recursos naturales.

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 TM y ETM+ correspondientes a las décadas de los 90's y 2000. A fin de determinar la tasa de transformación del hábitat mediante un análisis retrospectivo de la reserva, para lo cual fueron agrupados los tipos de vegetación y uso del suelo por década en dos categorías: forestal y no forestal.

Los resultados obtenidos para el año 2000 indican que la reserva de la biosfera Montes Azules, cuenta con una superficie transformada de 31,288 Ha, y que el periodo 1996-2000 se presentó una tasa de 0.33%, equivalente a 974 Ha/año. Donde el avance del pastizal inducido y la frontera agrícola se presenta principalmente sobre la selva alta y mediana perennifolia y el bosque de pino.

## 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 períodos 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 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 PRODESA (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 Montes Azules, a partir de 1994 cuenta con personal responsable de la administración y como parte del FANP a partir de 1997, cuenta con financiamiento que garantiza la operación básica y ha permitido 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**

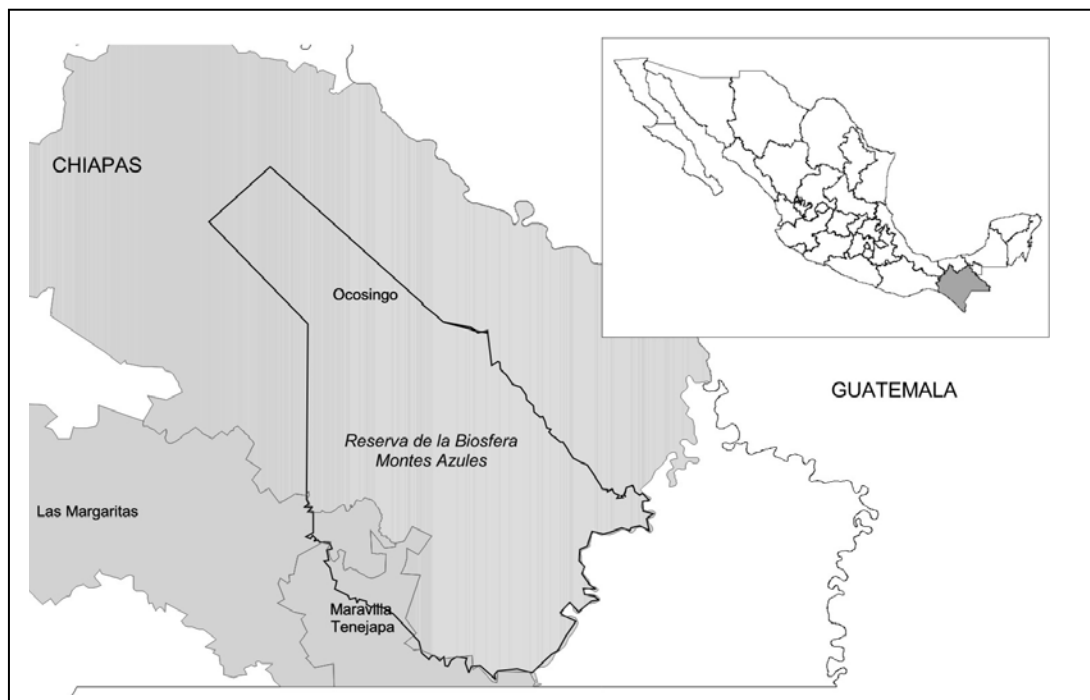
Determinar la tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera "Montes Azules", utilizando imágenes de satélite del periodo 1996-2000.

## 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 Montes Azules comprende un área de 331,200 ha, fue decretada el 12 de enero de 1978 como Zona de Protección Forestal y Reserva Integral de la Biosfera, y recategorizada como Reserva de la Biosfera mediante acuerdo secretarial el 7 de junio del 2000, comprende los municipios de Ocosingo, las Margaritas y Maravilla Tenejapa en el estado de Chiapas (figura 2).



