

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT
EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA
“TEHUACÁN-CUICATLÁN”
PERIODO 1986-2000**

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
Eduardo González Hernández*

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 Tehuacán-Cuicatlán, 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.....	7
OBJETIVOS PARTICULARES	7
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	25
LITERATURA CITADA	26

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 Tehuacán-Cuicatlán, sin embargo, es necesario considerar que estas zonas están sujetas a actividades humanas.

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

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

Para la elaboración del presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat correspondientes a las décadas de los 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 Tehuacán-Cuicatlán. Los tipos de vegetación y uso del suelo se agruparon en forestal y no forestal.

Los resultados obtenidos para el año 2000 indican que la reserva cuenta con una superficie transformada de 72,063 Ha que corresponde al 14.69% de la superficie total de la reserva. En el periodo analizado entre 1986 y 2000, se estima una tasa de 0.29%, equivalente a 1,253 Ha/año, transformándose en 14 años 17,220 Ha, sin embargo el análisis por periodo muestra un incremento continuo en la transformación del hábitat; en donde la selva baja caducifolia y subcaducifolia y bosque de encino, se han transformado en zonas para actividades agrícolas y pastizales inducidos que son dedicados a la ganadería.

Introducción

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

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

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

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

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

inventarios forestales. Las estimaciones de superficies forestales perdidas anualmente varían de 365,000 a 1'600,000 hectáreas (Velázquez *et al.* 2002).

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

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

Bocco *et al*, 2001 realizaron el trabajo sobre "Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia", utilizando fotografías aéreas de 1960, 1975 y 1990, donde presentan modelos predictivos para conocer la dirección del cambio de uso de suelo en los próximos treinta años, mediante el uso de sistemas de información geográfica, cadenas de Markov y análisis de regresión. Además se cuenta con la información de Ramírez, 2001 sobre "Cambios en las cubiertas del

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

Uno de los trabajos más recientes es 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.

La Reserva de la Biosfera Tehuacan-Cuicatlán, a partir de 1999, cuenta con administración por parte del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP, y actualmente por la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas de la SEMARNAT. A partir del 2002 cuenta con financiamiento del FANP, lo cual 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.

El área pertenece a la provincia florística denominada "Tehuacán-Cuicatlán", dentro de la región xerofítica mexicana, la cual se localiza en la parte Sureste del Estado de Puebla y al Noroeste del Estado de Oaxaca y fisiográficamente forma parte del área denominada "Sierra Madre del Sur", e involucra los valles de Cuicatlán, Huajuapán, Tehuacán, Tepelmeme y Zapotitlán, que en su conjunto forman la cuenca alta del Río Papaloapan y en menor grado la cuenca alta del Río Balsas.

El valle de "Tehuacán-Cuicatlán" está ubicado en dos estados, y constituye una sola unidad biogeográfica relevante a nivel nacional, la cual requiere de un cuidado conjunto, necesario para mantener su integridad.

Desde el punto de vista hidrológico, la reserva protege la zona de manantiales y recarga de acuíferos del corredor hidráulico de Tehuacán. En el área se presentan precipitaciones menores a 300 mm anuales, por lo que su protección es la de mayor importancia ecológica, ya que por este corredor pasa el agua que alimenta a los sistemas de galerías filtrantes y pozos de los cuales se abastece todo el valle bajo.

Debido a su compleja topografía y elevación, se encuentran zonas con una gran diversidad de hábitats y ambientes propicios como refugios de flora y fauna, por lo que es considerado centro de biodiversidad mundial.

En la región de Tehuacán-Cuicatlán se encuentran diversos tipos de vegetación, tales como el bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque de táscate, bosque mesófilo de montaña, chaparral, matorral crasicaule, matorral desértico rosetófilo, mezquital selva baja caducifolia y subcaducifolia, etc.; así como algunas especies de plantas consideradas como endémicas. Valiente, *et. al.* 2001, reconocen 29 asociaciones vegetales para la región del valle de Tehuacán-Cuicatlán que incluyen nueve dominadas por cactáceas columnares, siete arboladas de zonas bajas, así como seis de tipo matorral, la vegetación arbolada de montaña comprende cinco tipos de bosque, así como un izotal. La vegetación asociada a cuerpos de agua en ríos y manantiales incluye bosques de galerías y tulares. El valle de Tehuacán-Cuicatlán es una zona con una extraordinaria heterogeneidad ambiental que determina la diversidad y la distribución de las asociaciones vegetales.

Otro aspecto importante del área es que en una parte de la región se encuentra la zona de San Juan Raya, la cual corresponde a una importante zona fosilífera, donde predominan los depósitos marinos (SEMARNAT, 2003).

Materiales y métodos

Para el presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat con sensores: Multispectral Scanner (MSS) y Landsat Enhanced Thematic Mapper (TM) y Thematic Mapper Plus (ETM+), identificadas con el path 24 row 48 y el path 25 row 47 y 48. 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
2448	MSS	25/Enero/1986	5	4
	TM	19/Septiembre/1996	8	6
	ETM	20/Julio/2000	8	6
2547	MSS	25/Enero/1986	5	4
	TM	19/Septiembre/1996	8	6
	ETM	20/Julio/2000	8	6
2548	MSS	25/Enero/1986	5	4
	TM	19/Septiembre/1996	8	6
	ETM	20/Julio/2000	8	6
TOTAL DE IMÁGENES TRABAJADAS				48

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 TM y 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, TM 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 1986, 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 Tehuacán-Cuicatlán en los años 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 encino
Bosque de pino-encino
Bosque de táscate
Bosque mesófilo de montaña
Chaparral
Matorral crasicaule
Matorral desértico rosetófilo
Mezquital (incluye huizachal)
Selva baja caducifolia y subcaducifolia
Áreas sin vegetación aparente
Agricultura de riego (incluye riego eventual)
Agricultura de temporal
Pastizal inducido
Zona urbana

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

Tabla 3. Tipos de vegetación y usos del suelo identificados para la Reserva de la Biosfera "Tehuacán-Cuicatlán".

