



FONDO MEXICANO
PARA LA
CONSERVACIÓN
DE LA NATURALEZA, A.C.
Institución Privada.



COMISION NACIONAL DE
ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS

CONTRATO No. 017-08-002

“Estimación y Actualización de la Tasa de Transformación del Hábitat de las Áreas Naturales Protegidas SINAP I y SINAP II del FANP”

***Área de Protección de Flora y Fauna
Corredor Biológico Chichinautzin***



Nombre del Consultor:
Blanca Patricia Velasco Tapia

Periodo del Reporte:
25 de Julio al 25 de Septiembre 2009

Morelia, Michoacán
25 de Septiembre 2009

Coordinación

Jorge Carranza Sánchez
Subdirección de Área
CONANP-SEMARNAT

Andrew John Rhodes Espinoza
Coordinador Central del FANP
FMCN - CONANP

Consultora

Blanca Patricia Velasco Tapia
FMCN – CONANP

Colaboración Técnica

Ignacio Paniagua Ruíz
Jefe de Departamento
CONANP-SEMARNAT

Héctor Martín Cruz Rojas
Técnico del SIG
CONANP-SEMARNAT



“© CNES 200_. 2003-2004, producida por ASERCA-CONANP bajo licencia de Spot Image, S. A.”

“SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2009.

Agradecemos a la Estación de Recepción Remota México de la constelación Spot (ERMEXS) por las facilidades brindadas para obtener las imágenes del satélite Spot. A la SEMARNAT través de la Dirección General de Información y Estadística por el apoyo proporcionado para la información cartográfica digital del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Índice

<i>Introducción</i> _____	4
<i>Antecedentes</i> _____	8
<i>Objetivo</i> _____	10
<i>Área de Estudio</i> _____	10
<i>Material</i> _____	13
Polígono oficial _____	13
Imágenes de satélite _____	13
Modelo Digital de Elevación (MDE) _____	15
<i>Metodología</i> _____	16
Rectificación de imágenes de satélite _____	16
Clasificación de imágenes de satélite _____	17
Áreas de cambio _____	19
Tasa de Transformación _____	21
<i>Resultados</i> _____	23
Imágenes de Satélite _____	23
Uso del Suelo y Vegetación _____	25
Áreas de Cambio _____	31
Tasa de Transformación del Hábitat. _____	36
<i>Conclusiones</i> _____	38
<i>Bibliografía</i> _____	39

Introducción

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra actualmente 171 áreas naturales de carácter federal que representan más de 23 millones de hectáreas. La CONANP es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), encargado de la Administración de las Áreas Naturales Protegidas (ANP).

Las ANP, son el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el Programa de Manejo y los Programas de Ordenamiento Ecológico. Las ANP constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados.

El establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP) representa una herramienta estratégica para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de México. Uno de los mecanismos para lograr este objetivo es el proyecto Fondo para Áreas Naturales Protegidas (FANP).

El FANP fue creado dentro del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. (FMCN), gracias al apoyo del Consejo de Áreas Naturales Protegidas. En 1997 el Gobierno Mexicano, el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A. C. y el Banco Mundial (BM) firmaron el acuerdo para la operación del FANP. Cuenta con recursos patrimoniales, cuyos intereses anuales apoyan la conservación de las áreas protegidas.

En 1998 el Global Environment Facility (GEF) evaluó un grupo de fondos ambientales a nivel mundial como parte de un estudio sobre el éxito de fondos patrimoniales en medio ambiente. Los resultados positivos de este análisis

abrieron las puertas al FMCN para la gestión de un segundo donativo del GEF. El primer donativo pasó a ser conocido como SINAP 1 y el segundo como SINAP 2, ya que ambos proyectos apoyan al Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

El programa FANP comprende los proyectos SINAP 1 y SINAP 2 apoyados por recursos patrimoniales provenientes del GEF, cuyos intereses son canalizados a ANP prioritarias. El FANP forma parte de un esfuerzo sin precedente entre la CONANP como responsable del manejo de las ANP; el BM, que actúa como agencia ejecutora del GEF; el FMCN, que está a cargo del manejo y canalización de los fondos, así como de la captación de apoyos adicionales; y las organizaciones de la sociedad civil, que apoyan en la administración de los recursos ejercidos por la CONANP y en la ejecución de proyectos.

El FANP cuenta con un sistema de monitoreo diseñado en 1998, que ha permitido evaluar los avances anuales con base en cuatro indicadores generales del proyecto, así como indicadores de cada área protegida (FMCN, 2009).

El programa de monitoreo permite medir los avances tanto del impacto en la conservación y uso sustentable de los recursos naturales, como el desempeño de los diferentes componentes. Este esquema respondió a una planificación a cinco años considerando el periodo 1998 a 2003, donde se establecieron cuatro indicadores de impacto para todo el proyecto: ***tasa de transformación del hábitat natural, frecuencia de observación de especies indicadoras, número de personas involucradas en proyectos de uso sustentable y número de hectáreas bajo esquemas de uso sustentable***. Como un indicador de contexto, se monitorea la tasa de crecimiento poblacional y su distribución dentro de las áreas núcleo, de amortiguamiento y de influencia de cada ANP.

Adicionalmente, cada ANP incluida en el proyecto contara con su propio sistema de monitoreo y evaluación, que a su vez servirá de sustento al esquema general. La conexión entre el esquema general y el específico son los cuatro indicadores de impacto en cada ANP, a partir de los cuales se ha diseñado su esquema de monitoreo y evaluación particular.

A partir del año 2000 cuando se creó la CONANP estableció como una de sus prioridades la evaluación de acciones, así como de los impactos generados en los ecosistemas y/o poblaciones. Para ello creó la Dirección de Evaluación y Seguimiento, cuyas atribuciones publicadas en el Reglamento Interior de la SEMARNAT, se refieren al establecimiento de sistemas, indicadores y procedimientos para la medición de impactos de las acciones de conservación y sus avances en las ANP y la supervisión de estos a través del Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación (SIMEC). El sistema de monitoreo y evaluación del FANP complementa las actividades del SIMEC.

El monitoreo proporciona a los administradores y otros tomadores de decisiones, la información necesaria para llevar a cabo y de manera eficiente, las acciones relacionadas con el funcionamiento general y el manejo sostenible del área. El Sistema de Monitoreo entonces, es un instrumento que orienta la gestión en el manejo del área protegida. La producción de información para la toma de decisiones implicará el conocimiento de qué y cómo se debe manejar las áreas protegidas.

En este sentido uno de los temas ambientales que mayor controversia ha generado en los últimos años en México es la magnitud y el ritmo al que se desmontan los bosques y selvas del país para convertirlos a otras formas de uso del suelo (por ejemplo: campos de cultivo, potreros, zonas urbanas, etc.). El tema no es de menor importancia, toda vez que la deforestación es una de las principales amenazas para la biodiversidad, conlleva la pérdida de numerosos servicios ambientales fundamentales y porque su ocurrencia es evidente, aún para el observador casual, en muchas partes del país.

Los ecosistemas existentes dentro de las áreas protegidas son diversos y complejos, por lo que es importante establecer el estado actual en el que se encuentran. Conocer aspectos generales como la superficie, forma y extensión, permitirá establecer parámetros básicos para su posterior valoración de cada ecosistema. Apoyados con las herramientas brindadas por la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, los ecosistemas se podrán identificar,

tipificar y cuantificar, verificando siempre con datos levantados en campo, ya sea por la metodología básica propuesta por el sistema de monitoreo (mediante observación directa del personal del área) o por el trabajo específico de especialistas sobre aspectos biológicos, o geomorfológicos, o geológicos, etc., o tratando de combinarlos. Este tipo de información posibilita construir mapas de distribución de cada ecosistema, los que posteriormente pueden ser cruzados, con otras coberturas temáticas para establecer mapas de valoración para cada área.

El presente trabajo tiene como objetivo recopilar información del Uso del Suelo y Vegetación de diferentes fechas y actualizar los datos de la tasa de transformación del hábitat, como indicador de impacto de las Áreas Naturales Protegidas de interés del Fondo para Áreas Naturales Protegidas cuyos trabajos han sido realizados por el área responsable del Sistema de Información Geográfica de la CONANP en coordinación con las regiones CONANP y las ANP, con base en el ***“Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México”*** (CONANP, 2007). A partir del establecimiento de la línea de base del año 2000 con imágenes del satélite Landsat ETM+ y el seguimiento para los años 2005 y 2008, utilizando imágenes del satélite SPOT, obtenidas a través de la Estación de Recepción México de la Constelación SPOT (ERMEXS).

Antecedentes

La CONANP desarrolló a partir del 2000 el interés por conocer la dinámica de cambio en la cobertura vegetal en las ANP federales a partir del análisis de imágenes de satélite de diferentes épocas. En primera instancia fueron consideradas las ANP que se encuentran dentro del fondo de Áreas Naturales Protegidas. Para este trabajo se utilizaron imágenes de satélite Landsat de los sensores MSS, TM y ETM. Una de las ventajas de usar estas imágenes fue la disponibilidad sin costo alguno reduciendo de esta forma los gastos del proyecto. En un inicio con las imágenes del programa NALC (North America Landscape Characterization) a través de la CONABIO y la adquisición de las imágenes Landsat por parte de gobierno federal (INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, etc).

Posteriormente la CONANP continuo a partir del 2004 con los trabajos de tasa de transformación del hábitat en colaboración con el proyecto de Manejo Integrado de Ecosistemas (MIE) analizando el Uso del Suelo y Vegetación en 3 Ecoregiones Prioritarias; Los Tuxtlas, la Chinantla y la Montaña, en su fase inicial a través del uso de las imágenes de satélite Landsat ETM y para los años a partir del 2004 con el empleo de las imágenes SPOT.

Como parte de los trabajos de reapropiación del programa de trabajo de la CONANP en el 2004 surge la necesidad de establecer el indicador para medir la Tasa de Transformación del Hábitat en ANP estableciendo como indicador las ANP's donde *“se mantienen o reducen la velocidad de cambio de la transformación de los ecosistemas naturales”*, con metas establecidas para 43 ANP, con un monitoreo anual y resultados que serían compilados en una base de datos, generando documentos donde se reportarían los resultados. El FANP en coordinación con la CONANP realizaron la contratación en el 2008 del Dr. Víctor Sánchez Cordero en el trabajo titulado ***“Diagnóstico de la efectividad de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales para prevenir el cambio en el uso del suelo y la vegetación”*** (Sánchez-Cordero *et. al.*, 2008). Este trabajo aborda la capacidad de un conjunto de ANP federales, para contener procesos de

cambio en la vegetación. Se evaluó el porcentaje de superficie transformada en 2002 y la tasa de cambio de la superficie transformada entre 1993 y 2002. Además se realizó una comparación entre las tasas de cambio de la superficie transformada en las ANP, las áreas circundantes (AC) de 10 Km a partir de los límites de las ANP y en sus ecoregiones.

