

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
“MARIPOSA MONARCA”
PERIODO 1976-2000**

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 Mariposa Monarca, 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.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA	30

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 Mariposa Monarca, sin embargo es necesario considerar que estas zonas son 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 Mariposa Monarca. Los tipos de vegetación y uso del suelo se agruparon en forestal y no forestal.

Los resultados obtenidos hasta el 2000 indican que la zona que se establece como reserva de la biosfera en este año, cuenta con una superficie transformada de 13,393 Ha que corresponde al 23.81% de la superficie total de la reserva. Y que en el período analizado entre 1976 y 2000, se estima una tasa de 0.66%, equivalente a 332 ha/año, transformándose en 24 años 7,397 Ha, en donde las actividades de agricultura de temporal han avanzado sobre los bosques de pino-encino y oyamel, sin embargo en el último periodo 1992-2000, se incremento las áreas transformadas, esto debido a la presencia de los incendios forestales que afectaron principalmente los bosques de oyamel.

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 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 Mariposa Monarca, a partir de 1992 se incorporó al Programa de Conservación de la Biodiversidad en Áreas Naturales Protegidas Selectas de México, financiado por el Fondo Global para el Medio Ambiente, con este apoyo se impulsó el establecimiento de la dirección de la reserva y la conformación de un equipo técnico, lo que permitió iniciar la operación de proyectos de

monitoreo del actual FANP. Actualmente el financiamiento garantiza la operación básica y permitirá llevar a cabo diversas acciones de conservación y gestionar recursos adicionales para el desarrollo de proyectos.

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

El sistema de monitoreo y evaluación del FANP incluye cuatro indicadores para medir el impacto del programa, dos de estos indicadores están orientados a medir el impacto general de las actividades de conservación en la biodiversidad: a nivel de paisaje el monitoreo biológico está enfocado al análisis de transformación del hábitat, que determina el porcentaje de la vegetación de las ANP's que ha sido transformada por actividades antropogénicas y el otro indicador es la tendencia en el promedio de organismos observados de especies clave. Los otros dos indicadores son socioeconómicos y están enfocados a medir cómo se están utilizando los recursos naturales: número de hectáreas bajo uso sustentable y número de pobladores que adoptan prácticas de uso sustentable.

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

Objetivo general

Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera "Mariposa Monarca", utilizando imágenes de satélite del período 1976-2000.

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

Mariposa Monarca, adquirió la categoría de Reserva de la Biosfera el 10 de Noviembre de 2000, se localiza entre los estados de México y Michoacán (figura 2), dentro de los municipios de Temascalcingo, San Felipe del Progreso, Donato Guerra y Villa de Allende en el Estado de México, y Contepec, Senguio, Angangueo, Ocampo, Zitácuaro y Aporo en el Estado de Michoacán. Tiene una extensión de 56,259 Hectáreas, divididas en tres zonas núcleo (ZN), con una superficie total de 13,551 Ha., y dos zonas de amortiguamiento que en total suman 42,707 Ha.

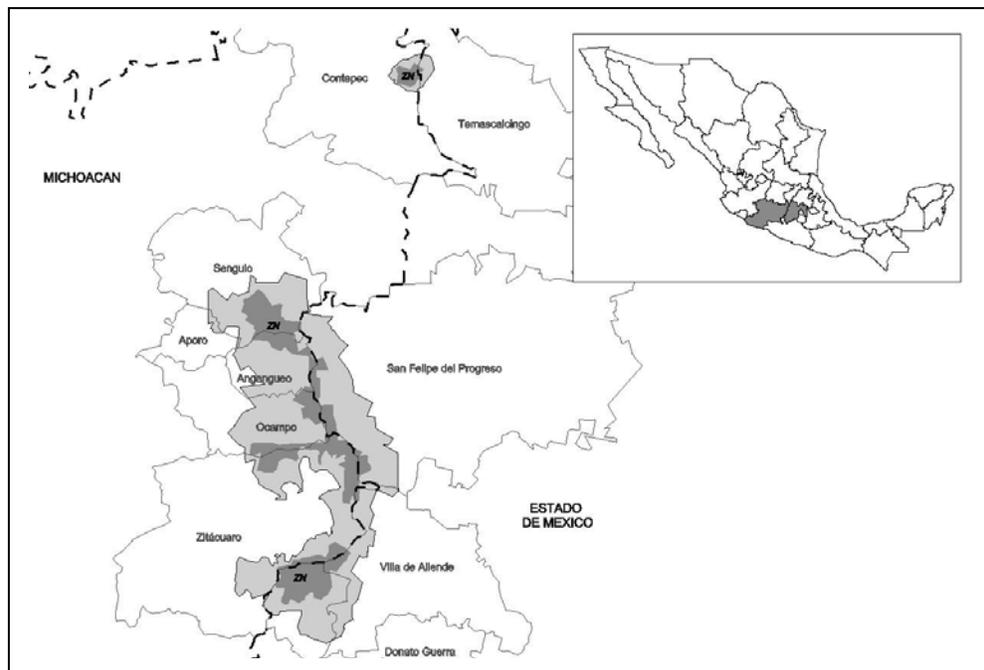


Figura 2. Localización de la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

La Reserva pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transversal, que marca el extremo sur de la Altiplanicie Mexicana y la separa de la Depresión del Balsas, posee un sistema montañoso discontinuo, intensamente disectado por fuertes procesos tectónicos, compuestos de un conjunto de sierras y lomeríos. Las máximas elevaciones de la región se encuentran ubicadas en su mayoría dentro de la zona de la reserva.

La región se caracteriza por la predominancia de elementos de paisaje templado de altura, presenta en general un clima Cw, templado subhúmedo con lluvias en verano, temperaturas medias anuales de 8° a 22°C, precipitaciones promedio desde 700 mm, hasta 1250 mm, y temperaturas mínimas para el mes más frío de entre -3° y 18°C. Este tipo de clima cambia en distancias relativamente cortas debido a la presencia de montañas, sierras y relieves escarpados que dan lugar a cambios contrastados en altitud, exposición o pendiente y producen importantes variantes microclimáticas, muy sensibles, sobre todo, en lo que se refiere a grados de humedad, así como en índices de precipitación, debido a esta situación prevalecen tipos climáticos que resultan de la combinación entre tres franjas térmicas, semitemplada, templada y semifría y cuatro niveles de humedad, tres subhúmedos y uno húmedo.