Vegetación	Descripción	Especies representativas
Bosque de encino	Estos bosques pueden ser de unos 6 – 8 m de altura o bien de unos 30 m, más o menos abiertos o muy densos, se desarrollan en muy diversas condiciones ecológicas desde casi el nivel del mar hasta cerca de los 3000 m de altitud. Salvo en las condiciones más áridas, se le puede encontrar en casi el resto del país. En general este tipo de bosque se encuentra muy relacionado con los de pino, formando una serie de mosaicos.	<i>Quercus</i> spp (encino o roble)
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)
Bosque de táscate	Comunidad vegetal formada por árboles escuamifolios (hojas en forma de escamas) del género <i>Juniperus</i> a los que se les conoce como táscate, cedro o enebro. Generalmente de 8 a 15 m de alto en regiones subcálidas o templadas y semifrías, en contacto con bosques de encinos, pino-encino, selva baja caducifolia y matorrales de zonas áridas.	Las especies más comunes y de mayor distribución son: <i>Juniperus flaccida</i> , <i>J. Deppeana</i> , <i>J. Monosperma</i> , <i>J. Californica</i> , etc.
Bosque mesófilo de montaña	Vegetación arbórea densa que se localiza en las laderas de montaña en donde se forman neblinas durante casi todo el año, o bien en barrancas y otros sitios protegidos en condiciones más favorables de humedad. Es notable en esta comunidad, la mezcla de elementos boreales y septentrionales (templados y tropicales). Se desarrolla generalmente en altitudes de 800 a 2400 m.	Son muchas las especies que la forman siendo algunas de ellas: <i>Engelhardtia mexicana</i> (Micoxcuáhuatl), <i>Carpinus caroliniana</i> (Lechillo), <i>Liquidambar styraciflua</i> (Liquidámbar), <i>Quercus</i> spp. (Encinos, Robles, etc), <i>Clethra</i> spp., <i>Podocarpus</i> spp., <i>Magnolia</i> spp., <i>Oreopanax</i> spp., <i>Ternstroemia</i> spp., <i>Eugenia</i> spp., <i>Ostrya virginiana</i> , <i>Chaetoptelea (ulmus) mexicana</i> , <i>Junglans</i> spp., <i>Dalbergia</i> spp., etc., y gran cantidad de epífitas.
Chaparral	Asociación generalmente densa, de arbustos resistentes al fuego, que se desarrolla principalmente en laderas de cerros por arriba del nivel de los matorrales de zonas áridas y semiáridas, de pastizales naturales y en ocasiones mezclada con los bosques de pino y encino.	Está formada por especies arbustivas de <i>Quercus</i> spp. (encinillo, charrasquillo), <i>Adenostoma</i> spp. (chamizos), <i>Arctostaphylos</i> spp. (manzanita), <i>Cercocarpus</i> spp. (rosa de castilla), etc.
Mezquital	Comunidad vegetal formada por árboles bajos espinosos de <i>Prosopis</i> spp. (mezquites). Se distribuye ampliamente en el país en las zonas consideradas como semiáridas, principalmente sobre terrenos aluviales profundos, a veces con deficiencia de drenaje.	Es común que esta especie se encuentre mezclada con <i>Acacia</i> spp. (huizaches), <i>Olneya tesota</i> (palo fierro), <i>Cercidium</i> spp. (palo verde, brea), etc.

