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

COMISION NACIONAL DE AREAS NATURALES PROTEGIDAS

CONTRATO No. 017-10-501

"Estimación y Actualización al 2009 de la Tasa de Transformación del Hábitat de las Áreas Naturales Protegidas SINAP I y SINAP II del FANP"

Reserva de la Biosfera Selva El Ocote

Nombre del Consultor:
PIMAIG Procesamiento Integración Manejo y Análisis de Información Geográfica S.A. de C.V.

Periodo del Reporte:
01 al 30 de Julio de 2010

Morelia, Michoacán
10 de Agosto 2010

Coordinación
Jorge Carranza Sánchez
Subdirección Encargada de la
Coordinación de Geomática
CONANP-SEMARNAT

Andrew John Rhodes Espinoza
Coordinador Central del FANP
FMCN - CONANP

Compilador
M. en Geog. Rodolfo Ruiz López
FMCN – CONANP

Colaboración Técnica
Ignacio Paniagua Ruíz
Jefe de Departamento de Percepción Remota
CONANP-SEMARNAT

"© CNES .2005-2009, producida por ASERCA-CONANP bajo licencia de Spot Image, S. A."

"SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2010.

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

Introducción 4

Antecedentes 7

Objetivo 10

Área de Estudio 10

Material 13

Polígono oficial 13

Imágenes de satélite 13

Modelo Digital de Elevación (MDE) 14

Metodología 16

Diseño de la leyenda 16

Rectificación de imágenes de satélite 18

Clasificación de imágenes de satélite 19

Áreas de cambio 21

Tasa de Transformación 23

Resultados 24

Imágenes de satélite 24

Uso del Suelo y Vegetación 28

Áreas de Cambio 37

Matriz de Cambio 2000 - 2005 37

Matriz de Cambio 2005 - 2009 37

Tasa de Transformación del Hábitat. 42

Conclusiones 43

Bibliografía 44

Introducción

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) es un órgano desconcentrado de la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que se encarga de administrar el patrimonio natural de México a través de mecanismos y políticas ambientales encaminadas a la restauración, conservación, mejoramiento y sostenibilidad de los recursos; a través de la integración de factores socioeconómicos.

En la actualidad son 174 áreas naturales de carácter federal que cubren una superficie de 25, 511, 016.55 Ha (13% del territorio nacional). 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 (LGEEPA).

Estas ANP, representan porciones terrestres o acuáticas representativas de los diversos ecosistemas, éstas constituyen una herramienta estratégica para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de México. Sin embargo, la magnitud con la que se continúa ejerciendo presión sobre los recursos naturales aumenta y el efecto de esto se refleja en la pérdida de especies y en la desaparición, fragmentación y degradación de los ecosistemas.

Uno de los mecanismos para lograr el objetivo de conservación de los recursos y la biodiversidad es el proyecto Fondo para Áreas Naturales Protegidas (FANP), el cual fue creado en el año 1997 a partir de un acuerdo que estableció su operación. Este acuerdo fue firmado por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN) y el Banco Mundial. En este programa participan la CONANP y el FMCN, siendo éste último el responsable del manejo financiero, la canalización de recursos, la supervisión de la aplicación de los fondos y la procuración adicional; mientras que la CONANP es la responsable de asegurar que los fondos se ejerzan en las actividades prioritarias para lograr la conservación del sitio.

Durante el año 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 de este análisis abrieron las puertas para un segundo donativo entre 1999 y 2002. 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 FANP cuenta con un sistema de monitoreo diseñado en 1999, que ha permitido evaluar los avances anuales con base en cuatro indicadores generales del proyecto, así como indicadores de cada área protegida (http://www.conanp.gob.mx/fanp.htm).

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 en un inicio respondió a una planificación para 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, se 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 al SIMEC. El monitoreo proporciona a los administradores y otros tomadores de decisiones, la información necesaria para llevar a cabo 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.

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 (campos de cultivo, potreros, zonas urbanas, etc.). El tema resulta de gran importancia ya que la deforestación es una de las principales amenazas para la biodiversidad, resultando en la pérdida de numerosos servicios ambientales

Los ecosistemas existentes dentro de las áreas protegidas son diversos y complejos, por lo que es importante establecer las condiciones actuales en que se encuentran. Conocer sus características (Superficie, forma y extensión) permitirá establecer parámetros básicos para la posterior valoración de cada ecosistema. En este sentido la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica, representan herramientas que han demostrado su potencial en innumerables trabajos en todo el mundo, permitiendo identificar, tipificar y cuantificar tanto recursos naturales como algún tipo de fenómeno ya sea social, económico ó natural.

En términos generales, el proyecto tiene como objetivo calcular datos de Uso del Suelo y Vegetación de diferentes fechas; partiendo del establecimiento de una línea base como fecha de inicio y el uso de fechas posteriores que permitan llevar a cabo el respectivo seguimiento para su actualización con imágenes SPOT 4 y 5.