Este mismo año con el fin de dar continuidad a los trabajos que el FANP había desarrollado en coordinación con la CONANP, se retoma la contratación de personal técnico para obtener la tasa de transformación del hábitat de 3 ANP (Maderas del Carmen, Sierra de los Álamos y Sierra la Laguna).

A partir de este año 2009, el FMCN y la CONANP se plantean la recopilación de los trabajos elaborados de tasa de transformación del hábitat para las ANP con énfasis en las áreas que se encuentran dentro de los programas del SINAP 1 y SINAP 2 del Fondo para Áreas Naturales Protegidas.

El ANP de interés para el presente trabajo es el Corredor Biológico Chichinautzin (CoBio), una de las zonas protegidas más importantes de México que, dada su cercanía con la zona metropolitana del Distrito Federal, se encuentra sujeta a intensos procesos de deterioro y cambios de uso del suelo.

En el año del 2003 se realizó la primera evaluación del CoBio (FANP-CONANP, 2003), en donde, se emplearon imágenes de satélite Landsat correspondientes a las décadas de los 70's, 80's, 90's y 2000. Los datos obtenidos para el Corredor Biológico Chichinautzin fue que para el año 2000 contaba con una superficie No Forestal transformada de 23,519 Ha que correspondían al 35.8% de la superficie total del Corredor. En el periodo analizado entre 1973 y 2000, se estimó una tasa de 0.74%, equivalente a 378 Ha/año, transformándose en 27 años 9,290 Ha. Donde el avance de la frontera agrícola se presentaba principalmente sobre el Bosque de Pino-Encino y la Selva baja Caducifolia y Subcaducifolia. El análisis en estos periodos mostraron un incremento continuo en la tasa de transformación del hábitat; siendo el periodo 1989-2000 el que presenta la tasa más alta con 1.18 %.

Objetivo

- ◆ Estimar y/o actualizar la tasa de transformación del hábitat del Corredor Biológico Chichinautzin correspondiente a la Región Centro y Eje Neovolcánico, para los años 2000, 2005 y 2008.

Área de Estudio

El corredor biológico Chichinautzin pertenece a la Región Centro y Eje Neovolcánico de la CONANP, está constituido por el Parque Nacional Lagunas de Zempoala, el Parque Nacional El Tepozteco y el Área de Protección de Flora y Fauna Corredor Biológico Chichinautzin, en conjunto ocupan una superficie aproximada de 65,754 Hectáreas.

Situada principalmente en la parte norte del estado entre los 1,250 y los 4,000 metros de altitud, "El Corredor Biológico Chichinautzin-Zempoala-Tepozteco" comprende los municipios de: Tlalpan y Milpa Alta (Distrito Federal), Ocuilan, Tianguistenco y Juchitepec (Estado de México), Huitzilac, Cuernavaca, Tepoztlan, Yautepec, Tlayacapan, Atlatlahuacan, Totolapan y Tlalnepantla (Estado de Morelos). Contiguas a esta región, se encuentran por el noroeste, las cumbres alrededor del Ajusco y Huitzilac, y también, las alturas máximas de tres sierras más pequeñas, que avanzan desde el Ajusco hacia el interior del estado: la de Santo Domingo y la de Tlalnepantla-Totolapan.

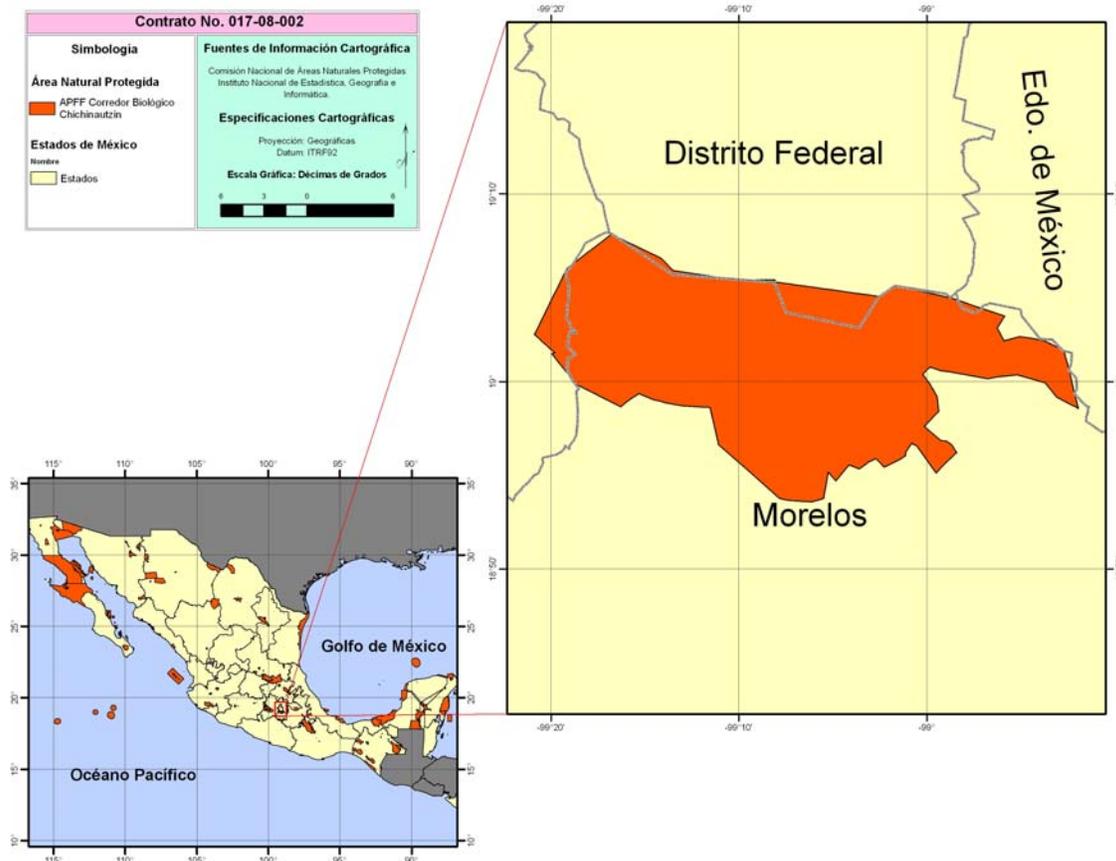


Figura 1.- Ubicación geográfica del Corredor Biológico Chuchinautzin.

Su ámbito altitudinal junto con la heterogeneidad topográfica, histórico-geológica y climática, generan una gama de condiciones ecológicas que se traduce en una notable diversidad de hábitats y especies.

La zona alberga una notable gama de tipos de vegetación y asociaciones, entre las que destacan las siguientes: Bosque de pino: este tipo de bosque se asocia a los pisos climáticos templados, y se encuentra dominado por varias especies de *Pinus*. Bosque de Oyamel, se entremezcla con el pino, aunque algunas veces se extiende a pisos altitudinales mayores, la especie dominante es *Abies religiosa*.

Bosque de Encino, este bosque se ubica en vecindad inmediata al de pino; en segmentos se observa la dominancia de *Quercus* spp., y a veces en franca asociación con los pinos, formando asociaciones pino-encino y encino matorral. Matorral roseto-filo crassicaule, comunidad que se establece fundamentalmente sobre terrenos de malpais, generados por la presencia de derrames del volcán Chichinautzin, es una comunidad sucesional florísticamente diferenciada, en la que se distinguen especies de afinidad desértica como, *Agave horrida*, *Hechtia podantha* (guapilla) y *Yucca* sp. Selva baja caducifolia y bosque de coníferas y encino: hacia las partes bajas del área protegida y, en los puntos de contacto de la vegetación templada y tropical, se ubican las asociaciones en las que destaca: el cazahuate (*Ipomoea arborea*), el mezquite (*Prosopis* sp.), el bonete (*Jacaratia mexicana*) y el cuajote colorado (*Bursera morelensis*).

La fauna incluye, en concordancia con la vegetación, una gama de elementos típicos de diversos hábitats, incluyendo especies de comunidades templadas, tropicales y de ambas, junto con algunos taxa endémicos. Algunas de las especies características de la región son: Conejo Teporingo (*Romerolagus diazi*), gorrión zacatero (*Xenospizabaileyi*), la importancia de estas dos especies radica en que son endémicas, es decir, que sólo las encontramos en esta región y que no hay más en el mundo; colibrí (*Amazilia beryllina*), bencejo (*Streptoprocne semicollaris*), halcón cernicalo (*Falco sparverius*), conejo silvestre (*Sylvilagus* spp.), lince (*Lynx rufus*), zorrillo (*Mephitis macroura*), ardilla (*Sciurus aureogaster*), venado cola blanca, (*Odocoileus irginianus*), ajolote (*Rhyacosiredon zempoalensis*), ratón de los volcanes (*Neotomodon alstoni*), codorniz arlequín (*Cyrtonix montezumae*).

El corredor biológico Chichinautzin has sido clasificado como amenazado críticamente, resulta realmente difícil hacer una caracterización coherente de la problemática del Corredor, ya que se trata de una intrincada red de factores entrelazados y hasta cierto punto indistinguible, al grado de que se dificulta determinar cuándo empieza uno y termina el otro, pero además que adquieren una sinergia tan abrumadora que aparenta ser difícil detener.

El principal problema, desde la constitución de estas áreas naturales protegidas, es que no ha habido recursos para darles una adecuada administración. Las fronteras ganadera, agrícola, y urbana han ido avanzando sobre la zona forestal y, además, esta última está sujeta a saqueo y cacería furtiva, lo que ha estado provocando el cambio de uso del suelo. La práctica de quemar los bosques para convertirlos en zacatonales, para alimento de las ovejas, provoca que ésta sea una de las zonas con más alta incidencia de incendios en el país con un promedio de 900 anuales. También existen problemas de invasiones en el Ajusco, Huitzilac, Tepoztlán, Cuernavaca, La Calera, El Texcal, Ocotlán, Oaxtepec y Tlayacapan. Además la venta ilegal de tierra de monte y roca volcánica.

Material

Polígono oficial

El polígono se obtuvo de la base cartográfica de la cobertura de Áreas Naturales Protegidas Federales de México, elaborada a partir de la descripción de los decretos publicados en el Diario Oficial de la Federación, esta cobertura se encuentra en formato compatible ArcInfo con una proyección cartográfica en Geográficas y un Datum Horizontal ITRF92.

<http://www.conanp.gob.mx/sig/informacion/info.htm>

Imágenes de satélite

En el acervo histórico de la Subdirección a cargo del Sistema de Información Geográfica de la CONANP se contaba con imágenes de satélite Landsat ETM del año 2000 para el área de estudio (Tabla 1).

Tabla 1.- Imágenes del satélite Landsat.

Sensor	Path	Row	Fecha	Resolución (metros)	Número de bandas
ETM	26	46	04-jul-00	30	7
ETM	26	47	05-jul-00	30	7

Con base en el polígono de las ANP fueron seleccionadas las imágenes de satélite SPOT necesarias para este trabajo, mismas que fueron solicitadas a la Estación de Recepción México del satélite SPOT (ERMEXS) a través de la Subdirección de Área a cargo del Sistema de Información Geográfica de la CONANP como gestor oficial. Solo fueron solicitadas aquellas imágenes que no se encontraban en el acervo de imágenes de la CONANP. Un total de 15 imágenes fueron utilizadas para el cubrimiento completo del área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2.- Imágenes de satélite SPOT.