La formación de suelos responde tanto a los intensos y acelerados procesos de descomposición de la abundante materia orgánica, como a la composición litológica de la zona que incluye andesitas, basaltos, riolitas, granitos, esquistos y tobas, lo que determina la presencia predominante de andosoles, húmico y órtico y en menor extensión acrisoles y planosoles, feozem, litosoles, luvisoles y en menor proporción cambisol, regosol y vertisol, todos ellos derivados de cenizas volcánicas, muy ligeros y con alta capacidad de retención de agua y en especial los andosoles cuando se encuentran en pendientes mayores de 10 grados son más apropiados para el cultivo silvícola que para la agricultura y el pastoreo.

El área forma parte de una zona de transición entre las regiones Neártica y Neotropical adscrita a la provincia de las Serranías Meridionales, pertenecientes a la Región Mesoamericana de Montaña, lo cual se expresa en la enorme biodiversidad de la zona. La complejidad del conjunto de elementos abióticos y los procesos biogeográficos ha dado lugar a varios tipos de vegetación en donde predominan los de coníferas con asociaciones como el bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de encino y bosque de cedros.

También adquiere singular relevancia si se considera la biodiversidad de especies que posee, se tienen registradas 493 especies de plantas vasculares, así como 49 especies de hongos entre otras. La

región esta igualmente representada por una gran diversidad de especies de fauna silvestre, se han reportado 198 especies de vertebrados, de las cuales solo se han reportado cuatro anfibios que corresponden a ajolotes, ranas y salamandras; y seis reptiles, no obstante cabe mencionar que estos reportes provienen de trabajos que no están enfocados a estos grupos y que no se ha hecho un inventario detallado de estos grupos; en cuanto a aves se han reportado para la reserva 132 especies, entre las que destacan algunas rapaces, los mamíferos reportados suman 56 especies.

De forma importante también se encuentran especies bajo diferentes categorías de protección como la mariposa Monarca *Danaus plexippus plexippus* que se encuentra bajo protección especial, esta especie es migratoria y se distribuye desde el norte de Saskatchewan en Canadá, a través de Estados Unidos y México, en Centro y Sudamérica hasta el sur de Perú, estas mariposas llegan paulatinamente a los sitios de hibernación los primeros días de noviembre y se ubican en agrupaciones numerosas o colonias hibernantes que permanecen estables hasta febrero del año siguiente cuando comienza a incrementarse la temperatura y el fotoperíodo.

La reserva presenta una serie de actividades productivas entre las que destaca la agricultura, esta práctica es la más arraigada entre las comunidades de la zona ya que representa una garantía social para las familias por el conocimiento tradicional que de ésta tienen.

Otra actividad importante es la forestal, en la década de los cincuenta los bosques estuvieron sujetos a una veda forestal que propició el crecimiento de la explotación clandestina, veinte años después la industria forestal constituyó el eje económico de la zona (SEMARNAT, 2001).

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 27 row 46 y 47. 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
2746	MSS	21/Abril/1973	5	4
	MSS	28/Marzo/1975	5	4
	MSS	14/Marzo/1986	5	4
	MSS	09/Mayo/1992	5	4
	ETM	02/Junio/2000	8	6
2747	MSS	23/Noviembre/1973	5	4
	MSS	28/Marzo/1976	5	4
	MSS	14/Abril/1986	5	4
	MSS	06/Abril/1992	5	4
	ETM	07/Mayo/2000	8	6
TOTAL DE IMÁGENES TRABAJADAS			56	44

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 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 1976, 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 Mariposa Monarca 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
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)
Bosque de pino-encino
Área Incendiada
Agricultura de riego (incluye riego eventual)
Agricultura de temporal
Pastizal inducido

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 identificados para la Reserva de la Biosfera "Mariposa Monarca".

Vegetación	Descripción	Especies representativas
Bosque de oyamel	Es una comunidad de árboles altos (a veces mayores de 30 m), que se desarrolla en clima semifrío y húmedo entre los 2000 y 3400 m de altitud de la mayoría de las sierras del país, principalmente en el Eje Neovolcánico.	La constituyen principalmente varias especies del género <i>Abies</i> (oyamel, Pinabete, etc).
Bosque de ayarín	Es un bosque se desarrolla en condiciones similares al anterior, aunque suele estar formado por <i>Pseudotsuga</i> spp. O <i>Picea</i> spp.; a ambos se les conoce como Ayarín o Pinabete. A veces se les encuentra mezclado con <i>Cupressus</i> spp. (cedro blanco), <i>Populus</i> spp. (Alamo), etc.	
Bosque de pino-encino	Esta comunidad es la que ocupa la mayor parte de la superficie forestal de las partes superiores de los sistemas montañosos del país. Las mezclas de diferentes especies de Pino (<i>Pinus</i> spp), y Encino (<i>Quercus</i> spp) son frecuentes y ocupan muchas condiciones comprendidas dentro del área general de distribución de los pinos.	<i>Pinus</i> spp (Pino) <i>Quercus</i> spp (Encino)
Agricultura de riego (incluye riego eventual).	Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas y los cultivos reciben agua de mediante algún sistema de riego durante todo el ciclo agrícola. Riego eventual: Los cultivos reciben agua mediante algún sistema de riego ocasionalmente durante el ciclo agrícola (riegos de auxilio).	
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 en base al polígono establecido en el decreto de 2000, como Reserva de la Biosfera.

En la verificación de los tipos de vegetación se comparó con la clasificación realizada por Isabel Ramírez (2001) en su publicación "Cambio en las coberturas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000", utilizando fotografías aéreas de dos vuelos diferentes: marzo de 1971 (escala 1:50 000) y abril de 1994 (escala 1:75 000), ambos del INEGI; una imagen de satélite,

Landsat TM 7, de la primavera de 2000; y cartografía topográfica escala 1:50 000 y temática, escala 1:250 000, también del INEGI.