**Figura 2.** Localización de la Reserva de la Biosfera Montes Azules.

El área está localizada dentro de la subprovincia Sierra de Chiapas, presenta variaciones altitudinales que van desde los 200 m. s. n. m. en el Río Lacantún y una altitud máxima de 1,500 m. s. n. m. en la región norte, en la meseta del Ocotál, las características geomorfológicas presentes en la región están definidas por tres tipos principales: valles de importancia por su posición topográfica y alto grado de fracturamiento, conformado por rocas calizas; planicies, lomeríos someros; y relieve de origen aluvial en los márgenes de las corrientes hidrológicas. Las formaciones que predominan son rocas calizas, con suelos delgados en fase crómica, y porciones orgánicas de texturas finas y medias, de tonalidades negras, café rojizo o rojo y amarillento.

La Reserva de la Biosfera Montes Azules por su posición geográfica contiene ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, comunidades y organismos altamente representativos del trópico del sureste mexicano y de una porción de Centroamérica. Contiene elementos representativos de la zona neotropical y algunos del neártico. La selva alta perennifolia, es el tipo de vegetación predominante y esta considerado como el ecosistema más rico y complejo de todas las comunidades vegetales del mundo, sumado a esto, es hábitat de un gran número de especies animales, algunos de ellos endémicos, raros, amenazados o en peligro de extinción, es considerada también como un importante contribuyente al macizo forestal tropical de la selva maya, el cual es el más grande en extensión después del Amazonas.

La región hidrológica donde se ubica la Selva Lacandona, sitio donde esta enclavada la Reserva de la Biosfera Montes Azules es una de las más extensas del país, incluye cuencas hidrográficas cuyos aportes pertenecen básicamente al sistema Grijalva-Usumacinta. La totalidad de la reserva se ubica en la cuenca del Río Lacantún, la cual es importante no solo porque es uno de los principales factores de equilibrio ecológico de los ecosistemas, sino porque los Ríos Lacantún, Jataté y Lacanjá son los límites de la reserva, lo que ha permitido frenar las incursiones de asentamientos humanos al convertirse en frontera natural de la misma.

Las condiciones climáticas de la región están fuertemente determinadas por los vientos alisios, que dominan el área de junio a noviembre y por los contralisios y las masas de aire polar que ejercen su dominio durante los meses de diciembre a mayo. La temperatura a nivel regional presenta dos máximas en el año, la primera durante el mes de mayo, y la segunda en agosto en plena época de lluvias. La disminución de la temperatura al aumentar la altitud varía desde 0.3° C por cada 100 m de altitud, hasta 0.9° C por cada 100 m de aumento en la parte central de las laderas, explicable por la exposición del sistema montañoso a los vientos. La cantidad de precipitación anual se ve afectada en su

distribución por el relieve accidentado de las montañas de Chiapas, la precipitación en la región varía de los 2,500 a los 3,500 mm en promedio al año.

En cuanto a la vegetación original de la reserva, esta corresponde a las selvas alta y mediana perennifolia, sin embargo también se encuentran otros tipos de vegetación de acuerdo con características físicas como son: bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque ripario, jimbales y sabana.

La Selva Lacandona es una de las regiones con mayor biodiversidad, que está identificada como una de las zonas prioritarias para la conservación en México, sin embargo en esta reserva también se pueden observar ciertos problemas relacionados con el uso y aprovechamiento de los recursos, tales como: indefinición de la tenencia de la tierra; asentamientos irregulares en diversas regiones de la reserva como los márgenes de las lagunas y los ríos; incidencia de incendios forestales debido a prácticas de roza, tumba y quema y por fenómenos climatológicos; procesos de deforestación y acelerado proceso de cambio de uso de suelo de zonas forestadas a agrícolas y ganaderas; expansión de la frontera agropecuaria; pérdida de la práctica agrícola tradicional; alto crecimiento demográfico por arriba del promedio nacional; cacería furtiva; saqueo de flora y fauna silvestres; conflictos sociales y políticos, etc. (SEMARNAP,2000).