Matorral crasicaule	Tipo de vegetación dominada fisonómicamente por cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país.	Algunas especies son: <i>Opuntia streptacantha</i> (nopal cardón), <i>O. Robusta</i> , <i>O. Leucotricha</i> , <i>O. Cantabrigiensis</i> , <i>O. Tomentosa</i> , <i>O. Violacea</i> , <i>O. Imbricata</i> (xoconoxtle), <i>Myrtillocactus geometrizans</i> (garambullo), <i>Cephalocereus senilis</i> (viejito), <i>Carnegia gigantea</i> (sahuaro), <i>Pachycereus</i> spp. (cardón), <i>Neobuxbaumia tetetzo</i> (teteche), <i>Stenocereus</i> spp. (organos, cardón).
Matorral desértico rosetófilo	Matorral dominado por especies con hojas en roseta, arbustos inermes y espinosos y cactáceas que se desarrollan sobre suelos de diversos origen, bajo la influencia de vientos marinos y neblina.	Sus principales especies son: <i>Agave shawii</i> (maguey), <i>Bergerocactus emoryi</i> , <i>Dudleya</i> spp., <i>Euphorbia misera</i> , <i>Eryogonum fasciculatum</i> , <i>Ambrosia californica</i> , <i>Rosa minutifolia</i> , <i>Viguiera laciniata</i> , etc.
Selva baja caducifolia	Comunidad vegetal con árboles cuya altura, esta comprendida entre los 4 y 15 metros y se caracteriza porque más del 75% de sus árboles dominantes pierden totalmente el follaje durante la época seca del año (6-8 meses). Se desarrolla en climas cálidos y subhúmedos, semisecos o subsecos, principalmente sobre laderas de cerros con suelos de buen drenaje. Es una de las selvas de mayor distribución en México.	Se puede encontrar cuajote o copal (<i>Bursera</i> spp), chacá (<i>Bursera simaruba</i>), pochote (<i>Ceiba</i> spp), tepeguajes (<i>Lysiloma</i> spp), bonete (<i>Jacaratia mexicana</i>), amapola (<i>Pseudobombax</i> spp), Ciricote (<i>Cordia</i> spp), cazahuates (<i>Ipomoea</i> spp), guajes (<i>Leucaena</i> spp), barbas de chivo (<i>Pithecellobium acatlense</i>) y varias cactáceas candelabriformes.
Selva baja subcaducifolia	Comunidad muy semejante a la selva baja caducifolia, excepto en que los árboles dominantes conservan más tiempo el follaje a causa de una mayor edad edáfica. Se caracteriza porque del 50% al 75% de sus componentes tiran sus hojas durante la época de sequía, esta compuesta por árboles de 8 a 15 metros de altura. La presencia de estas comunidades probablemente se deba más a limitantes edáficas que a climáticas.	Algunas especies más representativas son: Chechem negro (<i>Metopium brownei</i>), Tzalam (<i>Lysiloma latisiliqua</i>), Tsipil (<i>Beaucarnea ameliae</i>), Kuka' (<i>Pseudophoenix sargentii</i>), Chaka (<i>Bursera simaruba</i>), etc.
Áreas sin vegetación aparente	Se incluye bajo este concepto los eriales, depósitos de litorales, jales, dunas y bancos de ríos y bancos de materiales que se encuentren desprovistos de vegetación o con una cobertura extremadamente baja o en que ésta no sea aparente y, por ende, no se le pueda considerar bajo alguno de los otros conceptos de vegetación. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales como clima muy árida, salinas, o bien porque la vegetación fue eliminada totalmente por actividades humanas	

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.	<i>Asistida adscensionis</i> (zacate tres barbas), <i>Erioneuron pulchellum</i> (zacate borreguero), <i>Bouteloua simplex</i> , <i>Paspalum notatum</i> (zacate burro), <i>Cenchrus</i> spp.(zacate cadillo o roseta), etc.

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 por tipo de vegetación se realizaron con base a la superficie obtenida del polígono con una superficie total de 490,678 Ha.

En la verificación de los tipos de vegetación se comparó con la información de uso del suelo y vegetación INEGI, Serie II escala 1:250,000, a nivel comunidad.

Los tipos de vegetación presentes en la reserva, se agruparon en vegetación forestal y vegetación no forestal. La primera agrupa al conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas y vegetación de zonas áridas (Ley Forestal, 1997) y la segunda agrupa los usos de suelo derivados de actividades antrópicas y/o desastres naturales. Con base a la información obtenida, de la agrupación de los tipos de vegetación, y tomando como base la superficie terrestre de la reserva, se calculó la tasa de transformación del hábitat de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996), citada por Bocco *et al*, 2001, expresada de la siguiente manera:

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

Donde:

δ = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

S_1 = superficie forestal, al inicio del periodo

S_2 = superficie forestal, al final del periodo

n = número de años entre las dos fechas

En el sistema Arcview se realizó la intersección entre las coberturas de cada década, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realizó de la siguiente forma: 80's/90's, 90's/2000 y 80'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 48 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 TM y 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 TM	432
	542
Landsat MSS	421
	321
Landsat ETM	432
	453
	452

Las tres 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.