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 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 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 44 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.

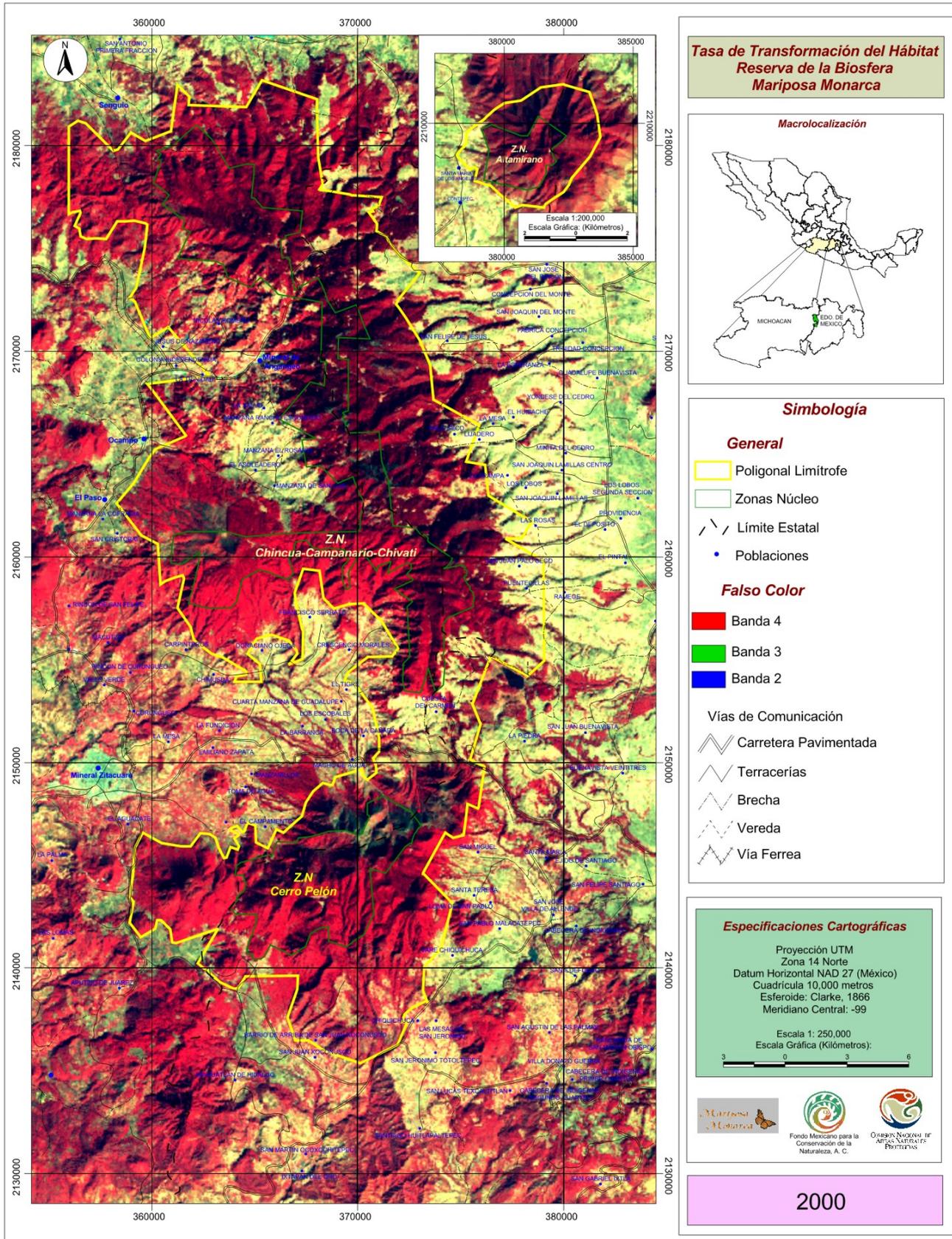


Figura 3. Falso color RGB (432) año 2000 Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5, donde se observa que para el año de 1976 el área presentaba una transformación de 5,997 ha, anterior al decreto de Reserva y Refugio Silvestre; para el año de 1986, presentaba una superficie transformada de 6,526 ha que corresponden al 11.60% de la superficie total, decretándose en este año algunos polígonos que representan en total 11,110 ha como Área Natural Protegida para los fines de migración, invernación y reproducción de la Mariposa Monarca. En este año la agricultura de temporal es la principal actividad humana en la zona.

Para 1992, el área presentó una superficie transformada de 7,096 ha, que corresponden al 12.61% de la superficie total. En el año 2000, la superficie transformada llegó a 13,393 ha, 23.81% de la superficie total, la agricultura de temporal es la actividad antrópica más representada, sin embargo en este año se presentan amplias zonas afectadas por incendios forestales que produce que las zonas no forestales se incrementen considerablemente para este año (tabla 5). En este mismo año se decreta el área como Reserva de la Biosfera alcanzando la superficie de 56,259 Ha.

Tabla 5. Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la reserva de la biosfera Mariposa Monarca en el período de 1976-2000.

TIPO DE VEGETACION	1976	%	1986	%	1992	%	2000	%
Forestal								
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	25,242	44.87	25,137	44.68	25,009	44.45	22,013	39.13
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	25,020	44.47	24,596	43.72	24,154	42.93	20,853	37.07
	50,262	89.34	49,733	88.40	49,163	87.39	42,866	76.19
No Forestal								
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	15	0.03	37	0.07	43	0.08	137	0.24
Agricultura de temporal	5,510	9.79	5,935	10.55	6,520	11.59	9,432	16.77
Pastizal inducido	472	0.84	492	0.87	514	0.91	600	1.07
Área incendiada		0.00	62	0.11	19	0.03	3224	5.73
	5,997	10.66	6,526	11.60	7,096	12.61	13,393	23.81

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 bosque de oyamel y pino-encino. En cuanto al uso de suelo presentes en las zonas núcleo, para los años de 1976 a 1992 se encuentra la agricultura

de temporal y el pastizal inducido. En el año 2000, debido a la presencia de incendios forestales se presentan áreas afectadas en las zonas núcleo.