## Materiales y métodos

Para el presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat con sensores: Thematic Mapper (TM) y Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), identificadas con el path 20, row 49, path 21 row 48 y 49. En la tabla 1, se observa el tipo de sensor, fecha 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             | NÚMERO DE BANDAS | IMÁGENES PROCESADAS |
|--------------------------|--------|-------------------|------------------|---------------------|
| 21/48                    | TM     | 15/Marzo/1996     | 7                | 6                   |
|                          | ETM    | 26/Julio/2000     | 8                | 6                   |
| 21/49                    | TM     | 12/Diciembre/1996 | 7                | 6                   |
|                          | ETM    | 26/julio/2000     | 8                | 6                   |
| 20/49                    | TM     | 19/Marzo/1994     | 7                | 6                   |
|                          | ETM    | 25/Julio/2000     | 8                | 6                   |
| <b>TOTAL DE IMÁGENES</b> |        |                   | <b>45</b>        | <b>36</b>           |

Las imágenes 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 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 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 los años 1996 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 "Montes Azules", en los años 90's y 2000, se muestran en la tabla 2, de acuerdo a la clasificación del INEGI Serie II.

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

| <b>Tipos de vegetación y uso del suelo</b> |
|--------------------------------------------|
| Bosque de pino                             |
| Cuerpo de agua                             |
| Selva alta y mediana perennifolia          |
| Agricultura de temporal                    |
| Área incendiada                            |
| Pastizal inducido                          |
| Sabana                                     |
| Vegetación secundaria                      |
| Zona urbana                                |

La descripción de cada tipo de vegetación corresponde al "Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación" de INEGI, 2000, (tabla 3).

**Tabla 3.** Tipos de vegetación identificados para la reserva de la biosfera "Montes Azules".

| Vegetación                        | Descripción                                                                                                                                                                                                                                              | Especies representativas                                                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Bosque de pino</b>             | Comunidad vegetal constituida por diferentes especies del género <i>Pinus</i> , de amplia distribución en las cadenas montañosas de todo el país, desde cerca de los 300 m de altitud hasta los 200 m en el límite altitudinal de la vegetación arbórea. | <i>Pinus</i> spp.                                                                         |
| <b>Selva alta perennifolia</b>    | Vegetación arbórea de 30 m o más de altura en climas cálido húmedos con estación seca breve, o sin estación seca, menos del 25% de los árboles pierden follaje a lo largo del año.                                                                       | <i>Terminalia amazonia</i> ,<br><i>Swietenia macrophylla</i> , <i>Guatteria anomala</i> . |
| <b>Selva mediana perennifolia</b> | Comunidad arbórea muy similar a la selva alta perennifolia, de 20 a 30 m de altura.                                                                                                                                                                      |                                                                                           |
| <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>Sabana</b>                     | Comunidad formada principalmente por gramíneas y ciperáceas, con árboles dispersos. En suelos con drenaje deficiente e incendios periódicos, en zonas tropicales.                                                                                        | <i>Curatella</i> y <i>Byrsonima</i> .                                                     |
| <b>Pastizal inducido</b>          | Se desarrolla al eliminarse la vegetación original (bosque, selva, matorral, otros), o en áreas agrícolas abandonadas.                                                                                                                                   |                                                                                           |
| <b>Vegetación secundaria</b>      | Estado sucesional de la vegetación, cuando algún tipo de indicio de la vegetación original fue eliminada o perturbada a un grado en el que ha sido modificada profundamente.                                                                             |                                                                                           |

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 en el polígono establecido en el decreto de 1978.

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 período

$S_2$  = superficie forestal, al final del período

$n$  = número de años entre las dos fechas

En el sistema Arcview se realizó la intersección entre las coberturas del periodo, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realizó con las imágenes de los 90's y 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 Markov, 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.

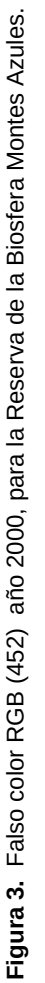
## Resultados y discusión

Para el análisis se procesaron 36 imágenes de satélite de las que se obtuvieron falsos colores para el periodo. La combinación de bandas utilizadas para la generación de compuestos RGB (red, green & blue) se muestran en la tabla 4. 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 TM     | 432                   |
| Landsat ETM    | 453                   |
|                | 452                   |





Las 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.

Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 5, donde se puede observar que en el año de 1996, el área presentó una superficie forestal de 300,551 Ha (91.65%) predominando la selva alta y mediana perennifolia y para el año 2000, la superficie forestal ocupaba 296,656 Ha (90.46%) del área.

Respecto a la superficie transformada, se observa que para 1996 había una transformación de 27,393 Ha, el 8.35% del área total, en donde la agricultura de temporal predominaba. Y para el año 2000, la superficie transformada llegó a ocupar 31,288 ha (9.54%), lo que significa que entre 1996 y el año 2000 se transformaron 3,895 ha que representan el 1.18 % de la superficie del área.

**Tabla 5.** Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la reserva de la biosfera Montes Azules

| TIPO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO | 1996           | %            | 2000           | %            |
|-----------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|
| <b>Vegetación forestal</b>        |                |              |                |              |
| Bosque de pino                    | 4,311          | 1.31         | 3,051          | 0.93         |
| Cuerpo de agua                    | 4,378          | 1.33         | 4,378          | 1.33         |
| Selva alta y mediana perennifolia | 290,265        | 88.51        | 287,645        | 87.71        |
| Sabana                            | 1,597          | 0.49         | 1,582          | 0.48         |
|                                   | <b>300,551</b> | <b>91.65</b> | <b>296,656</b> | <b>90.46</b> |
| <b>Vegetación no forestal</b>     |                |              |                |              |
| Agricultura de temporal           | 16,534         | 5.04         | 17,916         | 5.46         |
| Área incendiada                   | 335            | 0.10         | 719            | 0.22         |
| Pastizal inducido                 | 7,296          | 2.22         | 9,242          | 2.82         |
| Vegetación secundaria             | 2,901          | 0.88         | 3,045          | 0.93         |
| Zona urbana                       | 327            | 0.10         | 366            | 0.11         |
|                                   | <b>27,393</b>  | <b>8.35</b>  | <b>31,288</b>  | <b>9.54</b>  |

Los tipos de vegetación señalados en la tabla 5, agrupados en vegetación forestal y no forestal, se presentan en la tabla 6, donde se puede observar el incremento de la superficie no forestal del 8.35% en 1996 al 9.54 % en el 2000.

**Tabla 6.** Superficie forestal en hectáreas para la reserva de la biosfera Montes Azules en el período de 1996-2000.

|                                                             | FORESTAL       | %     | NO FORESTAL | %    |
|-------------------------------------------------------------|----------------|-------|-------------|------|
| <b>SUPERFICIE TOTAL</b>                                     | <b>327,944</b> |       |             |      |
| 12 de enero de 1978, se decreta como Reserva de la Biosfera |                |       |             |      |
| 1996                                                        | 300,551        | 91.65 | 27,393      | 8.35 |
| 2000                                                        | 296,656        | 90.46 | 31,288      | 9.54 |

La tasa de transformación del hábitat se calculó aplicando la formula a los resultados obtenidos en la agrupación de clases de la vegetación forestal y no forestal, y los resultados se presentan en la tabla 7.

**Tabla 7.** Tasa de transformación del hábitat en la reserva de la biosfera Montes Azules en el período 1996-2000.

| Período       | S1<br>(Ha) | S2<br>(Ha) | Cambio<br>(Ha) | años | Tasa de<br>cambio | (%) Tasa<br>de cambio<br>anual | Ha/año | Cambio<br>acumulado<br>(Ha) |
|---------------|------------|------------|----------------|------|-------------------|--------------------------------|--------|-----------------------------|
| 1996-<br>2000 | 300,551    | 296,656    | -3,895         | 4    | 0.00326           | 0.33                           | 974    | 3,895                       |

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para la reserva de la biosfera Montes Azules en el año 1996, donde se observa que la vegetación se encuentra distribuida principalmente en selva alta y mediana perennifolia, siendo ésta la predominante en el área, ya que abarca casi la totalidad del polígono de la reserva, así mismo se observa un pequeño manchón de bosque de pino al noroeste, por otro lado se observa un porcentaje importante de agricultura de temporal y pastizal inducido en la región norte y suroeste del área.