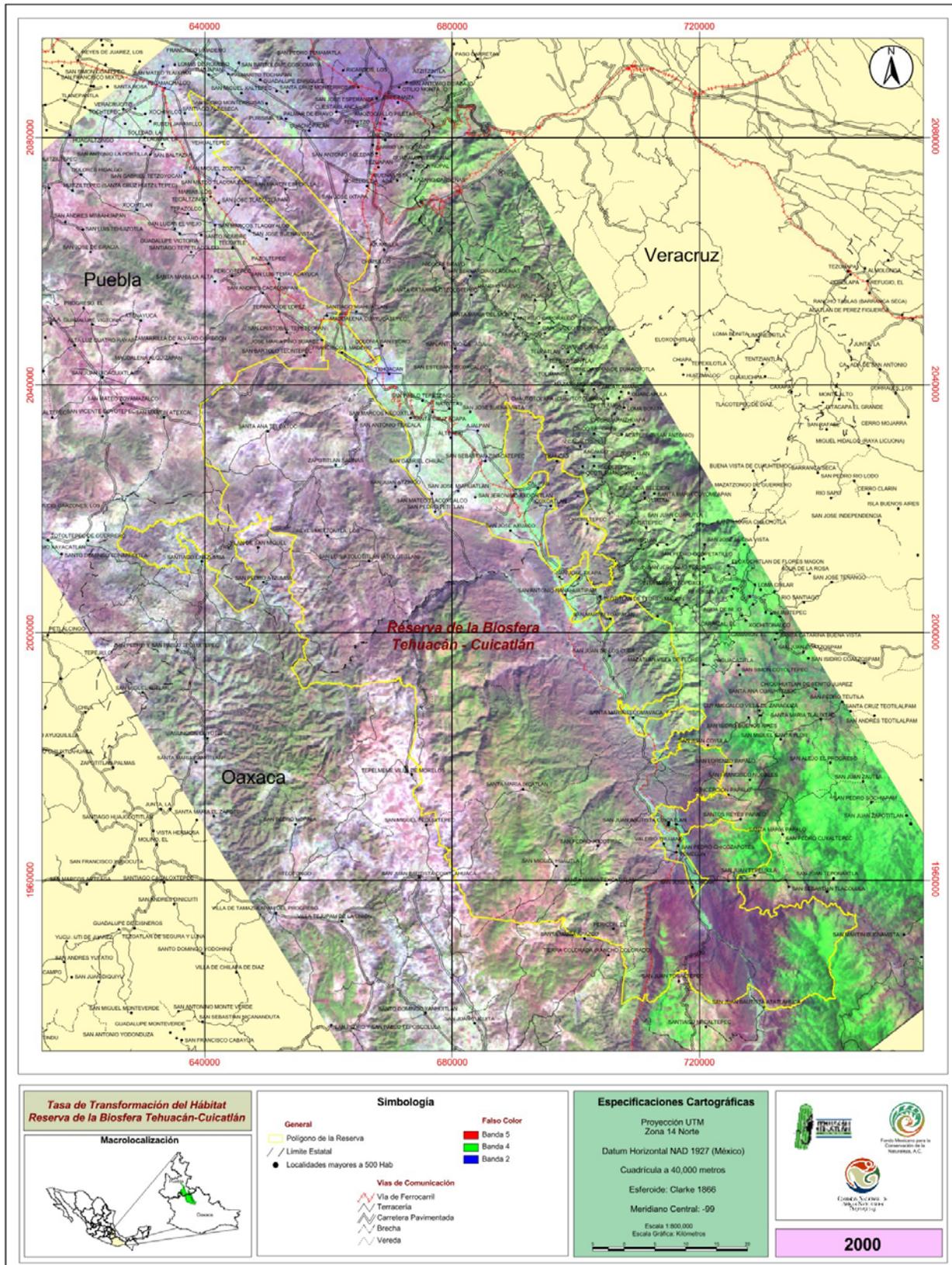


Figura 3. Falso color RGB (542) año 2000, para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla 5, donde se observa que para el año de 1986, presentaba una superficie transformada de 54,843 Ha que corresponden al 11.18% de la superficie total, siendo la agricultura de temporal, pastizal inducido y agricultura de riego, las principales actividades antrópicas.

Para 1996, el área presentó un incremento en las superficies transformadas llegando a 70,906 Ha, que corresponden al 14.45% de la superficie total. Dos años después, en 1998 el área se establece como reserva de la biosfera y en 1999, da inicio la administración de la Reserva por parte del Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAP y actualmente por parte de la CONANP.

En el año 2000, la superficie transformada se incremento a 72,063 Ha, 14.69% de la superficie total, siendo la agricultura de temporal la actividad antrópica mayor representada, seguida del pastizal inducido y agricultura de riego (tabla 5). Por lo anterior en un periodo de 14 años se han transformado 17,220 Ha, que corresponde al 3.51% de la superficie total.

Tabla 5. Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el periodo de 1986-2000.

TIPO DE VEGETACION	1986	%	1996	%	2000	%
Forestal						
Bosque de encino	80,634	16.43	75,915	15.47	75,773	15.44
Bosque de pino-encino	16,772	3.42	16,253	3.31	16,032	3.27
Bosque de táscate	8,126	1.66	7,886	1.61	7,789	1.59
Bosque mesófilo de montaña	1,521	0.31	1,434	0.29	1,392	0.28
Chaparral	8,750	1.78	8,739	1.78	8,739	1.78
Matorral crasicaule	43,196	8.80	43,082	8.78	43,073	8.78
Matorral desértico rosetófilo	71,877	14.65	70,044	14.27	69,992	14.26
Mezquital (incluye huizachal)	1,318	0.27	981	0.20	981	0.20
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	195,581	39.86	187,678	38.25	187,087	38.13
Área sin vegetación aparente	8,060	1.64	7,760	1.58	7,757	1.58
	435,835	88.82	419,772	85.55	418,615	85.31
No Forestal						
Agricultura de riego (incluye riego eventual)	9,834	2.00	10,738	2.19	10,799	2.20
Agricultura de temporal	29,536	6.02	41,228	8.40	41,742	8.51
Pastizal inducido	15,472	3.15	18,911	3.85	19,493	3.97
Zona urbana	1	0.00	29	0.01	29	0.01
	54,843	11.18	70,906	14.45	72,063	14.69

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

Tabla 6. Superficie forestal en hectáreas para la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el periodo de 1986-2000.

	FORESTAL	%	NO FORESTAL	%
SUPERFICIE TOTAL	490,678 Ha.			
1986	435,835	88.82	54,843	11.18
1996	419,772	85.55	70,906	14.45
18 de septiembre de 1998, se decreta como reserva de la biosfera				
2000	418,615	85.31	72,063	14.69

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 7.

Tabla 7. Tasa de transformación del hábitat para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el periodo 1986-2000.