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

Tipo de vegetación y uso de suelo	Zona	1976 (Ha)	1986 (Ha)	1992 (Ha)	2000 (Ha)
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)	Núcleo	9,257	9,245	9,240	7,931
	Amortiguamiento	15,985	15,892	15,768	14,081
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	Núcleo	4,188	4,164	4,169	3,893
	Amortiguamiento	20,832	20,432	19,985	16,960
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Núcleo				
	Amortiguamiento	15	37	43	137
Agricultura de temporal	Núcleo	98	123	118	321
	Amortiguamiento	5,412	5,812	6,402	9,111
Pastizal inducido	Núcleo	9	21	26	40
	Amortiguamiento	463	471	488	560
Área incendiada	Núcleo				1,366
	Amortiguamiento		62	19	1,858

En cuanto a la zona de amortiguamiento, los tipos de vegetación que predominan son el bosque de pino-encino y el bosque de oyamel, los tipos de uso de suelo que se presentan en esta área son la agricultura de temporal, pastizal inducido y agricultura de riego. Desde la década de los 80's, en esta zona se presentan incendios forestales, sin embargo para el año 2000 la superficie afectada por estos aumenta a más de 1,800 ha (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 Mariposa Monarca en el período de 1976-2000.

	FORESTAL	%	NO FORESTAL	%
SUPERFICIE	56,259			
1976	50,262	89.34	5,997	10.66
04 de Septiembre de 1980, se decreta como zona de reserva y refugio silvestre los lugares donde la mariposa conocida con el nombre "Monarca" hiberna y se reproduce.				
1986	49,733	88.40	6,526	11.60
09 de Octubre de 1986, se decreta como área natural protegida para los fines de migración, invernación y reproducción de la Mariposa Monarca.				
1992	49,163	87.39	7,096	12.61
10 de Noviembre de 2000, se decreta como Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.				
2000	42,866	76.19	13,393	23.81

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 Mariposa Monarca en el período 1976-2000.

Período	S1 (Ha)	S2 (Ha)	Cambio (Ha)	Años	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/año	Cambio acumulado (Ha)
1976-1986	50,262	49,733	-529	10	0.0011	0.11	53	529
1986-1992	49,733	49,163	-570	6	0.0019	0.19	95	1,099
1992-2000	49,163	42,866	-6,297	8	0.0170	1.70	787	7,396
1976-2000	50,262	42,866	-7,397	24	0.0066	0.66	332	7,397

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para la reserva de la biosfera Mariposa Monarca en el año 1976, donde se observa que la vegetación que predomina es el bosque de pino-encino y bosque de oyamel. En cuanto a las actividades antrópicas que se presentan en esta zona son la agricultura temporal distribuida a lo largo del área, presentando mayor superficie en el poblado de Cuesta del Carmen, del poblado Manzana de San Luis al poblado La Salud y en Mineral de Angangueo, ésta actividad también se presentan en el polígono de Altamirano, en cuanto a los pastizales se presentan en la zona norte del área.