Sensor	K	J	Fecha	Resolución (metros)	Número de Bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
Spot 5	588	312	24-abr-04	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	588	312	24-abr-04	2.5	1	Pancromática	1A
Spot 5	589	312	09-nov-04	2.5	1	Pancromática	1A
Spot 5	589	312	09-nov-04	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	587	312	21-nov-06	2.5	1	Pancromática	1A
Spot 5	587	312	21-nov-06	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	589	312	27-nov-06	2.5	1	Pancromática	1A
Spot 5	589	312	27-nov-06	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	588	311	13-ene-07	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	588	312	13-ene-07	2.5	1	Pancromática	1A
Spot 5	589	312	28-ene-07	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	589	312	07-ene-08	2.5	1	Pancromática	1A
Spot 5	589	312	07-ene-08	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	588	312	17-ene-08	10	4	Multiespectral	1A
Spot 5	588	312	17-ene-08	2.5	1	Pancromática	1A

Modelo Digital de Elevación (MDE)

El Modelo Digital de Elevación (MDE) se obtuvo de la página del INEGI (<http://mapserver.inegi.gob.mx/DescargaMDEWeb>) tomando en cuenta las coordenadas extremas del polígono (Figura 2). El mapa muestra el MDE, las partes más bajas están en color rosa, mientras que las azules las zonas medias y las marrones indican elevaciones mayores.

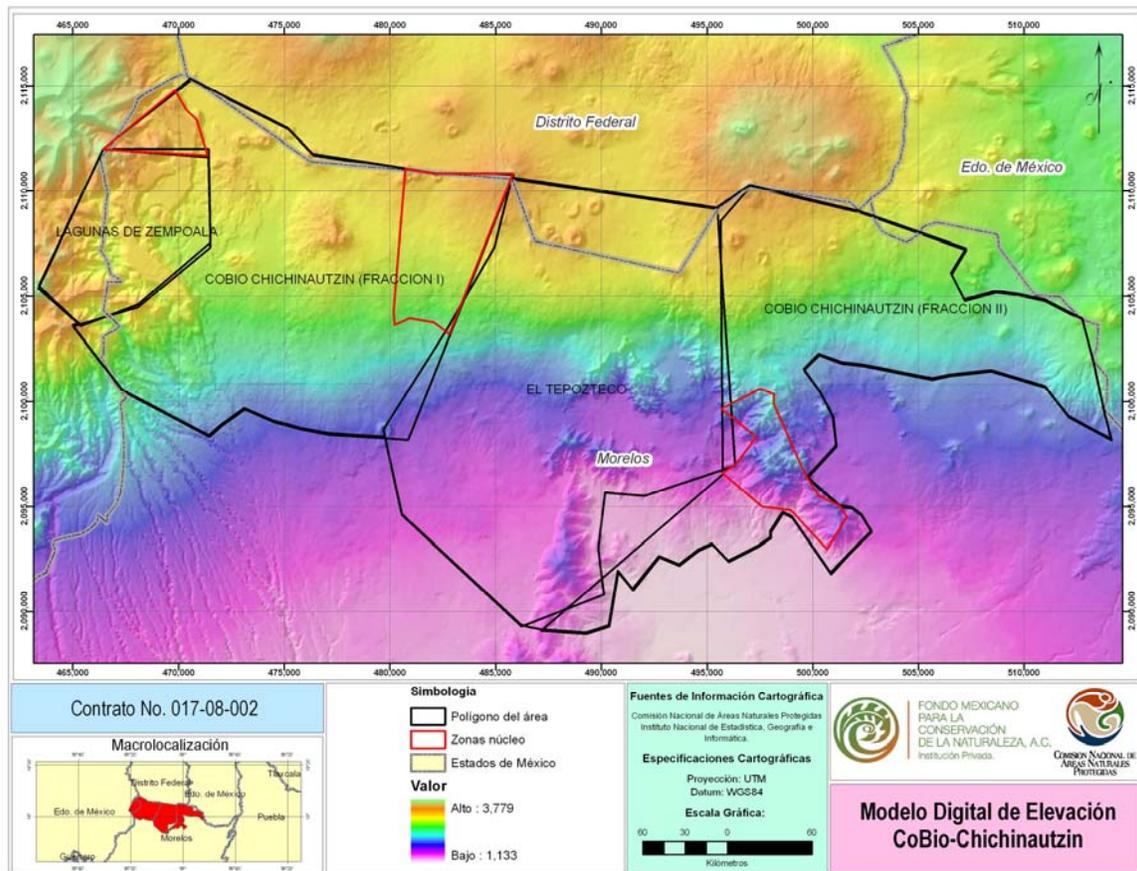


Figura 2.- Modelo Digital de Elevación INEGI, 1:50,000.

Metodología

La metodología empleada ha sido establecida en el *“Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México”* elaborado por la Subdirección de Análisis de Información Espacial de la CONANP en el 2007. Con la intención de que los resultados de cambio de Uso de Suelo y Vegetación puedan ser comparados con otras Áreas Naturales Protegidas de México.

La leyenda de los tipos de uso del suelo y vegetación, que se identificaron se agruparon con base en la clasificación de Rzedoswski, 1983; UNAM, 2000 e INEGI serie III.

Rectificación de imágenes de satélite

Las imágenes son procesadas en el programa ERDAS 8.7. Para la rectificación geométrica de las imágenes, se emplea el Modelo Digital de Elevación (MDE) escala 1:50,000 del INEGI, y la información de las efemérides que incluye la posición del satélite al momento de capturar las escenas SPOT, permite realizar el proceso de ortorectificación de una manera más sencilla y rápida obteniendo un mejor resultado en comparación con el proceso de georeferenciación.

Al utilizar las efemérides del sensor SPOT5 se definen los parámetros de orientación interior y exterior, por lo cual se puede proceder directamente, con apoyo del Modelo Digital de Elevación, a coleccionar de forma automática los datos de altitud (Z) y realizar la ortorectificación directamente sobre las escenas.

En Spot 4 y Spot 5 la información suministrada por el pasajero DORIS permite obtener una rectificación con una precisión inferior a 1 m. Esto sólo concierne a la posición del satélite en su órbita. La precisión final de localización de las imágenes en tierra también es función de la precisión de la puntería del satélite y sus instrumentos (actitud del satélite, ángulo de puntería del espejo, etc.).

Otra de las ventajas es que al realizar este proceso, sobre las dos escenas la multiespectral de 10 m y la pancromática de 2.5 se obtiene un producto más fino y con una excelente calidad, una imagen a color con una resolución de 2.5, lo que permite hacer una buena clasificación.

El uso de las bondades del sensor SPOT5, las herramientas de Erdas Imagine y el conocimiento del personal especializado, ha permitido realizar las actividades de ortorectificación de manera automatizada, disminuyendo casi un 90% del tiempo destinado para realizar estos procesos pre-clasificatorios.

Clasificación de imágenes de satélite

Una vez rectificadas geoméricamente las imágenes multiespectrales se realiza un falso color RGB 1,2,3 (verde, rojo e infrarrojo) resaltando en rojo la vegetación existente. El contar con falsos colores permite un análisis interactivo, como base para la realización de la interpretación visual a fin de identificar los sitios de entrenamiento y la identificación de los tipos de uso del suelo y vegetación. La observación de las cubiertas vegetales puede apoyarse en el gran contraste cromático que presenta la vegetación vigorosa entre las distintas bandas del espectro, y singularmente entre el visible (alta absorción, baja reflectividad) y el IRC (alta reflectividad) (Hutchinson, 1982; Travaglia, 1990). De ahí que cuanto mayor sea el contraste entre esas bandas, mayor será el vigor de la vegetación, y más clara su discriminación frente a otros tipos de cubierta. Con base en la información cartográfica del Inventario Forestal Nacional 2000-2001, escala 1:250,000 y la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación INEGI Serie III, así como con base a los límites del área de estudio, se establecieron los diferentes sitios de entrenamiento a fin de generar las firmas espectrales.

Las firmas espectrales se generan utilizando las 4 bandas que presenta la imagen SPOT multiespectral. La firma espectral se define como un patrón de respuesta que es característico ya que cada material en la naturaleza tiene su propia interacción con la energía electromagnética. La base de una clasificación es

encontrar algunas áreas del espectro electromagnético en las cuales la naturaleza de esta interacción sea diferente para los materiales dentro de la imagen (Hutchinson, 1982). Las firmas espectrales son verificadas a través de un método gráfico denominado “diagrama de firmas” donde el valor medio de la reflectancia de la respuesta espectral de cada firma es graficado para todas las bandas.

Una vez ya definidas y evaluadas las firmas espectrales con base a la leyenda de trabajo, se ordenaron los píxeles de la imagen en distintos valores de clases, usando una regla de decisión a través de una clasificación supervisada. El algoritmo matemático utilizado, es el de Máxima Probabilidad, la cual se basa en la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase particular, a partir de sus vectores de medias y matrices de varianza – covarianza (Bartolucci, 1979; UNIGIS, 2002). La ecuación asume que estas probabilidades son iguales para todas las clases y que las bandas de entrada tienen distribuciones normales.

De la clasificación se obtiene el porcentaje por clase, con la finalidad de establecer a cada categoría la probabilidad indirecta equivalente a la superficie que ocupa en el área de estudio. A través de una variante de la regla de decisión de la máxima probabilidad que se conoce como regla de decisión Bayesiana (Teoría de Probabilidad Bayesiana), este método asemeja la distribución real de los niveles digitales en esa categoría, por lo que nos permite calcular la probabilidad de que un píxel (con un determinado nivel digital) sea miembro de ella (Chuvieco, 2000; Eastman, 1999). El cálculo se realiza para todas las categorías que intervienen en la clasificación, asignando el píxel a aquélla que maximice la función de probabilidad.

Una vez efectuada la clasificación automatizada es apoyada con la interpretación visual en pantalla. En este marco, se puede aprovechar la potencia de análisis de interpretación visual (incluyendo criterios de contexto, textura, formas complejas que puede emplear el intérprete), así como la flexibilidad y potencia del tratamiento digital (imagen georeferida, mejoramiento en su aspecto visual, digitalización de la información en pantalla, etc.). Se trata de una fotointerpretación asistida por el ordenador, que elimina diversas fases de la interpretación visual

clásica (restitución, inventario). Con la interacción visual el intérprete puede resolver algunos problemas del tratamiento digital, que encuentra notables dificultades para automatizar la interpretación de ciertos rasgos de la imagen (algunas nubes, áreas urbanas, etc.) que son bastante obvios al análisis visual.