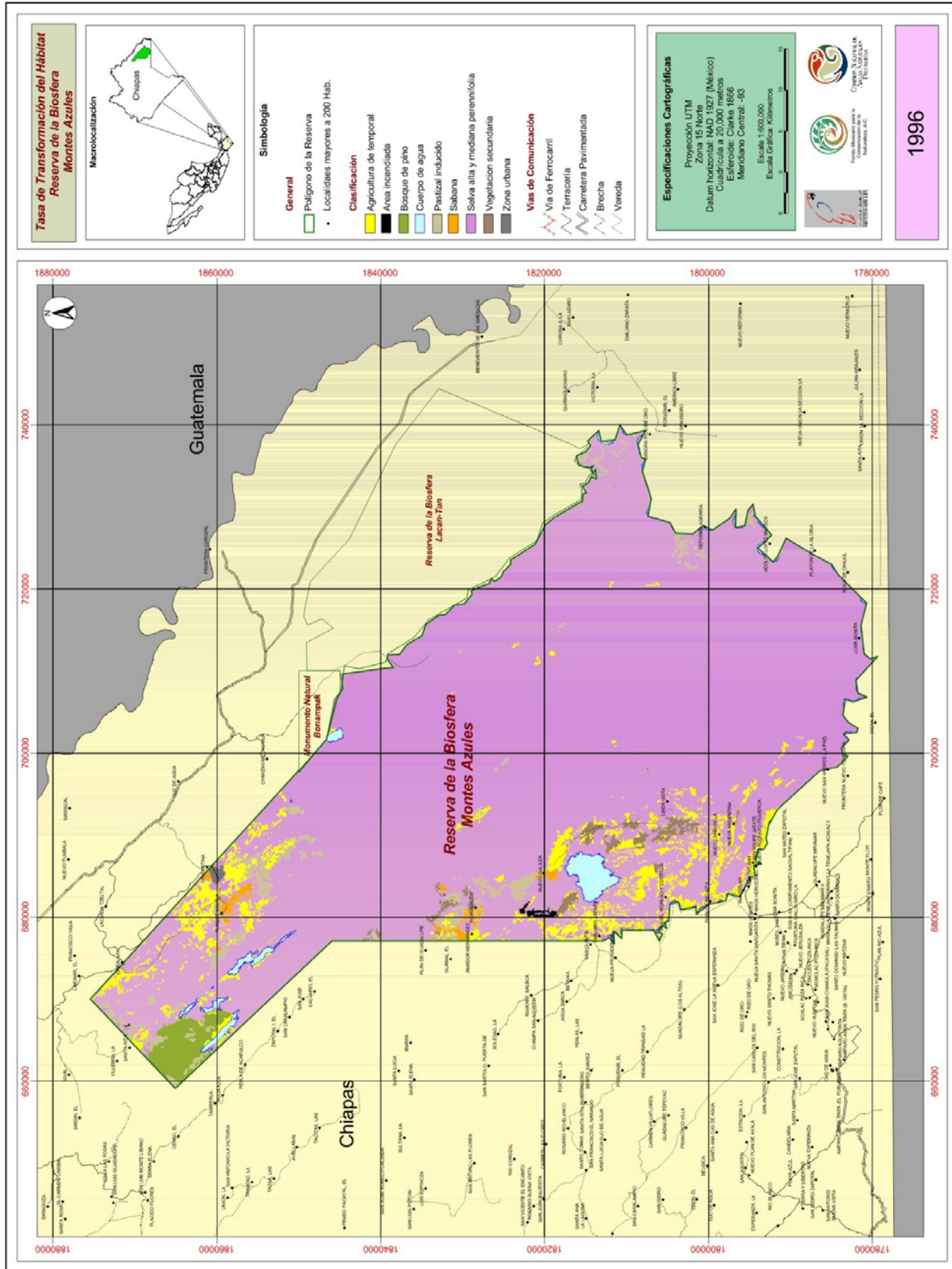


Figura 4. Uso del Suelo y Vegetación en 1996, para la Reserva de la Biosfera Montes Azules .