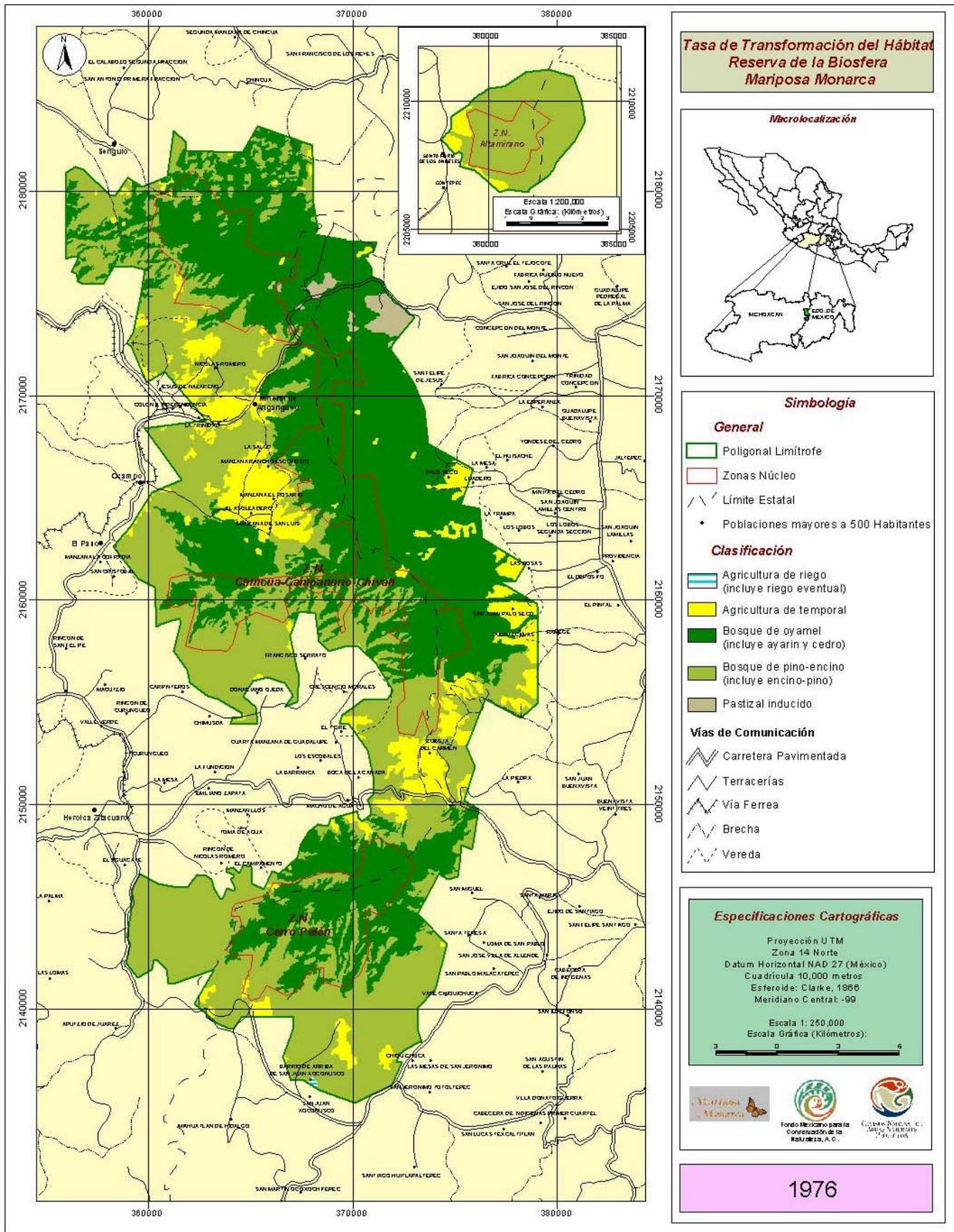


Figura 4. Uso del Suelo y Vegetación en 1976 para la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

En el período de 1976-1986, se establecen dos decretos en 1980 y 1986 que pretendían proteger las zonas de hibernación de la Mariposa Monarca, durante este período la zona que actualmente es considerada reserva de la biosfera presenta una transformación de 529 ha (tabla 9), con una tasa de 0.11% (53 ha/año), que sumadas a las 5,997 ha ya transformadas en 1976 da como resultado que en 1986 el área presente 6,526 ha transformadas por actividades antrópicas (tabla 7 y 8).

La tabla 9, indica que la mayor afectación a los tipos de vegetación fue por la agricultura de temporal principalmente sobre el bosque de pino-encino y también sobre el bosque de oyamel.

Tabla 9. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1976 y 1986.

Vegetación y uso de suelo 70's-80's	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Área incendiada
Forestal				
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)		-84	-21	
Bosque de pino-encino	-21	-387		-16
Total	-21	-471	-21	-16
-529 Ha. transformadas en el período.				

En la figura 5, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo que se encontraban en la zona en el año 1986, donde se puede observar que existe incremento en la agricultura de temporal, sobre el bosque pino-encino y oyamel, así como la presencia de algunos incendios forestales.

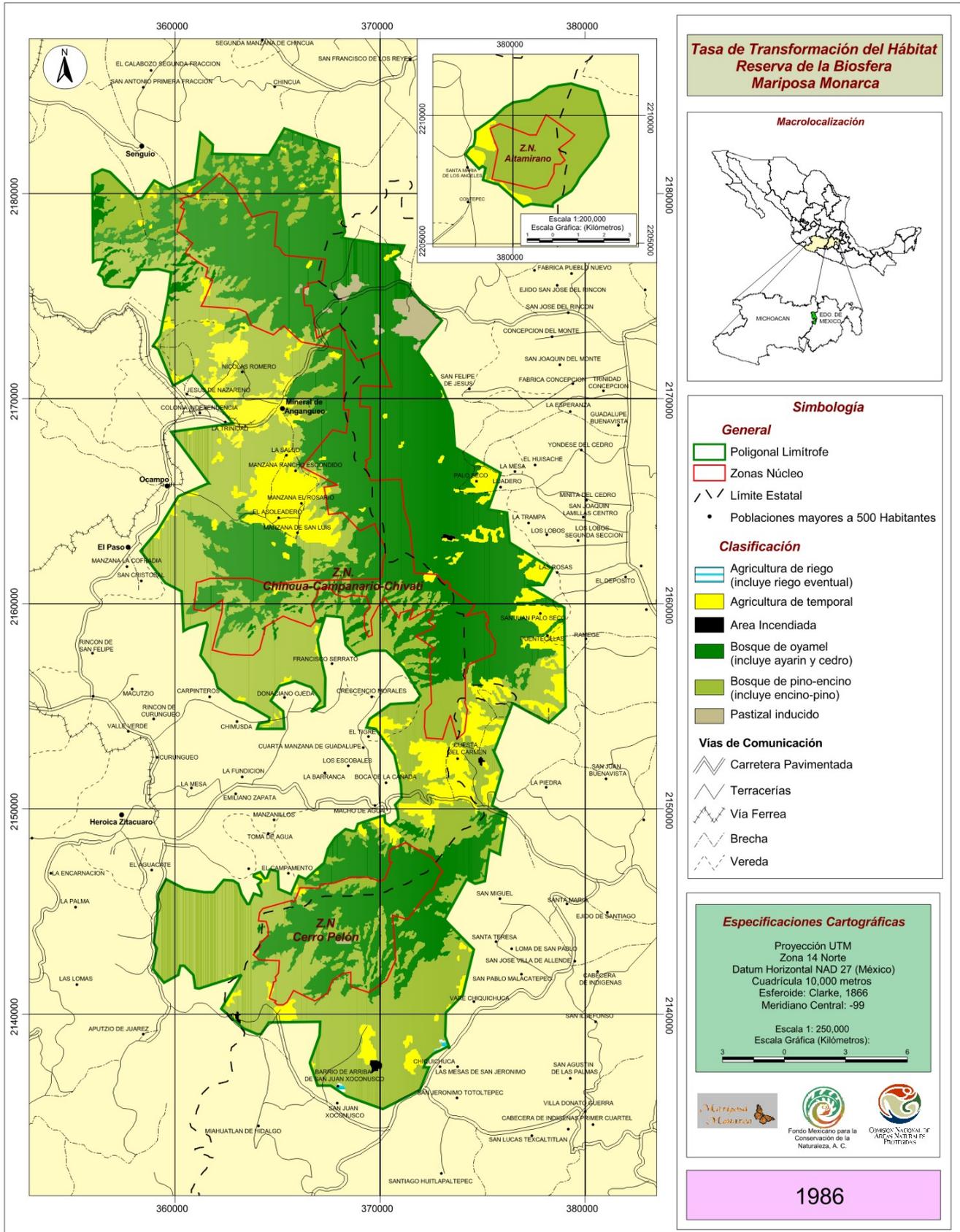


Figura 5. Uso del Suelo y Vegetación en 1986 para la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

En el periodo 1986-1992 se presenta un incremento en la tasa de transformación que llega a 0.19% (95 ha/año), transformándose una superficie de 570 ha que sumado a las 6,526 ha que se encontraban en 1986 da como resultado una superficie de 7,096 ha presentes en el año de 1992. En la tabla 10, se observa que la agricultura de temporal continua afectando al bosque de pino-encino y oyamel.