Las coberturas obtenidas en raster se convierten a vectores en formato de Arcinfo, y son corregidos aquellos polígonos que no estaban acorde al límite del tipo de uso del suelo y vegetación, a través de la interpretación visual siguiendo el método de la FAO 2000 (FAO, 2001). Eliminando también el área mínima cartografiable de 2 mm² a 10,000 metros cuadrados para una escala de 1:50,000. El tratamiento digital permite realizar operaciones complejas o inaccesibles al análisis visual, sin embargo el análisis visual es una alternativa para modificar la cartografía generada a partir de un análisis digital, identificando clases heterogéneas. Auxiliando la clasificación digital, aislando sectores de potencial confusión sobre la imagen, o estratificando algunos sectores de la imagen para aplicarles tratamientos específicos.

Por lo anterior, la primera tarea es clasificar de forma automatizada cada una de las imágenes que se encuentran dentro del polígono del área de estudio, utilizando ERDAS Imagine. El método utilizado es “supervisado”, en el cual se utilizan las firmas espectrales. Estos grupos equivalen a píxeles con un comportamiento espectral homogéneo y, por tanto, debe de definir clases temáticas de interés. Cuando las imágenes quedan plenamente delimitadas y corregidas, son transferidas a ArcMap para elaborar los mapas correspondientes y poder calcular la superficie por categoría.

Áreas de cambio

La detección de cambio en la cubierta vegetal, tiene como objetivo analizar que rasgos presentes en un determinado territorio se han modificado entre dos o más fechas, haciendo referencia al tipo de transformación.

La cuantificación de cambio resulta de la diferencia, mediante sobreposición cartográfica, entre los mapas de cobertura de una fecha base y una fecha a comparar, de ello resulta una matriz de transición, con un valor de cada clase que ha cambiado (más dinámicas), y una indicación de aquellas clases que no han cambiado (más estables). También se deriva una evaluación de clases de cobertura y uso atractoras de territorio de otras clases y de cobertura que pierden territorio con otras clases (UNAM, 2000).

El cruce de los mapas se realizará en Arcinfo. Del mapa de cambio se exporta la base de datos a un archivo *.dbf del cual se obtendrán datos de superficie total por categoría y la diferencia de superficie entre clases de una fecha a otra. De acuerdo con Ramírez y Zubieta (2005), se maneja la siguiente matriz de transición que incluye la reagrupación de categorías de acuerdo al tipo de transformación al que hayan sido sometidos dentro del periodo:

Deforestación. Pérdida del arbolado, denso o abierto, por cambio a usos No Forestales.

Perturbación. Pérdida o aclarado del arbolado sin cambio en el uso de suelo.

Recuperación. Restablecimiento de arbolado denso sobre áreas perturbadas, aclaradas o de vegetación arbustiva.

Revegetación. Establecimiento de vegetación secundaria por abandono de parcelas agrícolas, pecuarias o vegetación recuperada después de algún evento de rápida transformación sobre la cobertura vegetal (áreas afectadas por incendios, deslaves, inundaciones, etc).

Crecimiento urbano. Incremento de la superficie ocupada por áreas habitacionales o industriales.

Cambios en nivel del agua. Aumento o descenso en el nivel de los cuerpos de agua.

Vegetación conservada sin cambio.

Vegetación perturbada sin cambio.

Usos agropecuarios sin cambio.

Otras cubiertas sin cambio.

		Uso de Suelo y Vegetación Fecha 2												
		Clases	B1	B2	B...n	Bp1	Bp2	Bp...n	A1	A2	A...n	U	Agua	TOTAL 1
Uso de Suelo y Vegetación Fecha 1	B1													
	B2		B											
	B...n													
	Bp1													
	Bp2					Bp								
	Bp...n													
	A1													
	A2								A					
	A...n													
	U													
	Agua													
TOTAL 2														

- Deforestación
- Perturbación
- Recuperación
- Revegetación
- Crecimiento urbano
- Cambios en el nivel de :
- B Vegetación conservada sin cambio
- Bp Vegetación perturbada sin cambio
- A Usos agropecuarios sin cambio
- O Otras cubiertas sin cambio

Diseño de la Matriz de Transición. Los datos se ordenan de mayor a menor grado de antropización de la cubierta, excepto el agua. B = Vegetación Primaria (Bosque-Selvas Densas); Bp= Vegetación Secundaria (Bosque-Selva perturbado); A= Usos Agropecuarios; U= Zona Urbana; Agua = Cuerpos de Agua (lagos, lagunas, ríos, etc.).

Tasa de Transformación

Los tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes, se agruparon en vegetación forestal y vegetación no forestal. La primera contiene 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), expresada de la siguiente manera:

$$\delta = 1 - \left[1 - \frac{S_1 - S_2}{S_1} \right]^{1/n}$$

Donde:

δ = tasa de cambio

S_1 = superficie forestal, al inicio del periodo

S_2 = superficie forestal, al final del periodo

n = número de años entre las dos fechas

Utilizando herramientas de los SIG, se realiza la intersección entre las coberturas de cada fecha, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realiza sobreponiendo la primera fecha sobre la segunda. Una vez realizada la intersección, se calcula 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 fecha. 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

Imágenes de Satélite

Las imágenes finales tienen una proyección cartográfica UTM, Datum-WGS84, Esferoide-WGS84, Zona-14 Norte.

La imagen Landsat ETM del año 2000, se trabajo en una combinación de falso color RGB de las bandas 4, 3, 2 que corresponde al Infrarrojo, Rojo y Verde. Donde las tonalidades en rojo son los bosques, los tonos cafés las selvas y las área en color blanco y gris asentamientos humanos, cultivos y pastizales.

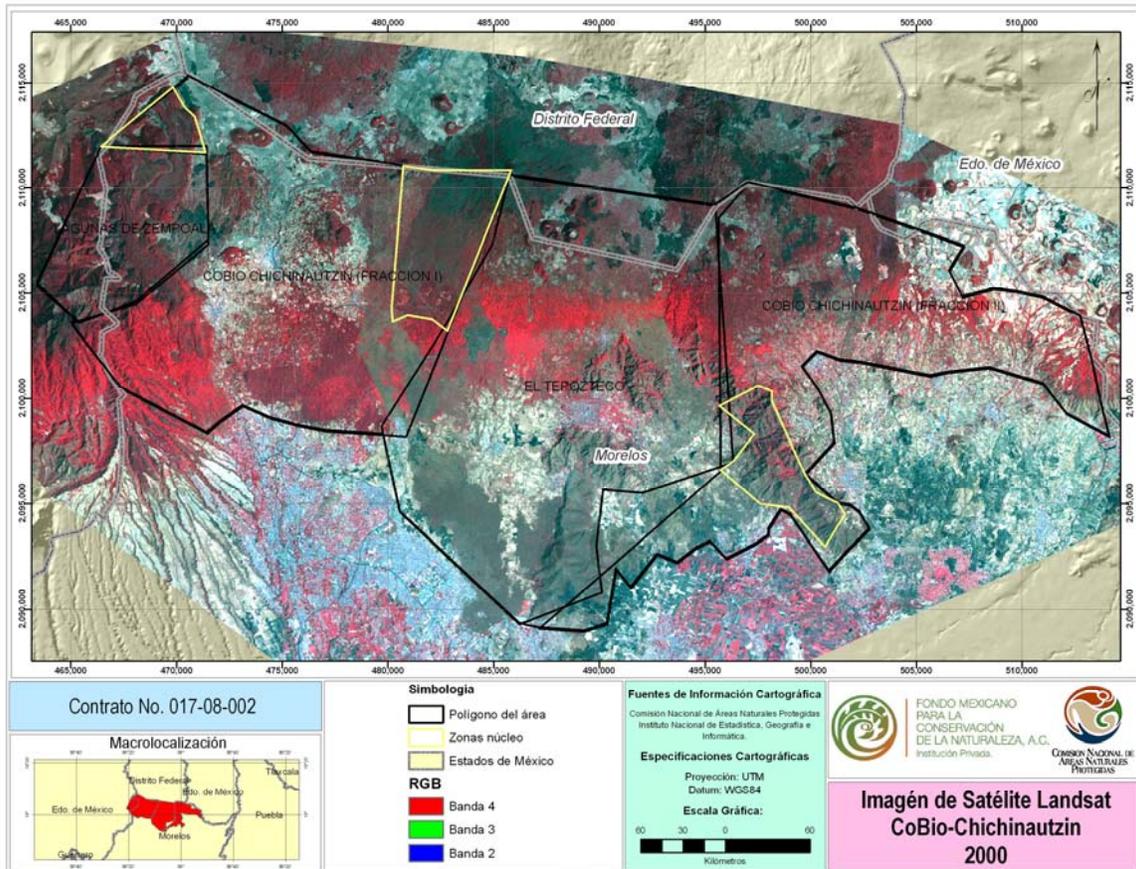


Figura 3.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4,3,2.

Las imágenes SPOT de los años 2004 y 2008 el falso color es RGB de las bandas 1, 2, 3 corresponde al verde, rojo e infrarrojo, con el despliegue similar al obtenido con la imagen Landsat. (Figura 4 y 5). La imagen del 2004 presenta un porcentaje de nubosidad muy bajo, con algunos cúmulos de nubes en la región Oeste del Corredor Biológico, mientras que la imagen del 2008 presenta un mayor cúmulo de nubes hacia la porción Oeste.

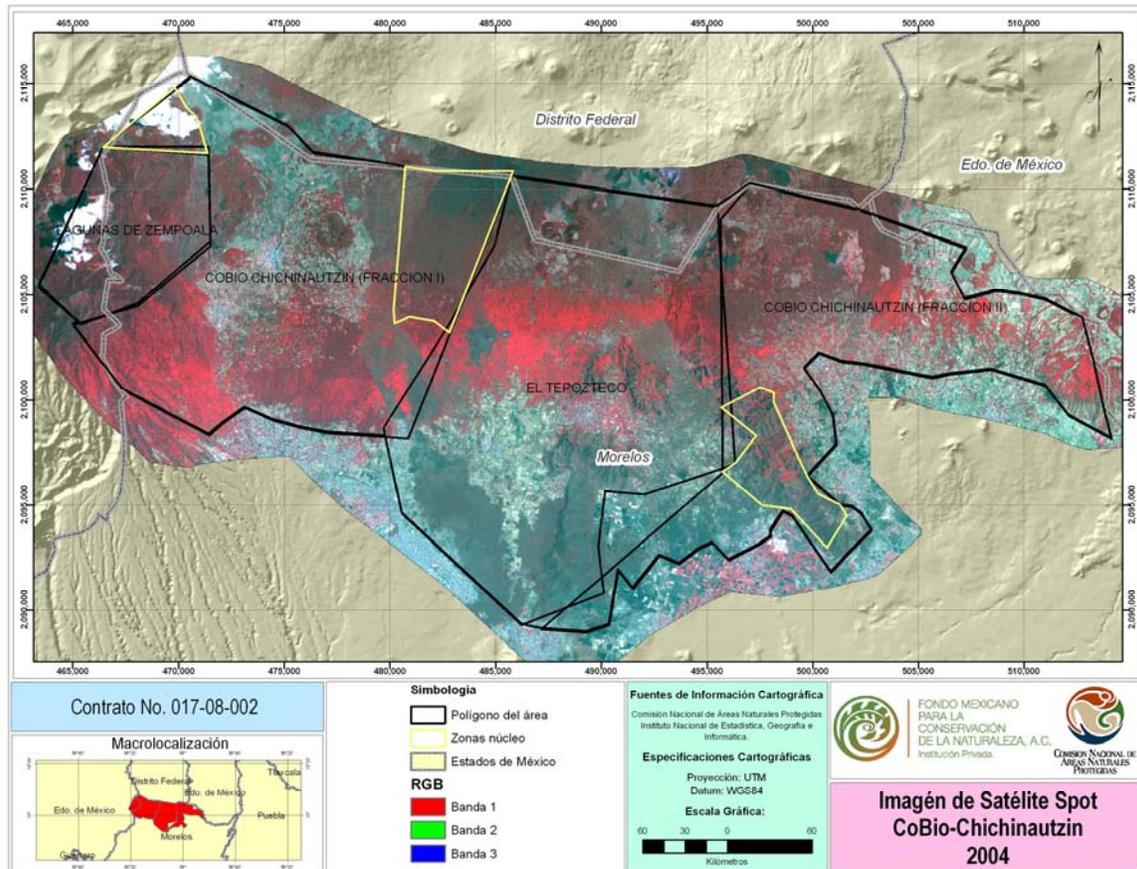


Figura 4.- Imagen de satélite SPOT 2004, falso color RGB 1,2,3.