Periodo	S1 (Ha)	S2 (Ha)	Cambio (Ha)	Años	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/año	Cambio acumulado (Ha)
1986-1996	435,835	419,772	-16,063	10	0.00375	0.37	4,016	16,063
1996-2000	419,772	418,615	-1,157	4	0.00069	0.07	105	17,220
1986-2000	435,835	418,615	-17,220	14	0.00288	0.29	1,253	17,220

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la zona en el año de 1986, donde se observa que la mayor superficie forestal en la zona es la selva baja caducifolia y subcaducifolia distribuida del centro hacia el sureste, así mismo el bosque de encino se encuentra ubicado en la porción centro hacia el suroeste. Mientras que el matorral desértico rosetófilo se ubica hacia el noroeste junto con el chaparral y matorral crasicaule. Los usos de suelo que se presentan son la agricultura de temporal en su mayoría al suroeste y la agricultura de riego distribuida a lo largo de la carretera y alrededor de la ciudad de Tehuacán.

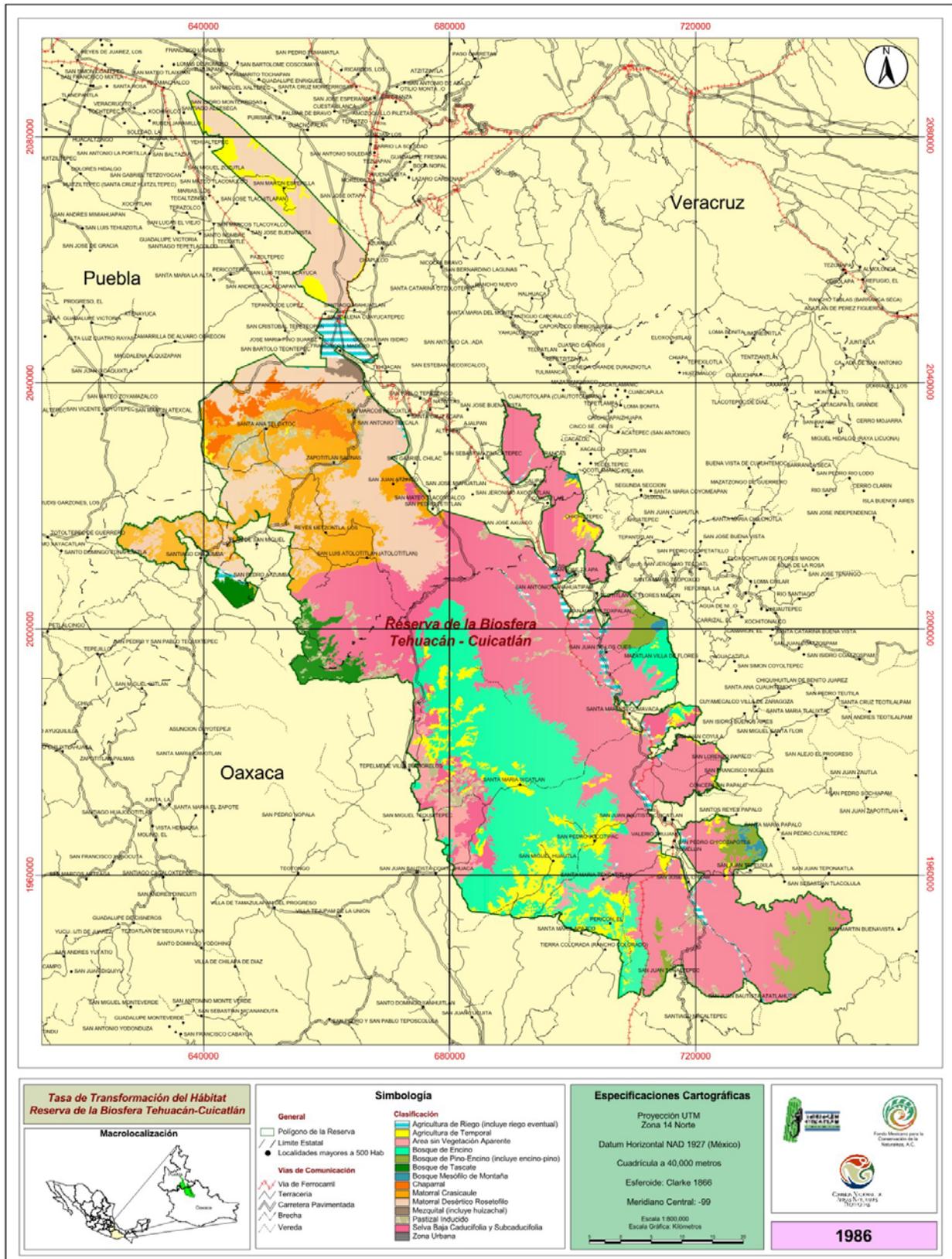


Figura 4. Uso de suelo y vegetación en 1986, para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Anterior al establecimiento como Reserva de la Biosfera en el periodo 1986-1996, el área presentó una transformación de 16,063 Ha, con una tasa de 0.37% (4,016 Ha/año), que sumadas a las 54,843 Ha transformadas en 1986 (tabla 6) da como resultado que en 1996 el área presente 70,906 ha transformadas por actividades antrópicas. Donde la agricultura de temporal avanzó sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia, el bosque de encino y matorral desértico rosetófilo, principalmente; el pastizal inducido, tuvo un avance mayor sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia, bosque de pino-encino, matorral desértico rosetófilo y bosque de táscate. Por otra parte la agricultura de riego presentó mayor impacto sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia (tabla 9).

Tabla 9. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo 1986 y 1996.

Vegetación y uso de suelo 80's a 90's	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Zona urbana
Forestal				
Bosque de encino	-13	-4,594	-98	
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	-11	-102	-403	
Bosque de táscate			-225	
Bosque mesófilo de montaña	0	-87		
Chaparral		-8	-3	
Matorral crasicaule		-28	-86	
Matorral desértico rosetófilo		-1,574	-259	
Mezquital (incluye huizachal)	-46	-291		
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	-989	-4,675	-2,298	
Área sin vegetación aparente		-350	77	
Total	-1,059	-11,709	-3,295	0
-16,063 Ha. transformadas en el periodo.				