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

Vegetación y uso de suelo 80's-90's	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Área incendiada
Forestal				
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)		-106	-22	
Bosque de pino-encino	-7	-439		4
Total	-7	-545	-22	4
-570 Ha. transformadas en el período.				

En la figura 6, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para la zona en el año 1992, en esta figura se puede apreciar el aumento en los polígonos que ya existían de agricultura de temporal, así como la apertura de nuevas áreas y en los límites cerca al poblado de Ocampo, así como la presencia de nuevas áreas incendiadas.

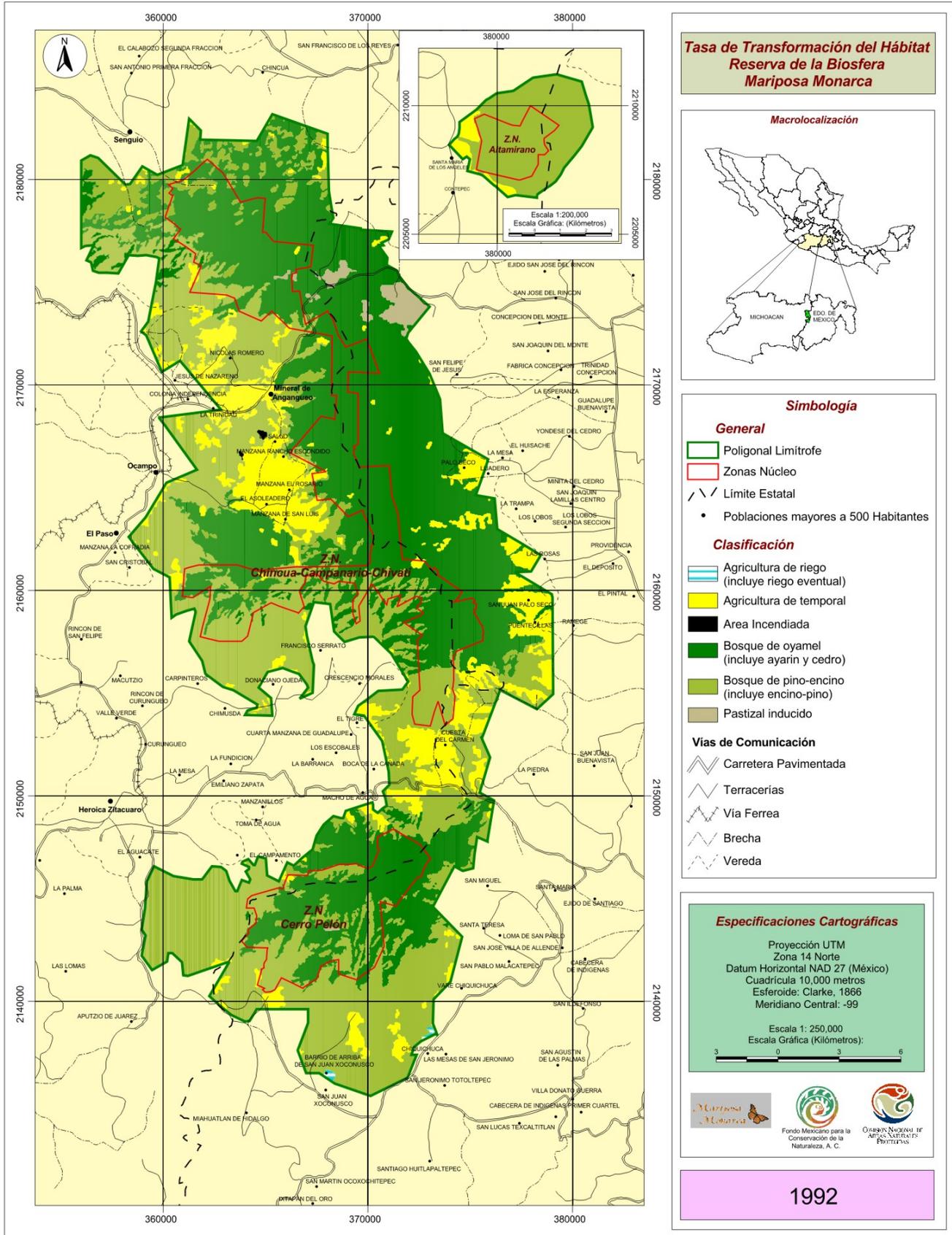


Figura 6. Uso del Suelo y Vegetación en 1992 para la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

La tabla 11, muestra los resultados del último periodo 1992-2000 con una transformación en ocho años de 6,297 ha, y una tasa de 1.70% (787 ha/año), dando como resultado que para el año 2000 se presentan aproximadamente 13,393 ha de áreas transformadas (tabla 7), lo que representa el 23.81% de la superficie total de la reserva. Al final de este periodo se establecen el área como reserva de la biosfera con los límites que actualmente conocemos. En el momento que se establece el decreto fueron incluidas las zonas transformadas por actividades humanas.

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

Vegetación y uso de suelo 90's-2000	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Área incendiada
Forestal				
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)		-516	-86	-2,394
Bosque de pino-encino	-93	-2,470		-738
Total	-93	-2,986	-86	-3,132
-6,297 Ha. transformadas en el período.				

En este período se observa un fuerte incremento en las áreas afectadas por incendios forestales, las cuales impactan en mayor proporción al bosque de oyamel y pino-encino, así mismo la agricultura de temporal avanza sobre el bosque de pino-encino principalmente.

En la figura 7 se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para la reserva de la biosfera Mariposa Monarca en el año 2000, la agricultura de temporal en esta zona tuvo un aumento afectando principalmente al bosque de pino-encino y queda dentro de la zona de amortiguamiento, también se puede apreciar la afectación por los incendios forestales que afectaron la porción norte y quedaron incluidos en las zonas núcleo los cuales afectaron principalmente al bosque de oyamel.