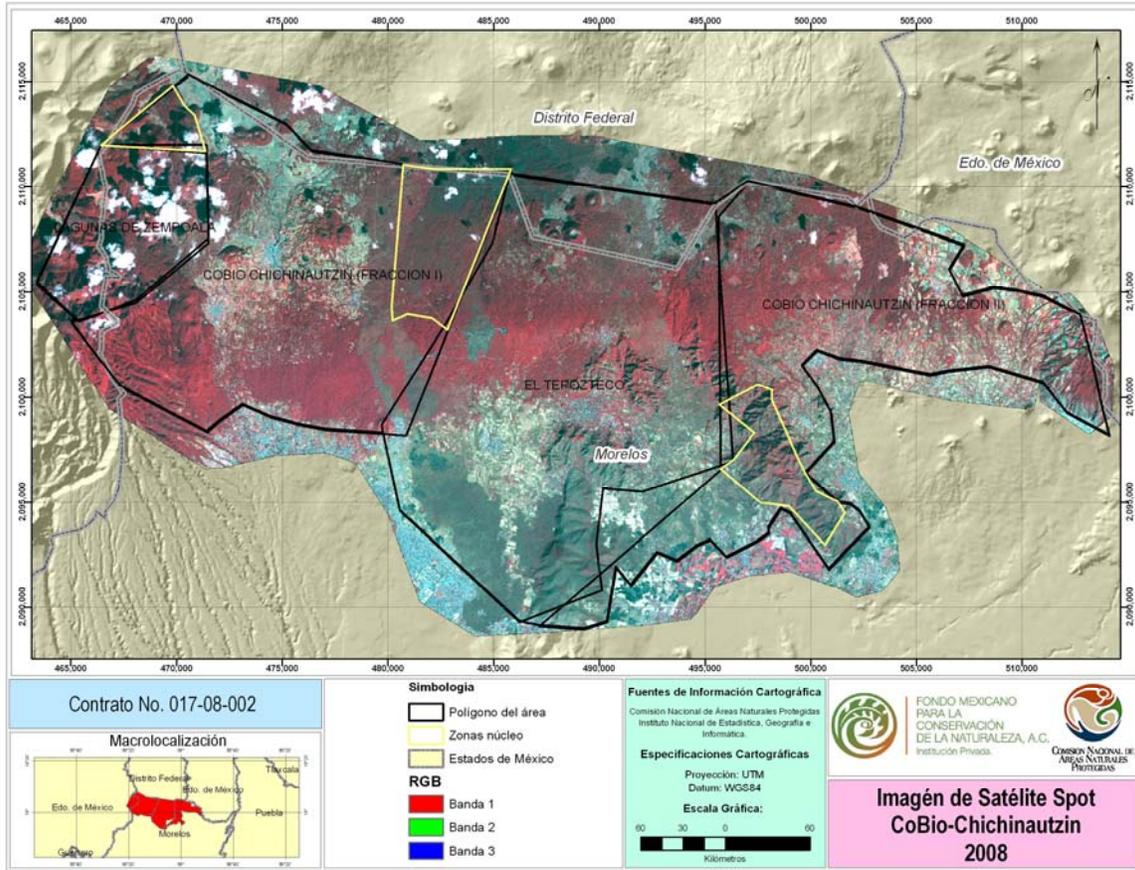


Figura 5.- Imagen de satélite SPOT 2008, falso color RGB

Uso del Suelo y Vegetación

En la tabla 3, se presentan la superficie por tipo de Uso del Suelo y Vegetación para los años 2000, 2004 y 2008, resultado de la clasificación de las imágenes de satélite Landsat ETM 2000 y SPOT 2004 y 2008.

Las superficies se encuentran agrupadas en Forestal y No Forestal, así como en Otros que incluye a los cuerpos de agua. La clase Forestal ocupa en general el 68% de la superficie total del Corredor Biológico Chichinautzin, esta representado en su mayoría por el conjunto de bosques de Pino, Encino y Oyamel y una porción menor lo constituyen la Selva Baja y el Matorral Desértico.

Tabla 3.- Superficie de Uso del Suelo y Vegetación para los años 2000, 2004 y 2008

Usos del Suelo y Vegetación	2000		2004		2008	
	Ha	%	Ha	%	Ha	%
Forestal						
Área sin Vegetación Aparente	141	0.21	141	0.21	141	0.21
Bosque de Encino	3,801	5.78	3,765	5.73	3,729	5.67
Bosque de Encino c/VS	601	0.91	633	0.96	667	1.01
Bosque de Oyamel	3,396	5.16	3,363	5.11	3,334	5.07
Bosque de Oyamel c/VS	554	0.84	579	0.88	566	0.86
Bosque de Pino	3,299	5.02	3,012	4.58	2,943	4.48
Bosque de Pino c/VS	8,515	12.95	8,799	13.38	8,850	13.46
Bosque de Pino-Encino	7,753	11.79	7,643	11.62	7,467	11.36
Bosque de Pino-Encino c/VS	5,278	8.03	5,369	8.16	5,526	8.4
Matorral Desértico	2,402	3.65	2,395	3.64	2,378	3.62
Matorral Desértico c/VS	25	0.04	32	0.05	50	0.08
Selva Baja Caducifolia	212	0.32	118	0.18	93	0.14
Selva Baja Caducifolia c/VS	9,383	14.27	9,461	14.39	9,483	14.42
<i>Subtotal</i>	45,361	68.99	45,309	68.91	45,226	68.78
No Forestal						
Agricultura	14,623	22.24	14,651	22.28	14,680	22.33
Asentamientos Humanos	1,829	2.78	1,839	2.8	1,850	2.81
Pastizales	3,666	5.58	3,676	5.59	3,716	5.65
Tala Clandestina	61	0.09	65	0.1	67	0.1
Vialidades	189	0.29	189	0.29	189	0.29
<i>Subtotal</i>	20,367	30.97	20,419	31.05	20,502	31.18
Otros						
Cuerpos de Agua	26	0.04	26	0.04	26	0.04
<i>Subtotal</i>	26	0.04	26	0.04	26	0.04
Total	65,754	100	65,754	100	65,754	100

El grupo No Forestal esta constituido principalmente por Agricultura ya que ocupa el 22% de la superficie total del Corredor Biológico, le sigue en importancia los Pastizales y los Asentamientos Humanos, hay que considerar que en esta zona se encuentran importantes áreas con asentamientos humanos, por una parte las población de Tres Marías y Huitzilac, y de mayor importancia la población de Tepoztlan. Por otra parte el crecimiento de la ciudad de Cuernavaca que comienza a invadir los límites al suroeste del polígono del Corredor Biológico.

Los mapas muestran la secuencia de los grupos Forestal y No Forestal en los años 2000, 2004 y 2008. El color verde representa aquellas zonas en donde de mantiene la vegetación Forestal, mientras que el color amarillo corresponde a las zonas que han sido transformado a través del tiempo debido a actividades humanas.