Para el año 2000, se observa un incremento del pastizal inducido y la de agricultura de temporal y en la región norte y suroeste del área. También se presentan zonas afectadas por incendios forestales (figura 5).

En período de 1996-2000, el polígono del área presentó una superficie transformada de 3,895 Ha (tabla 7), con una tasa de 0.33% correspondiente a 974 ha/año. Durante este periodo las actividades humanas como el pastizal inducido y la agricultura de temporal tuvieron un avance principalmente sobre la selva alta y mediana perennifolia, así mismo las áreas incendiadas se presentaron sobre la selva alta y mediana perennifolia (tabla 8).

**Tabla 8.** Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1996 -2000.

| Vegetación y uso del suelo<br>1996-2000         | Transformación (Ha)     |                 |                   |                       |             |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------|
|                                                 | Agricultura de temporal | Área incendiada | Pastizal inducido | Vegetación secundaria | Zona urbana |
| <b>Forestal</b>                                 |                         |                 |                   |                       |             |
| Bosque de pino                                  | -471                    | -79             | -704              |                       |             |
| Cuerpo de agua                                  |                         |                 |                   |                       |             |
| Selva alta y mediana perennifolia               | -849                    | -305            | -1,299            | -150                  | -23         |
| Sabana                                          |                         |                 |                   |                       | -15         |
| <b>Total</b>                                    | <b>-1,320</b>           | <b>-384</b>     | <b>-2,003</b>     | <b>-150</b>           | <b>-39</b>  |
| <b>- 3,895 Ha. transformadas en el período.</b> |                         |                 |                   |                       |             |

Las superficies transformadas se presentan en la porción norte de la reserva alrededor de las localidades de Palestina y Plan de Ayutla en donde se observa las áreas que se presentaban transformadas hasta el año de 1996 en color amarillo y las áreas transformadas durante el periodo 1996-2000 con diferentes colores.

También se observan áreas transformadas en la región oeste de la reserva en donde se observan menores cambios para el periodo 1996-2000, así mismo se puede observa algunas zonas transformadas en la porción sureste de la reserva en los límites con las región de Marqués de Comillas, en donde no se observaron cambios en este periodo (figura 6).