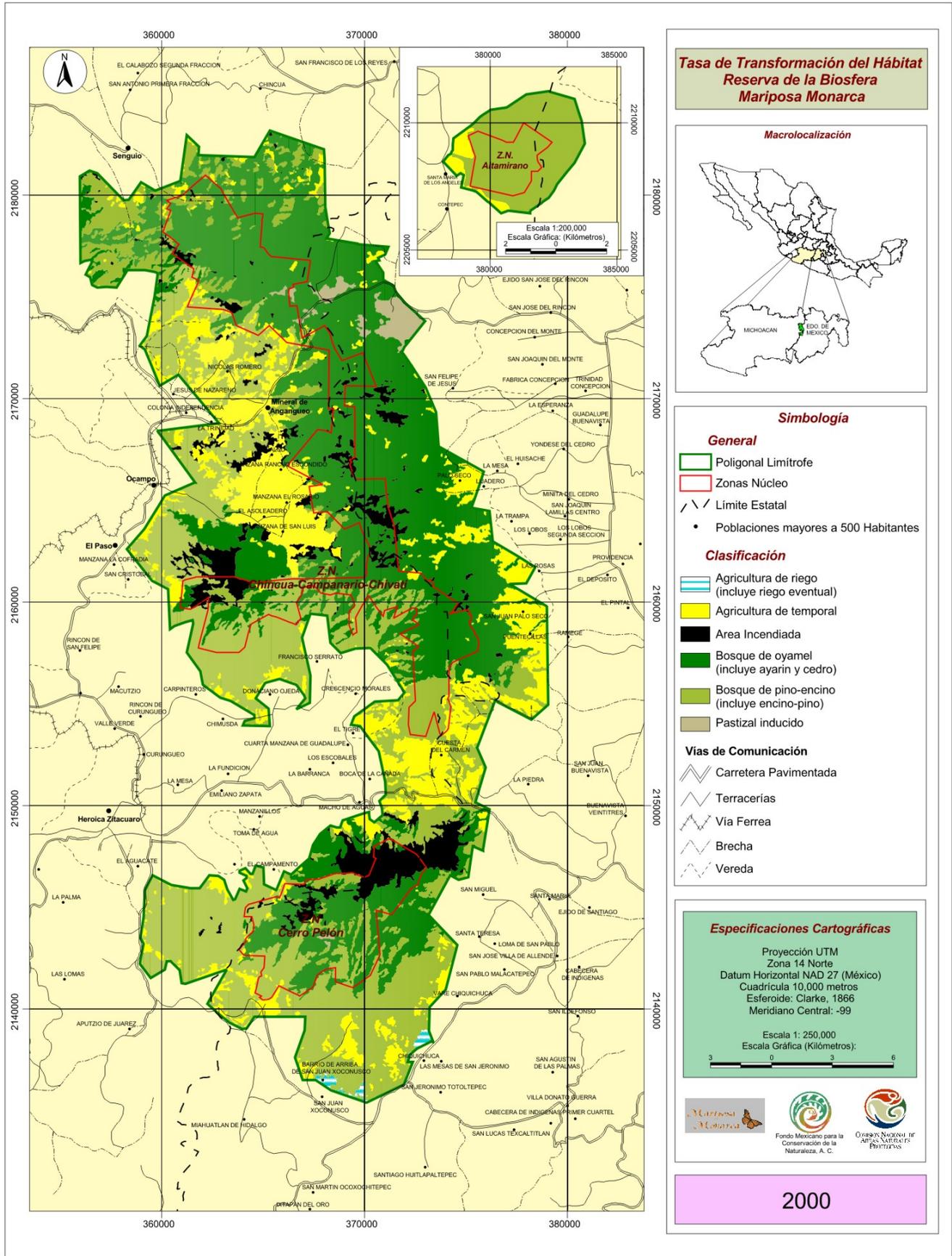


Figura 7. Uso del Suelo y Vegetación en el 2000 para la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca.

En la tabla 12, se muestra la transformación del hábitat que ha sufrido la reserva de la biosfera Mariposa Monarca de 1976 al 2000, en donde en un período de 24 años se han transformado 13,393 ha con una tasa de 0.66% (332 ha/año).

Los usos del suelo que se presentan son: la agricultura de temporal, área incendiada, pastizal inducido y agricultura de riego (tabla12). La agricultura es la actividad antrópica que ha tenido mayor impacto sobre el bosque de pino-encino, las áreas incendiadas afectaron el bosque de oyamel, mientras que el pastizal inducido a tenido un avance sobre el bosque de oyamel y la agricultura de riego sobre el bosque de pino-encino.

Tabla 12. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período de los 1976 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 70's-2000	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Área incendiada
Forestal				
Bosque de oyamel (incluye ayarín y cedro)		-707	-129	-2,394
Bosque de pino-encino	-121	-3,242		-804
Total	-121	-3,949	-129	-3,198
-7,397 Ha. transformadas en el período.				