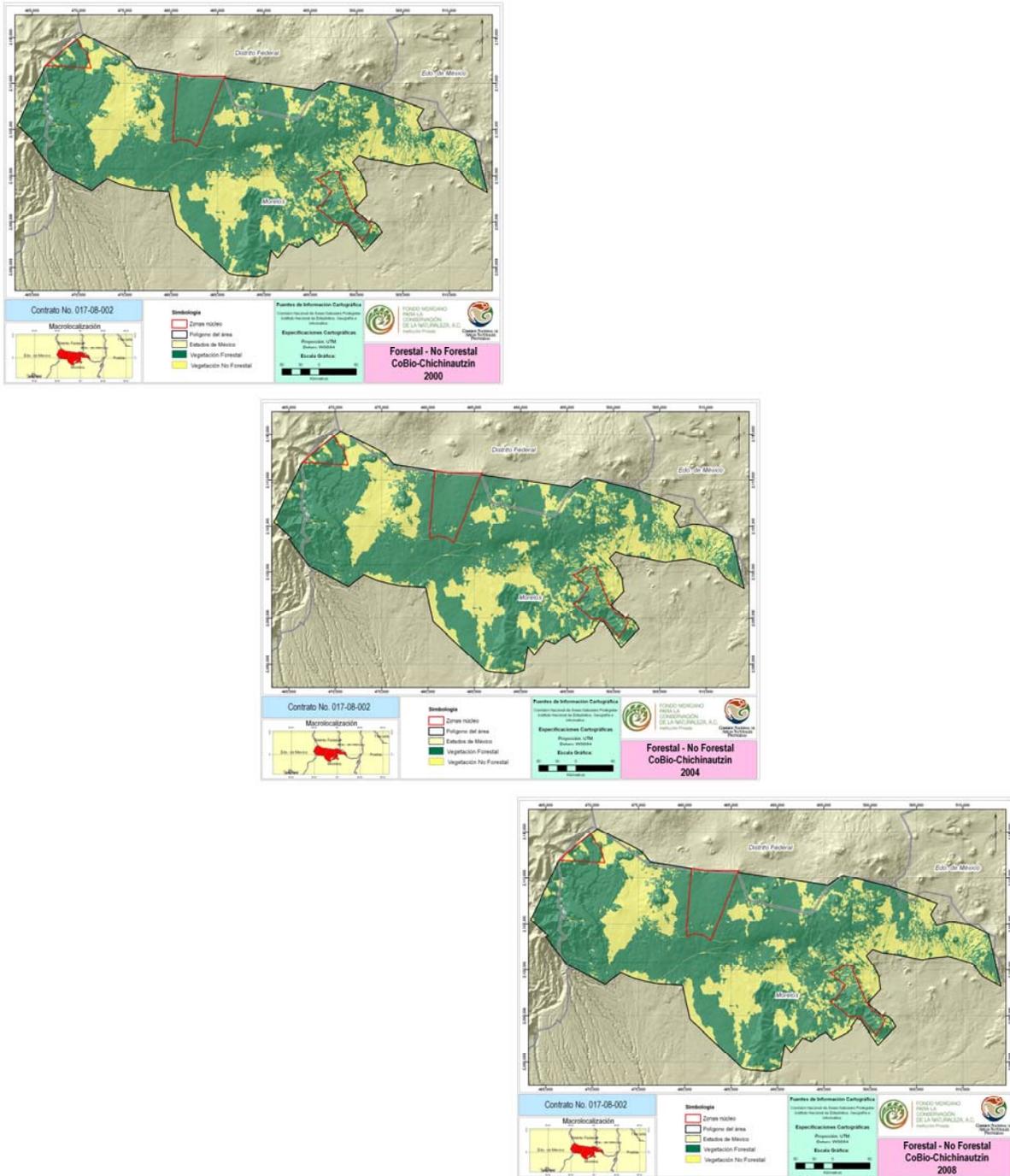


Figura 6.- Grupo Forestal-No Forestal año 2000, 2004 y 2008

La tabla 4 muestra los datos de superficie obtenidos a partir de los años 70's para el Corredor Biológico, en el año 1989 año siguiente al establecimiento del APFyF Corredor Biológico Chichinautzin, la vegetación Forestal ocupaba una superficie de 45,553 hectáreas para el año 2008 se registra una superficie de 45,226 hectáreas, lo que representa que en 11 años se han transformado un total de 327 hectáreas.

Tabla 4.- Superficie Forestal- No Forestal histórico

Años	Forestal (Ha)	No Forestal (Ha)
1973	45,861	19,864
1989	45,553	20,173
2000	45,361	20,367
2004	45,309	20,419
2007	45,234	20,494
2008	45,226	20,502

La grafica muestra la tendencia que se ha presentado de la superficie de la vegetación Forestal y No Forestal con datos obtenidos a partir de los años 70's. Se presenta una tendencia continua a reducir las áreas de vegetación forestal e incrementar las zonas No Forestal (Figura 7).

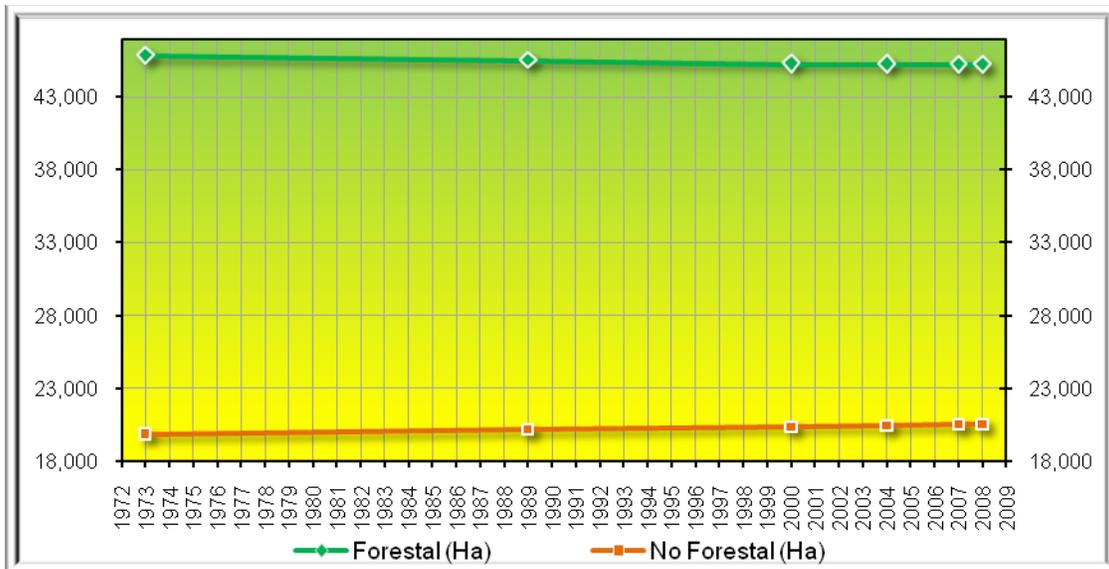


Figura 7.- Grafica del comportamiento Forestal-No Forestal de 1973 al 2000.

Como resultado de la clasificación de las imágenes se presentan los mapas con las coberturas para los años 2000, 2004 y 2008. En donde se puede observar que los colores verde-café corresponde al conjunto de bosques, mientras que las selvas están representadas por los colores rosados y las actividades humanas como la agricultura en color amarillo y los pastizales en color naranja. Es muy fácil identificar las zonas de asentamientos humanos que se representan por el color gris (Figura 8).

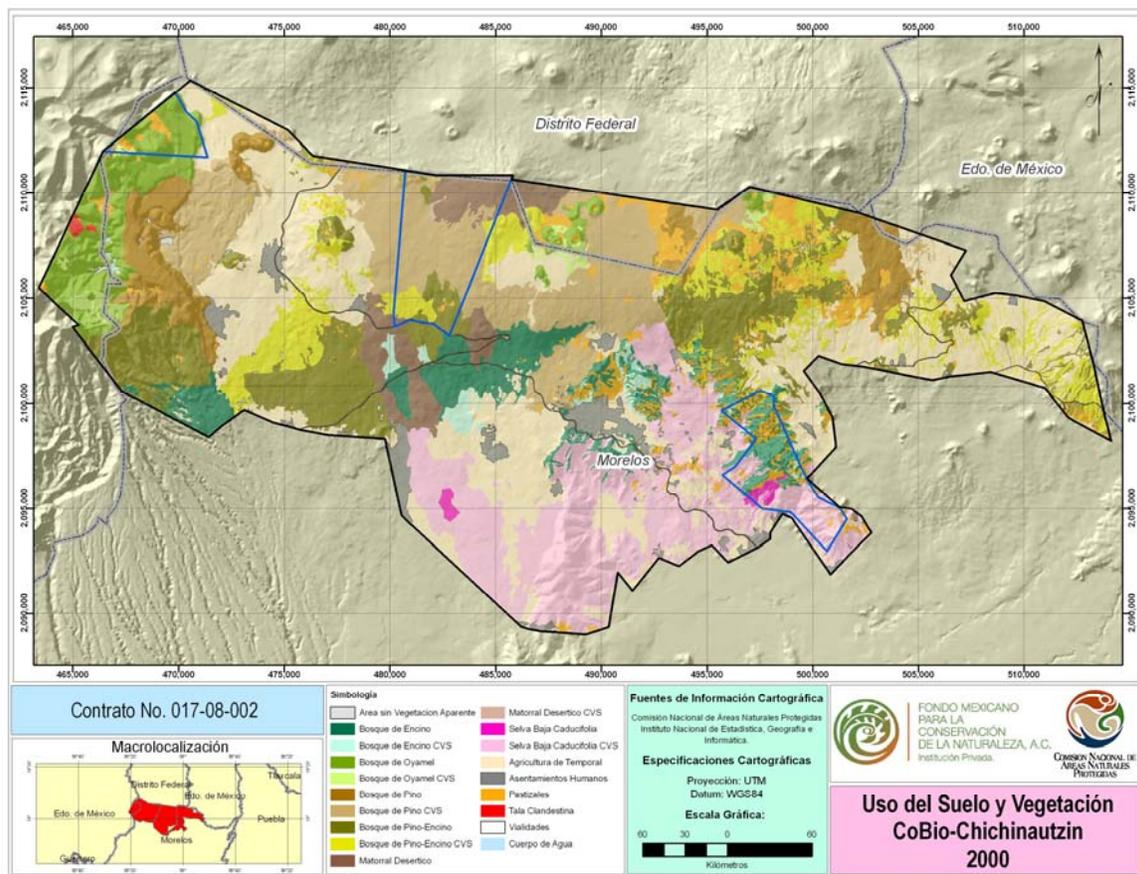


Figura 8.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000.

El decreto del Área de Protección de Flora y Fauna Chichinautzin presenta dos polígonos con tres Zonas Núcleo. La primera Chalchihuites al Oeste del Corredor Biológico esta representada principalmente por bosques de Oyamel, la segunda Quiahuistepec en la porción centro-norte presenta bosques de Pino y la tercera al sureste denominada Las Mariposas presenta una combinación de bosques con Selva Baja (Figura 9 y 10).

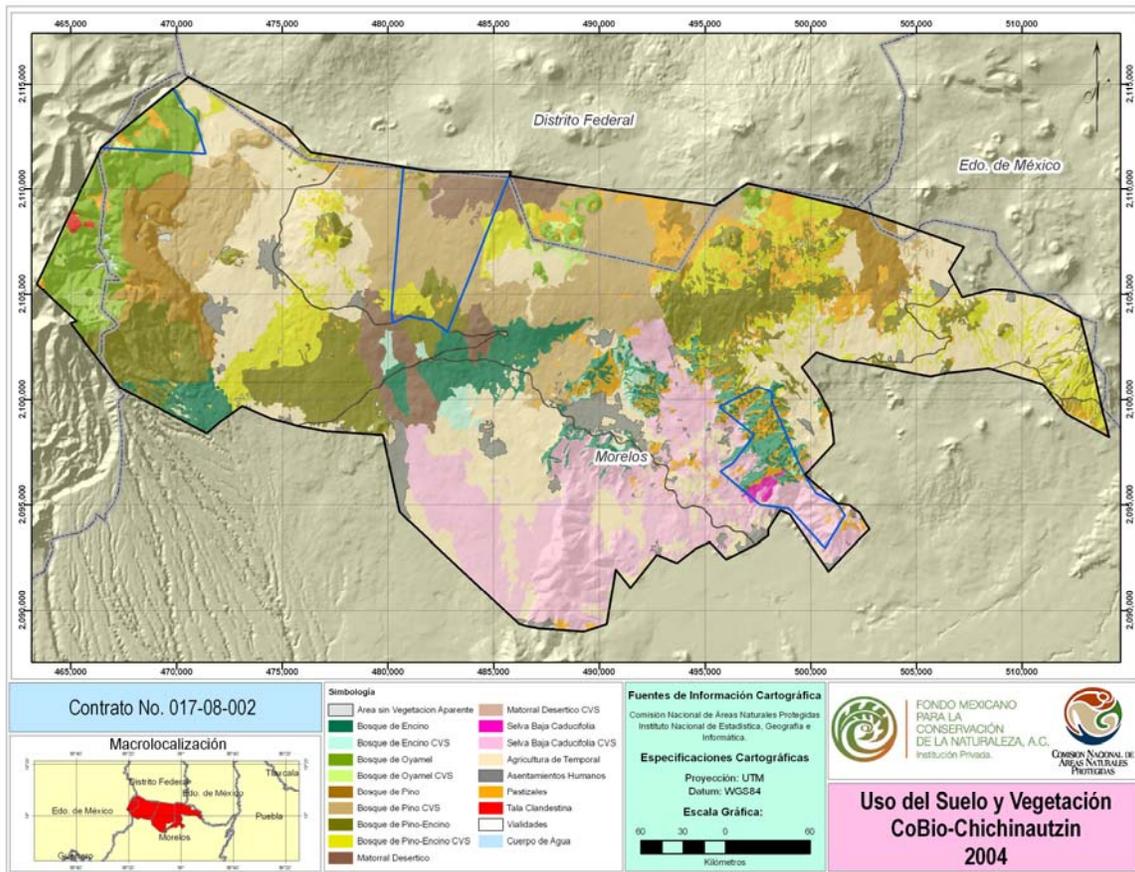


Figura 9.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2004.