En la figura 5, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la zona en el año de 1996, donde se observa el incremento de las áreas transformadas a pastizal inducido hacia el oeste de la reserva, la agricultura de temporal aumenta en el sureste y suroeste, así mismo un incremento en la agricultura de riego ubicado al sureste.

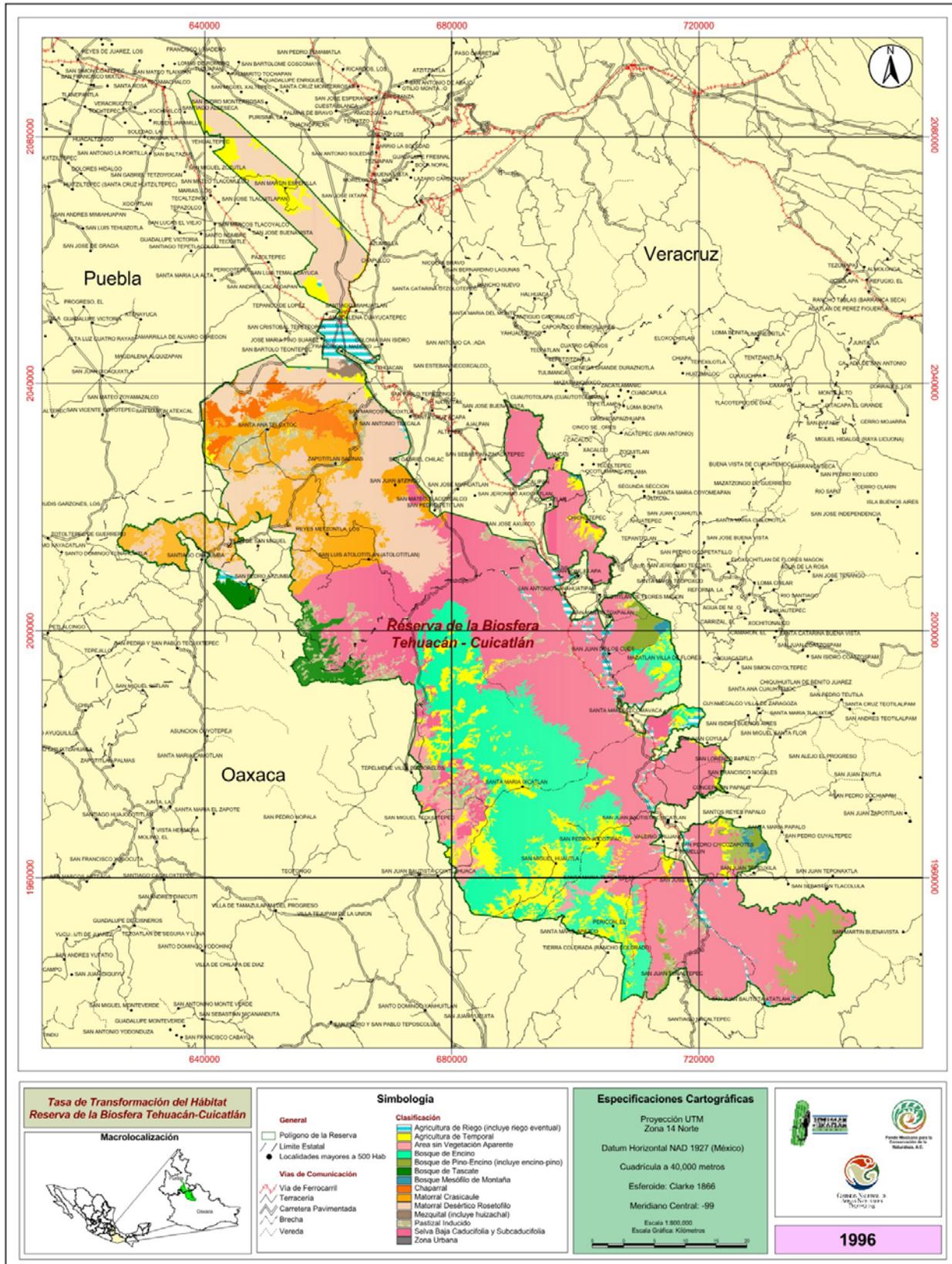


Figura 5. Uso de suelo y vegetación en 1996, para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

En el periodo 1996-2000 se establece el área como reserva de la biosfera, durante este periodo se presenta una tasa de transformación de 0.07% (105 Ha/año), transformándose una superficie de 1,157 Ha que sumado a las 70,906 Ha que se encontraban en 1996 da como resultado una superficie de 72,063 Ha presentes en el año 2000. En la tabla 10, se observa un incremento de las áreas de pastizal inducido y agricultura de temporal sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia principalmente (tabla 10).

Tabla 10. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo 1996 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 90's a 2000	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Zona urbana
Forestal				
Bosque de encino	0	-142	0	
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	-5	-76	-132	
Bosque de táscate			-98	
Bosque mesófilo de montaña	-30	-1	-12	
Chaparral		0	0	
Matorral crasicaule		-8	0	
Matorral desértico rosetófilo		-52	0	
Mezquital (incluye huizachal)	0	0	0	
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	-22	-232	-344	
Área sin vegetación aparente		-3	0	
Total	-57	-514	-586	0
-1,157 Ha. transformadas en el periodo.				