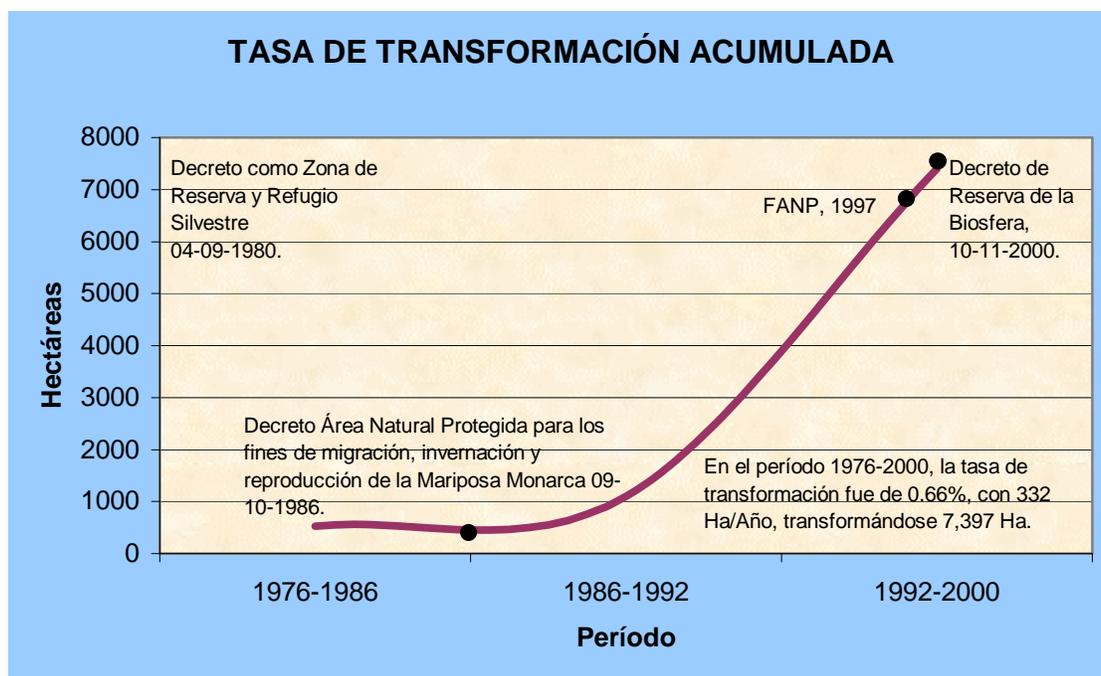
En la figura 8, se presenta la transformación del hábitat en el período correspondiente a 1976-2000, en color amarillo se observa las actividades de uso del suelo que se presentaban hasta 1976. En diferentes colores se indican los cambios de uso de suelo sobre los tipos de vegetación. En color verde oscuro con rayas, se pueden observar las áreas afectadas por incendios forestales, donde la mayor afectación por está fue al noreste de la zona núcleo Cerro Pelón; y las áreas en color verde claro son las en donde la agricultura de temporal avanzo este periodo.

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.

Tabla 13. Tasa de transformación del hábitat de la Reserva, incluida en el FANP

ÁREA NATURAL PROTEGIDA	SUPERFICIE TRANSFORMADA (Ha)					Tasa de Transformación Anual (% Sup Total)	Ha/Año	# de años
	FANP							
	70's-80's	80's-90's	90's-2000					
70's	80's	90's		00				
Superficie en el periodo (Ha/año)		529 (53)	570 (95)	6,297 (787)		0.66	332	24
Superficie acumulada	5,997	6,526	7,096	13,393				

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



Gráfica 1. Tendencia a la transformación del hábitat de la reserva de la biosfera "Mariposa Monarca"

La gráfica muestra una tendencia a incrementar la transformación del hábitat como lo menciona Brower *et al.*, 2002 en el estudio donde analiza los periodos 1971, 1984 y 1999, y donde menciona que la degradación se incremento del 1% entre 1971-1984 al 3% entre 1984-1999. Brower estiman una tasa anual de 1.7% para el periodo 1971 a 1984 y de 2.41% 1984 a 1999. Sin embargo los resultados obtenidos en este trabajo para el período 1992-2000, presenta una tasa de transformación de 1.70% (787 ha/año), similar a lo reportado por Brower en el periodo anterior, aunque la tasa para éste último periodo fue debido a la presencia de los incendios forestales, lo que representa una transformación de 7,397 ha.

El área natural protegida Mariposa Monarca ha sido establecida en diferentes épocas, Brower en su estudio menciona que el decreto de 1986 no protegió el bosque, es hasta el 2000 cuando se decreta como reserva de la biosfera motivada por el creciente deterioro de los recursos naturales con el fin de asegurar la protección de los bosque que sirven de refugio para la hibernación de las mariposa monarca.

Por lo anterior la clasificación de vegetación y uso del suelo que se presenta en el 2000 para la reserva servirá de base para conocer la tendencia de la transformación del hábitat en el futuro, considerando que en el momento del establecimiento como reserva de la biosfera la zona presentaba áreas transformadas por actividades antrópicas, con comunidades y poblaciones en el interior.

Conclusiones

Los cálculos para la estimación de las superficies de uso del suelo y vegetación y la tendencia en la transformación del hábitat se realizaron con base en el polígono establecido en el decreto del 2000.

La tasa de transformación del hábitat obtenida para el área de la reserva de la biosfera Mariposa Monarca en el período 1976-2000 fue de 0.66% con 332 ha/año con una transformación total en 24 años de 7,397 ha. Presentado el área 13,393 ha transformadas por actividades humanas hasta el año 2000 lo que corresponde al 23.81% de la superficie total.

Los resultados aquí obtenidos se encuentran por debajo de lo reportado por Brower *et al.*, 2002 para la zona de monarca, aunque no son precisamente las mismas zonas.

La transformación del hábitat por actividades humanas, es principalmente por la agricultura de temporal que se realiza en zonas de bosques de pino-encino y oyamel que han sido previamente desmontadas, ya sea para el desarrollo de esta actividad o bien para ser empleadas para la ganadería.

Las zonas afectadas por los incendios forestales deben de evaluarse en el futuro, ya que de no cambiar el uso del suelo en estas, su recuperación estaría en función del grado de afectación por el incendio.

Los datos que aquí se presentan servirán de base para conocer la tendencia en la transformación del hábitat por actividades humanas o bien conocer 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 el potencial forestal que existe en el área, se requiere de información a mayor detalle que permita elaborar instrumentos de planificación para el adecuado manejo de los bosques de la reserva.

Literatura citada

Arreola, A., Cuevas, G., Becerril, R., Guillén, C., Noble, L., Altamirano, M. 1997. Análisis sobre los cambios de uso y cobertura vegetal en la Reserva de la biosfera El Triunfo. WWF-IDESMAC. Chiapas, México. 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., Diaz, S., Melgareo, D., Missrie, M. 2002. Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarca butterfly in Mexico, 1971-1999. *Conservation Biology*, Vol. 16, No. 2. 354-356 pp.

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.

SEMARNAT, 2001. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera "Mariposa Monarca". Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 23-31 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.