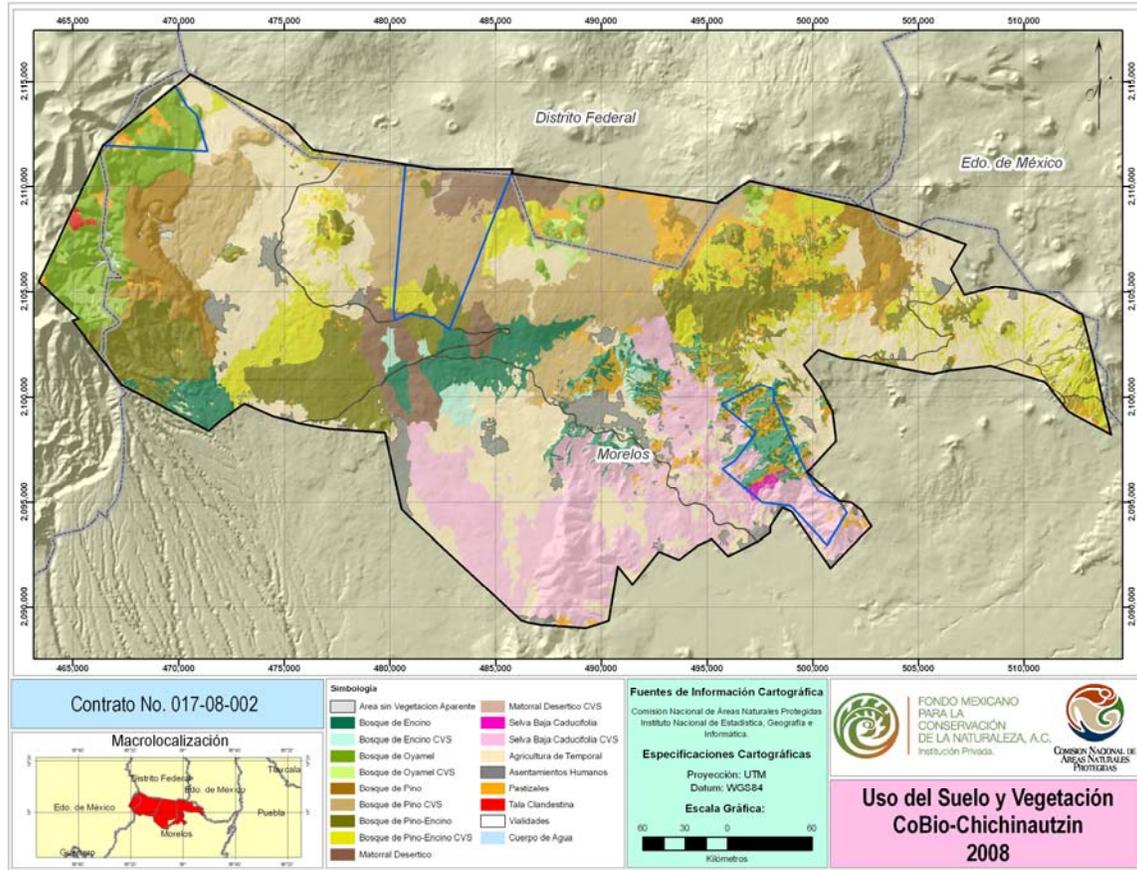


Figura 10.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2008.

Áreas de Cambio

En la matriz de transición (Tabla 5 y 6) se reflejan los cambios entre cada periodo. Los dos periodos 2000-2004 y 2004-2008 presentan un comportamiento similar con zonas perturbadas donde la vegetación primaria pasa a vegetación secundaria y zonas de deforestación en donde la vegetación primaria y secundaria pasa a usos del suelo por actividades antrópicas

Tabla 5.- Matriz de transición entre el periodo 2000-2004 para CoBio.

Matriz de cambio	Área sin vegetación aparente	Bosque de encino	Bosque de oyamel	Bosque de pino	Bosque de pino-encino	Matorral desértico	Selva baja caducifolia	Bosque de encino c/VS	Bosque de oyamel c/VS	Bosque de pino c/VS	Bosque de pino-encino c/VS	Matorral desértico c/VS	Selva baja caducifolia c/VS	Agricultura	Asentamientos humanos	Pastizales	Tala clandestina	Vialidades	Cuerpos de agua	Total 2000
Área sin vegetación aparente	141																			141
Bosque de encino		3,765						35						0.4		2				3,801
Bosque de oyamel			3,363						25					4		0.4	4			3,396
Bosque de pino				3,012						286					1					3,299
Bosque de pino-encino					7,643						90			1	1	18				7,753
Matorral desértico						2,395						7								2,402
Selva baja caducifolia							118						94							212
Bosque de encino c/VS								599								2				601
Bosque de oyamel c/VS									554											554
Bosque de pino c/VS				0						8,497				18						8,515
Bosque de pino-encino c/VS											5,278									5,278
Matorral desértico c/VS												25								25
Selva baja caducifolia c/VS													9,367	12		4				9,383
Agricultura														14,614	9					14,623
Asentamientos humanos															1,829					1,829
Pastizales										17						3,649				3,666
Tala clandestina																	61			61
Vialidades																		189		189
Cuerpos de agua																			26	26
TOTAL 2004	141	3,765	3,363	3,012	7,643	2,395	118	633	579	8,799	5,369	32	9,461	14,651	1,839	3,676	65	189	26	65,754

Tabla 6.- Matriz de transición entre el periodo 2004-2008 para CoBio.

Matriz de cambio	Área sin vegetación aparente	Bosque de encino	Bosque de oyamel	Bosque de pino	Bosque de pino-encino	Matorral desértico	Selva baja caducifolia	Bosque de encino c/VS	Bosque de oyamel c/VS	Bosque de pino c/VS	Bosque de pino-encino c/VS	Matorral desértico c/VS	Selva baja caducifolia c/VS	Agricultura	Asentamientos humanos	Pastizales	Tala clandestina	Vialidades	Cuerpos de agua	Tota 2004
Área sin vegetación aparente	141																			141
Bosque de encino		3,729						35								1				3,765
Bosque de oyamel			3,334						22					2		1	3			3,362
Bosque de pino				2,933						76				3	0.1					3,012
Bosque de pino-encino					7,464						166			11	2	1				7,643
Matorral desértico						2,378						17								2,395
Selva baja caducifolia							93						25							118
Bosque de encino c/VS								633						1						633
Bosque de oyamel c/VS									544							35				579
Bosque de pino c/VS										8,784				13		2				8,799
Bosque de pino-encino c/VS											5,363			4	1					5,368
Matorral desértico c/VS												32								32
Selva baja caducifolia c/VS													9,458		3					9,461
Agricultura										0				14,645	6					14,651
Asentamientos humanos															1,839					1,839
Pastizales											1			0.3		3,675				3,676
Tala clandestina																	65			65
Vialidades																		189		189
Cuerpos de agua	0.4																		26	26
TOTAL 2008	141	3,729	3,334	2,933	7,464	2,378	93	667	566	8,860	5,529	50	9,483	14,680	1,850	3,716	67	189	26	65,754

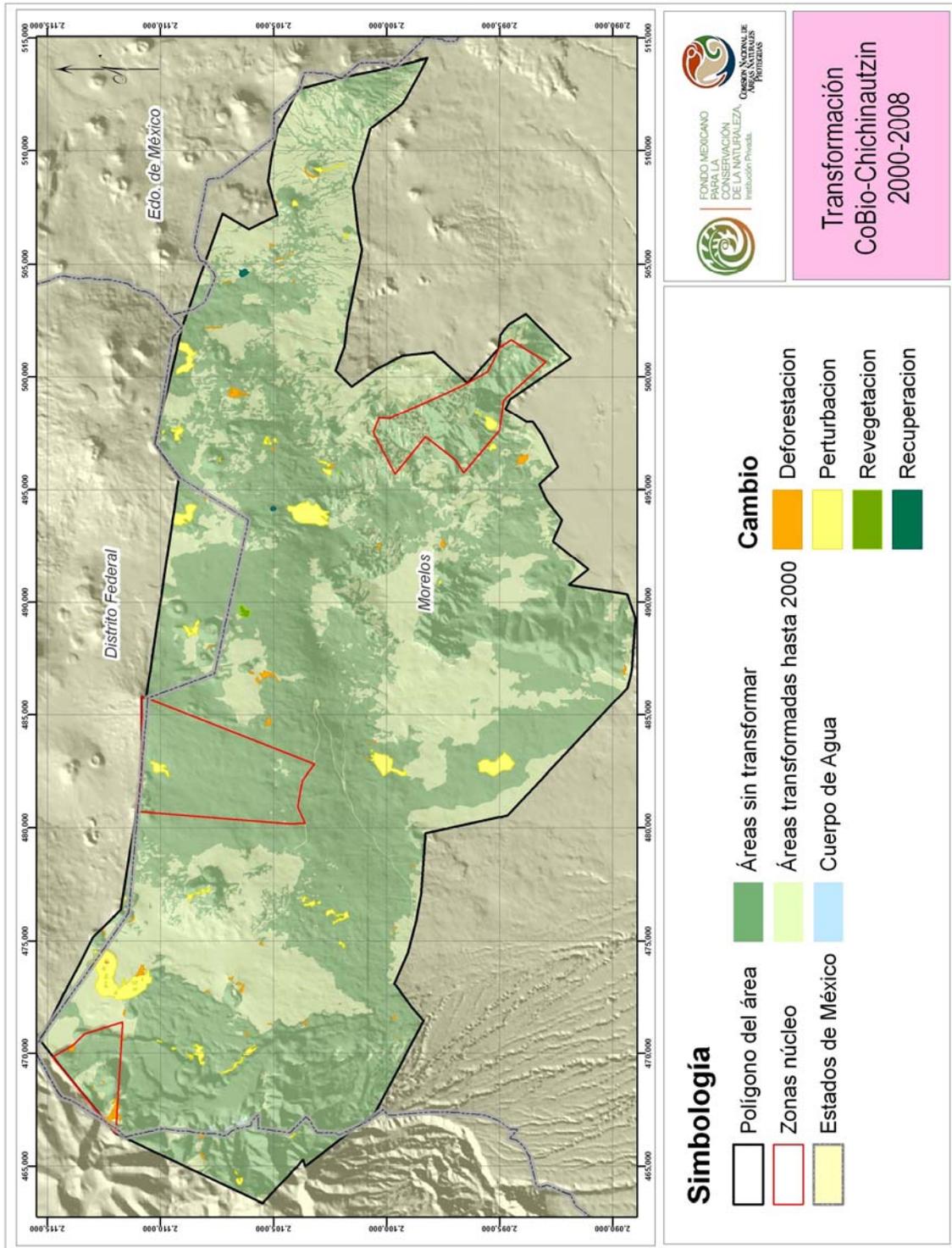


Figura 11.- Áreas de cambio en el periodo 2000-2008.