En la figura 6, se presentan los tipos de vegetación y uso de suelo para la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el año 2000, donde se observa un crecimiento en las áreas con pastizal inducido y agricultura de temporal sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia, principalmente al margen de los límites de la reserva y sobre algunos de los caminos de acceso.

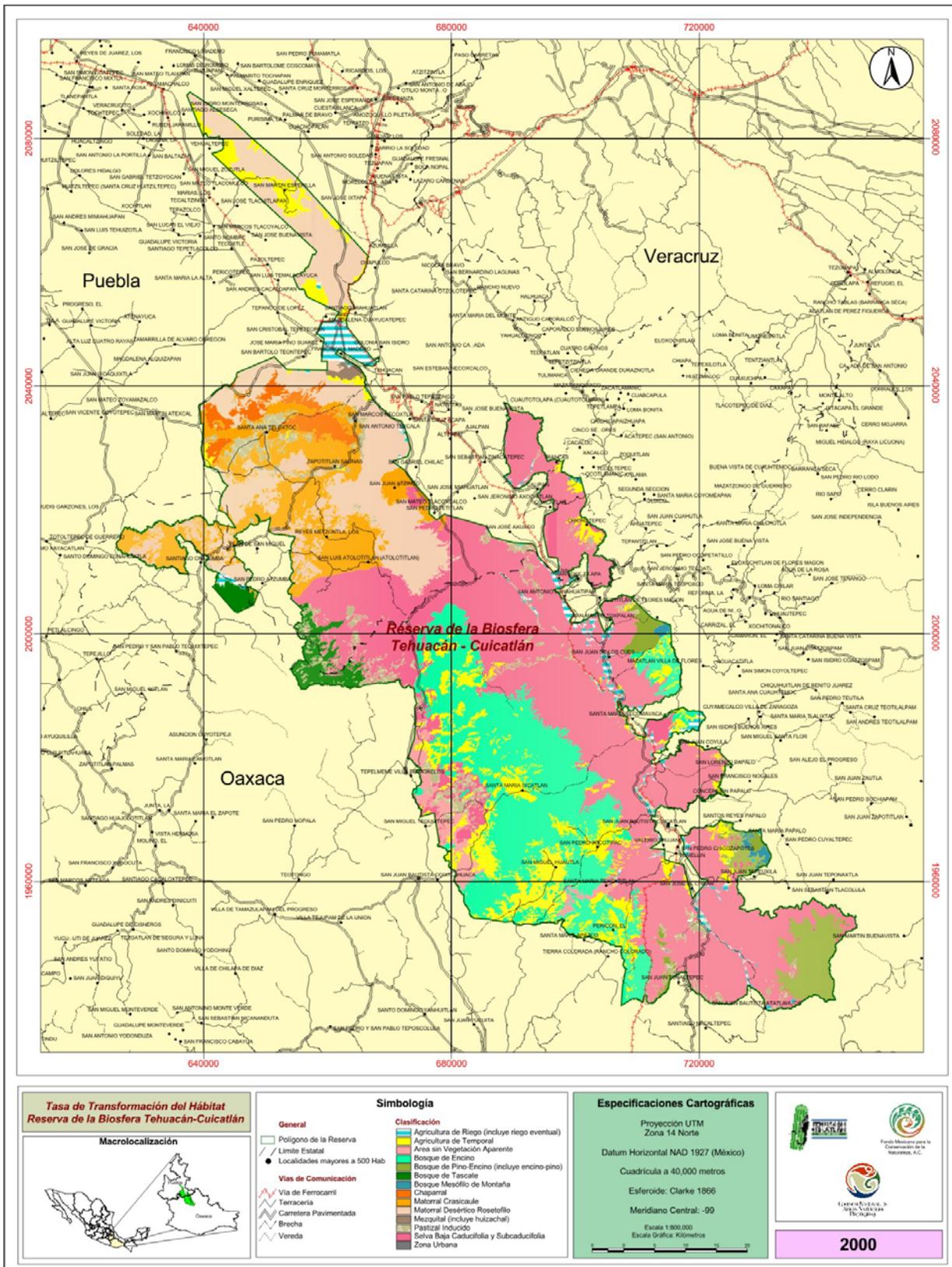


Figura 6. Uso de suelo y vegetación en 2000, para la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

En la tabla 11, se muestra la transformación del hábitat que ha sufrido el área en el periodo 1986 al 2000, en donde en 14 años se han transformado 17,220 Ha con una tasa de 0.29% (1,253 Ha/año).

Los usos del suelo que se presentan de mayor a menor proporción son: la agricultura de temporal, pastizal inducido y agricultura de riego (tabla 11). Estas actividades tienen un impacto mayor sobre la selva baja caducifolia y subcaducifolia. La agricultura de temporal también impacta al bosque de encino y matorral desértico rosetófilo, principalmente.

Tabla 11. Transformación de vegetación y uso de suelo en el periodo 1986 y 2000.