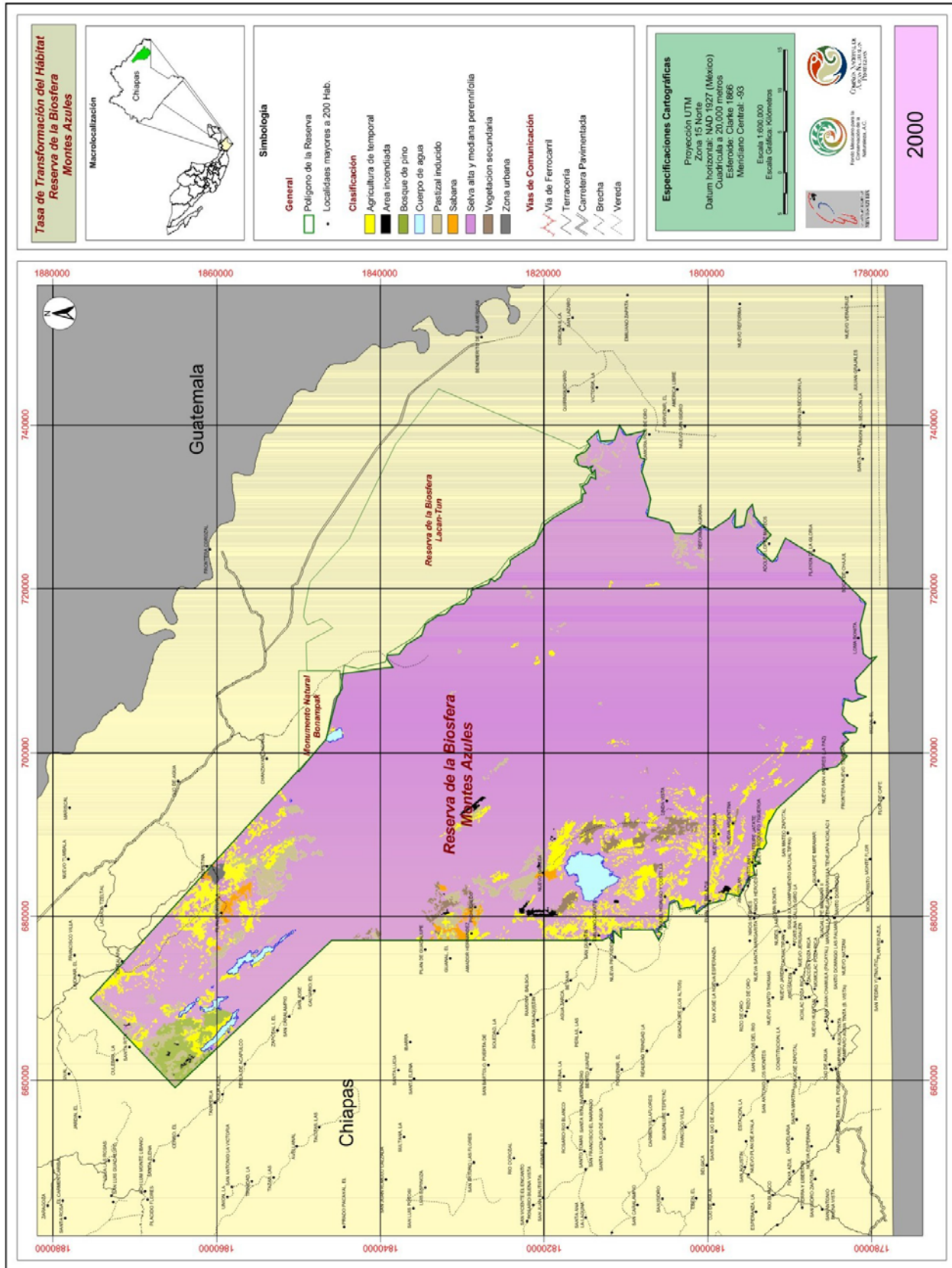


Figura 5. Uso del Suelo y Vegetación en el 2000, para la Reserva de la Biosfera Montes Azules .

En la tabla 10, se muestra la tendencia a la transformación del hábitat en el polígono que delimita a la reserva de la biosfera Montes Azules, observándose los valores de la superficie transformada en un periodo de 4 años, el cual corresponde a 3,895 Ha transformadas.

**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 |      |                |                                            |        |           |
|                                   |                              | 70's      | 80's      | 90's | 2000           |                                            |        |           |
| Superficie en el periodo (Ha/año) |                              |           |           |      | 3,895 Ha (354) | 0.33                                       | 974    | 4         |
| Superficie acumulada              |                              |           | 27,393    |      | 31,288         |                                            |        |           |

Período de creación del FANP  
 Período en que se decretó el ANP

Para la reserva de la biosfera Montes Azules, Arriola (1996) estimó que entre el periodo 1974-1993 la tasa de deforestación fue de 0.8% anual lo que significo que en veinte años la reserva perdió casi 50,000 hectáreas. En el año de 1993 estimó una superficie forestal de más de 200,000 Ha. En el presente trabajo se estimó una tasa menor a la reportada por Arriola, 1996 con 0.33% con 974 Ha/año, con una superficie transformada en el 2000 de 31,288 Ha.

## Conclusiones

La tasa de transformación del hábitat obtenida para el polígono que conforma a la reserva de la biosfera Montes Azules en el periodo 1996-2000 fue de 0.33% con 974 ha/año con una transformación total en 4 años de 3,895 ha.

La transformación del hábitat por actividades antrópicas, son debido a un avance del pastizal inducido y agricultura de temporal sobre la selva alta y mediana perennifolia, así como en el bosque de pino, o bien debido a incendios y al crecimiento de los asentamientos humanos.

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 la reserva de la biosfera Montes Azules.

## 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., Lopez, J., Bojorquez, L., Diaz, S., Melganero, 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.

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

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

SEMARNAT, 2003. La Deforestación en 24 Regiones PRODESA. 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.