La figura 11 muestra las áreas de cambio que se presentaron en el periodo 2000-2008. En general el color verde muestra las áreas que no han sufrido transformación y las zonas de color verde claro aquellas zonas que han sido transformadas por las actividades antrópicas.

Las zonas de deforestación se muestran en color naranja y las áreas de perturbación en color amarillo. Mientras que las zonas de revegetación y recuperación se indican con colores verde más intenso.

Dominan las zonas de perturbación las cuales en el futuro pueden llegar a transformarse y llegar a recuperarse o bien de continuar las actividades de transformación para llegar a ser zonas deforestadas.

Las tablas 7 y 8 muestran la superficie de los tipos de vegetación que es afectada por actividades humanas. En el periodo 2000-2004, la agricultura tiene una pérdida y una ganancia debido a que se afectan áreas de bosques, sin embargo se presentan zonas con recuperación. En tanto que las áreas de asentamientos humanos afectan áreas de bosque de Pino-Encino y los Pastizales inciden sobre los bosques y las selvas. En total en el periodo se transformaron 52 Hectáreas que representan 13 Ha/Año.

Tabla 7.- Superficie de vegetación afectada por actividades humanas periodo 2000-2004.

Transformación en el Periodo 2000-2004	Agricultura	Asentamientos humanos	Pastizales	Tala clandestina
Bosque de encino	-0.38		-1.63	
Bosque de oyamel	-4.47		-0.40	-3.74
Bosque de pino		-1.17		
Bosque de pino-encino	-0.66	-0.64	-18.41	
Bosque de encino cvs			-2.06	
Bosque de pino cvs	-18.29		16.88	
Selva baja caducifolia cvs	-12.48		-4.33	
<i>Subtotal</i>	-36.28	-1.82	-9.95	-3.74
Total	-52 Ha en 4 años			
Total	-13 Ha por año			

Para el periodo 2004-2008, los pastizales tienen una mayor afectación sobre los bosques. Mientras que las áreas de asentamientos humanos afectan zonas de bosques y selvas. En total en el periodo se transformaron 82.94 Hectáreas que representan 20.74 Ha/Año.

Tabla 8.- Superficie de vegetación afectada por actividades humanas periodo 2004-2008.

Transformación en el Periodo 2004-2008	Agricultura	Asentamientos humanos	Pastizales	Tala clandestina
Bosque de encino			-1.00	
Bosque de oyamel	-2.27		-1.40	-2.71
Bosque de pino	-3.42	-0.05		
Bosque de pino-encino	-11.30	-1.50	-1.27	
Bosque de encino cvs	-0.50			
Bosque de oyamel cvs			-35.00	
Bosque de pino cvs	-12.97		-2.33	
Bosque de pino-encino cvs	-4.14	-1.11	0.60	
Selva baja caducifolia cvs		-2.57		
<i>Subtotal</i>	-34.60	-5.24	-40.40	-2.71
Total	-83 Ha en 4 años			
Total	-21 Ha por año			

Tasa de Transformación del Hábitat.

En la tabla 9, se puede observar que dentro del periodo 2000-2004 se perdieron 52 Ha y para el 2004-2008 83 Ha, lo que representa una tasa de 0.03% para el periodo 2000-2004 y 0.05% para el periodo 2004-2008.

Tabla 9.- Tasa de transformación del hábitat

Período	s1	s2	Cambio (HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/año
2000-2004	45,361	45,309	52	4	0.0003	0.03	13
2004-2008	45,309	45,226	83	4	0.0005	0.05	21

Entre los dos periodos se presenta un ligero incremento, aunque el comportamiento general tiende a disminuir, como lo muestra el conjunto de datos de las fechas anteriores (Tabla 10). Sin embargo la tendencia general es a disminuir la tasa de transformación a través del tiempo, solo se presenta un incremento en el periodo 2004-2007, esto debido a un incremento a la tala forestal y la expansión de las manchas urbanas. Esta área presenta una fuerte presión no hay que olvidar que este es uno de pulmones de la Ciudad de México y que se encuentra con una gran presión debido a la expansión de los asentamientos humanos. La tasa de cambio tiene una tendencia a disminuir a lo largo del tiempo.

Tabla 10.- Tasa de transformación del habitat histórica

Periodo	S1	S2	Cambio (Ha)	Año	Tasa de cambio	Tasa de cambio anual (%)
1973-1989	45,861	45,553	308	16	0.0004	0.04
1989-2000	45,553	45,361	192	11	0.0004	0.04
2000-2004	45,361	45,309	52	4	0.0003	0.03
2004-2007	45,309	45,234	75	3	0.0006	0.06
2007-2008	45,234	45,226	8	1	0.0002	0.02

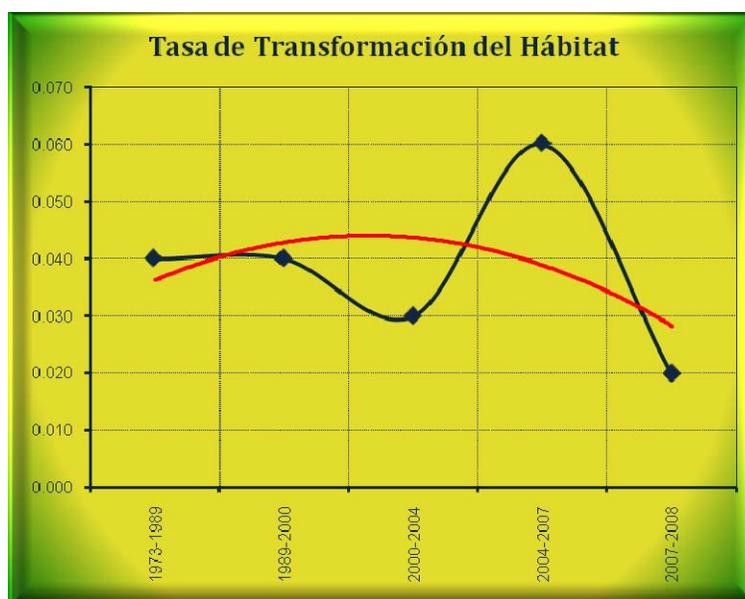


Figura 12.- Tendencia de la tasa de transformación

Conclusiones

Para el presente trabajo fueron utilizadas imágenes de satélite Landsat del sensor ETM para el año 2000 e imágenes del satélite SPOT del sensor 5 para el resto de las fechas. Todas las imágenes fueron ortorectificadas utilizando el Modelo Digital de Elevación INEGI 1:50,000 y los datos de las efemérides de las imágenes. Obteniendo con esto un error medio cuadrático (RMS) muy bajo y mejor coincidencia entre las imágenes.

Los datos indican que el grupo de vegetación Forestal ocupa un porcentaje en el año 2000 (68.99%), 2004 (69.91%) y 2008 (60.78%) domina la vegetación de Bosques de Pino, Pino-Encino y Encino. En tanto que el grupo No Forestal ocupa un porcentaje en el año 2000 (30.97%), 2004 (31.05%) y 2008 (31.18%), en donde el uso de suelo Agrícola es el que esta mas representado.

La tasa de transformación que se presento en el periodo 2000-2004 fue de 0.03% que representa un cambio de 13 Ha/año transformandose en el periodo de 4 años un total de 52 Ha. Mientras que en el periodo 2004-2008 se estimó una tasa de transformación de 0.05% que representan 21 Ha/año con una transformación total el un periodo de 4 años de 83 Ha.

Existe una tendencia general a continuar la transformación del habitat, sin embargo la tasa de transformación tiende a la baja, cabe hacer notar que a través del tiempo puede presentarse variaciones debido a diferentes eventos, ya sea debido a la tala clandestina o bien a la ocurrencia de incendios forestales.

Bibliografía

Bartolucci, L.A. 1979. Procesamiento Digital de Datos Multiespectrales. Percepción Remota. Presentado en la semana de Intercambio Tecnológico. 14-19 mayo 1979. Panamá. 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. 56-77pp

Chuvienco, E. 2000. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3 edición. Rialp, S.A. Madrid España. 568 p.

Eastman, J.R. 1999. User's Guide. IDRISI for windows versión 32.0. Clark University. Marzo. 3-150pp

FANP-CONANP, 2003. Estimación de la Tasa de Transformación del Habitat en el "Corredor Biológico Chichinautzin", Periodo 1973-2000. Informe Final septiembre de 2003, 30 pp.

FMCN, 2009. Manual de Operaciones 2009, Fondo para Áreas Naturales Protegidas. México, D.F. 228 pp.

FAO. 1996. Introduction to Remote Sensing, 2ª ed., Nueva York, The Guilford Press.

FAO. 2001. FAO, The Strategic Framework for FAO 2000-2015. Roma 1999. (puede consultarse en: <http://www.fao.org/docrep/X3550E/x3550e00.htm>).

Fleiss, J.L. , Cohen, J. & Everitt, B.S. (1969). Large sample satandard errors of kappa and wighted kappa. Psychological Bulletin, 72, 323-327.

Hutchinson, C.F. 1982. Tecniques for combining landsat and ancillary data for digital classification improement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol. 48 pp 123-130.

Máster Internacional a distancia en Sistemas de Información Geográfica UNGÍS. 2002. Modulo Opcional SIG y teledetección. 3era edición. Material de curso. Universidad de Girona, España. Pp 78.

Miranda, F. y E.e Hernández X., 1963, Los tipos de vegetación de México y su clasificación, Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28:29-57

Ramírez, M.I. y R. Zubieta. 2005. Análisis regional y comparación metodológica del cambio en la cubierta forestal en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca. Reporte Técnico preparado para el Fondo para la Conservación de la Mariposa Monarca. México D.F. Septiembre 2005.

Rzedowski, J. 1983. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. D.F.

Sánchez-Cordero, V., Illoldi, P., Figueroa, F. y M. Linaje. 2008. Diagnóstico de la efectividad de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales para prevenir el cambio en el uso del suelo y vegetación. Informe Final noviembre 2008. 117 pp.

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

SEMARNAT-CONANP. 2007 Protocolo para la Evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México (En Revisión)- México, D.F. julio 2007-53 pág

Travaglia, C. 1990. "Principle of satellite Imagery Interpretation". En: Food of Agriculture Organization of the United Nations Remote Sensing Applications to Land Resource. Italy, Rome. Pp 41-97.

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