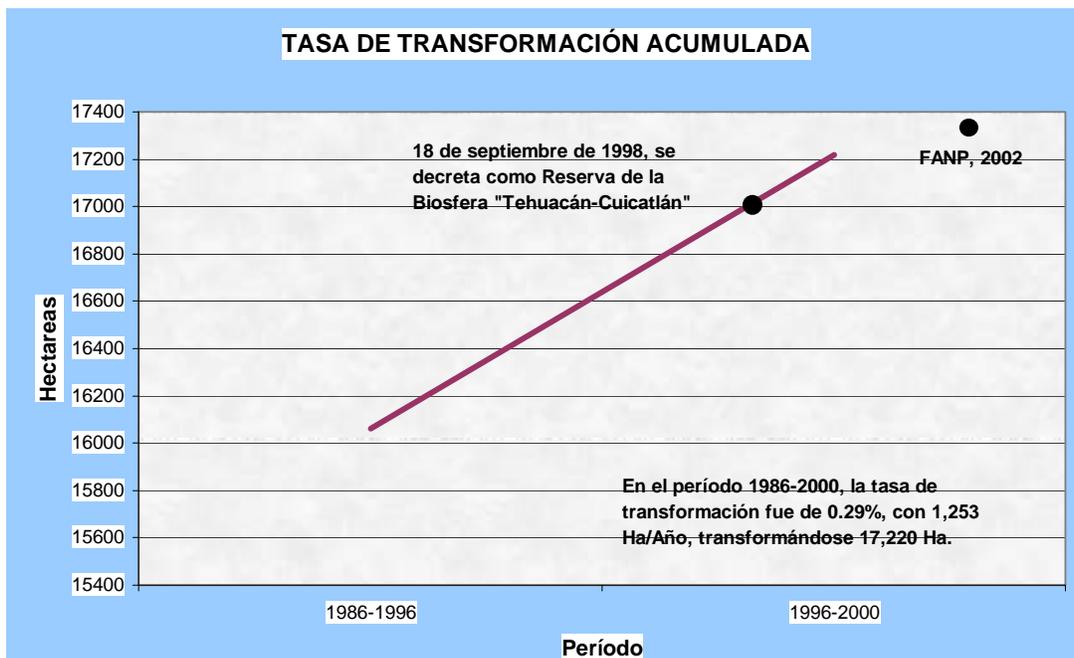
Vegetación y uso de suelo 80's a 2000	Transformación (Ha)			
	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	Agricultura de temporal	Pastizal inducido	Zona urbana
Forestal				
Bosque de encino	-13	-4,736	-97	
Bosque de pino-encino (incluye encino-pino)	-16	-178	-535	
Bosque de táscate			-323	
Bosque mesófilo de montaña	-30	-87	-12	
Chaparral		-8	-3	
Matorral crasicaule		-37	-86	
Matorral desértico rosetófilo		-1,626	-259	
Mezquital (incluye huizachal)	-46	-291	0	
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	-1,011	-4,906	-2,641	
Área sin vegetación aparente		-353	74	
Total	-1,116	-12,222	-3,882	0
-17,220 Ha. transformadas en el periodo.				

En la figura 7, se presenta la transformación del hábitat en el periodo correspondiente a 1986-2000, en color amarillo se marcan los usos del suelo presentes en el año de 1986 y en diversos colores las zonas en donde las actividades antrópicas han avanzado sobre las diferentes tipos de vegetación.

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)				FANP	Tasa de Transformación Anual (% Sup Total)	Ha/Año	# de años
	80's-90's	90's-2000	80's	90's				
Superficie en el periodo (Ha/año)	16,063 (4,016)	1,157 (105)				0.29	1,253	14
Superficie acumulada	54,843	70,906		72,063				
	Periodo de creación del FANP							
	Periodo en que se decretó el ANP							



Gráfica 1. Tendencia a la transformación del hábitat de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán"

La gráfica muestra una tendencia a incrementar la transformación del hábitat, sin embargo, es importante mencionar que si bien el área natural protegida fue establecida a partir de 1998 el gobierno federal inició los trabajos de administración a partir del año de 1999 y es hasta el año 2002 en donde la reserva cuenta con recursos adicionales del Fondo para Áreas Naturales Protegidas.

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.

Conclusiones

La tasa de transformación del hábitat obtenida para el polígono de la reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán en el periodo 1986-2000 fue de 0.29% con 1,253 Ha/año con una transformación total en 14 años de 17,220 Ha. Presentado el área en el año 2000, 72,063 Ha transformadas por actividades humanas lo que corresponde al 14.69.8% de la superficie total.

En 1996-2000, periodo en el que se establece la reserva se presenta una tasa de transformación de 0.07% (105 Ha/año), lo que representa que en este periodo se transformaran 1,157 Ha.

La transformación del hábitat por actividades humanas, se debe a los desmontes para la agricultura, que se presentan principalmente sobre las zonas en donde anteriormente se encontraban vegetación de selva baja caducifolia y subcaducifolia, bosque de encino y matorral desértico rosetófilo. Otra actividad que ha transformado el hábitat en la reserva, es la apertura de la cobertura vegetal en las selvas para la transformación de pastizales inducidos dedicados principalmente a la ganadería.

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

Si bien las imágenes de satélite son una herramienta para conocer los cambios en la cobertura vegetal en general, considerando el potencial forestal existe en el área, se requiere de información a mayor detalle que permita elaborar instrumentos de planificación para el adecuado manejo de las selvas, bosques y matorrales 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, 2003. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera "Tehuacán-Cuicatlán". Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. SEMARNAT. México. (Sin publicar)

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

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

Valiente-Banuet, A., Casas A., Alcantara A., Dávila P., Flores-Hernández N., Del Coro A. M. Villaseñor J.L. y J. Ortega R. 2001, La Vegetación del Valle de Tehuacan-Cuicatlán (en prensa).

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.