Los datos permiten obtener posteriormente la tasa de transformación del hábitat, como indicador de impacto de las Áreas Naturales Protegidas que están

financiadas por el FANP y, cuyos trabajos fueron 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). Cabe hacer mención que las imágenes de satélite SPOT que son utilizadas son 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, en un principio adquiridas del programa NALC (North America Landscape Caracterization) a través de la CONABIO y la adquisición de las imágenes Landsat por parte de gobierno federal (INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, etc).

Para el año 2004, la CONANP continuó 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, a través del uso de imágenes de satélite Landsat ETM y SPOT.

De igual forma en el año 2004 surge la necesidad de medir la Tasa de Transformación del Hábitat en las ANP, lo anterior como parte de los trabajos de reapropiación del programa de trabajo de la CONANP, estableciendo para ello como indicador las ANP's en donde *"se mantienen o reducen la velocidad de cambio de la transformación de los ecosistemas naturales"*. Las metas que se establecieron fueron un monitoreo anual y resultados que serían compilados en

una base de datos, generando documentos donde se reportarían los resultados, para 43 áreas Naturales Protegidas.

Para el año 2007, el FANP en coordinación con la CONANP llevaron a cabo la contratación del Dr. Víctor Sánchez Cordero para desarrollar el trabajo titulado *"*. La efectividad de las reservas de la biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación". (Sánchez *et. al.*, 2007). Este trabajo aborda la capacidad para contener procesos de cambio en la vegetación, en un conjunto de ANP federales.

En él 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, áreas circundantes a 10Km a partir de los límites de las ANP y, en sus ecoregiones.

Para 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 (Cañón de Santa Elena, Sierra de los Álamos y Sierra la Laguna). Mientras que para el año 2009, el FMCN y la CONANP, se plantean la recopilación de los trabajos elaborados de tasa de transformación del hábitat para las ANP haciendo énfasis en las áreas que se encuentran dentro de los programas del SINAP 1 y SINAP 2 del Fondo para Áreas Naturales Protegidas.

En lo que respecta al año 2010, tanto el FMCN como la CONAP, establecen una consultoría con la finalidad de estimar y/o actualizar la tasa de transformación del hábitat para 11 ANP, que están incluidas en el SINAP I y II del Fondo para Áreas Naturales Protegidas. Para llevarlo a cabo, se tomara como base la información que se ha generado por el personal del SIG de la CONANP y por diferentes proyectos del FANP; la intensión de esto es compilar los resultados en un documento que permita conocer los cambios que han ocurrido en las siguientes ANP:

Región Noreste y sierra Madre
1. APFF Cañón de Santa Elena
2. APFF Maderas del Carmen
3. APFF Cuatrocinegas
4. RB Mapimí

Región Occidente y Pacífico
5. RB Sierra de Manantlán
6. RB Mariposa Monarca

Región Frontera Sur y Pacífico Sur
7. RB El Triunfo
8. **RB Selva El Ocote**
9. RB Selva La Sepultura

Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano
10. RB Calakmul
11. RB Ría Lagartos

El siguiente trabajo tiene como área de interés Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas. La REBISO es considerada uno de los últimos remanentes de selva tropical de México, con ecosistemas tropicales lluviosos que permiten la continuidad de ciclos y procesos naturales de gran importancia. Es además un refugio de vida silvestre, porque alberga especies de flora y fauna consideradas amenazadas, en peligro de extinción y sujetas a protección especial.

Los esfuerzos y propuestas para proteger los recursos naturales del área de "El Ocote" inician en la década de los años cincuenta, a partir de los trabajos que llevaron a cabo investigadores como el Dr. Miguel Álvarez del Toro, el Dr. Faustino Miranda y el Dr. Starker Leopold. Sin embargo, es hasta el año de 1972 que el Gobierno del Estado la decreta como "Área Natural y Típica del Estado de Chiapas Tipo Ecológico Bosque Lluvioso Alto", con una extensión de 10, 000 hectáreas.

En el año 1982, como resultado de una serie de solicitudes y gestiones ante varias instituciones, se obtiene el reconocimiento federal al ser declarada como "Zona de Protección Forestal y Faunística Selva El Ocote". En el año 2000, la Selva el Ocote fue recategorizada, primero como área de Protección de Recursos Naturales y posteriormente como Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, siendo publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de junio de ese mismo año.

Para el mes de noviembre del año 2000 es emitido un decreto en el que se declara a ésta como Área Natural Protegida con carácter de Reserva de la Biosfera, además su superficie fue ampliada quedando en 101 288-15-12.5 ha.

Objetivo

- Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote para el periodo 2000 a 2009.

Área de Estudio

El Área de La Reserva de la Biosfera Selva "El Ocote" (REBISO), se localiza hacia la porción occidental del territorio chiapaneco, se ubica entre los paralelos 16°45'42" y 17°09'00" de latitud Norte y entre los meridianos 93°54'19" y 93°21'20" de longitud Oeste (figura 1). Cuenta con una superficie total de 101, 288-15-12.5 ha, y ésta incluye los municipios de Ocozocuatla de Espinoza, Cintalapa de Figueroa, Tecpatán de Mezcalapa y Jiquipilas en el Estado de Chiapas.

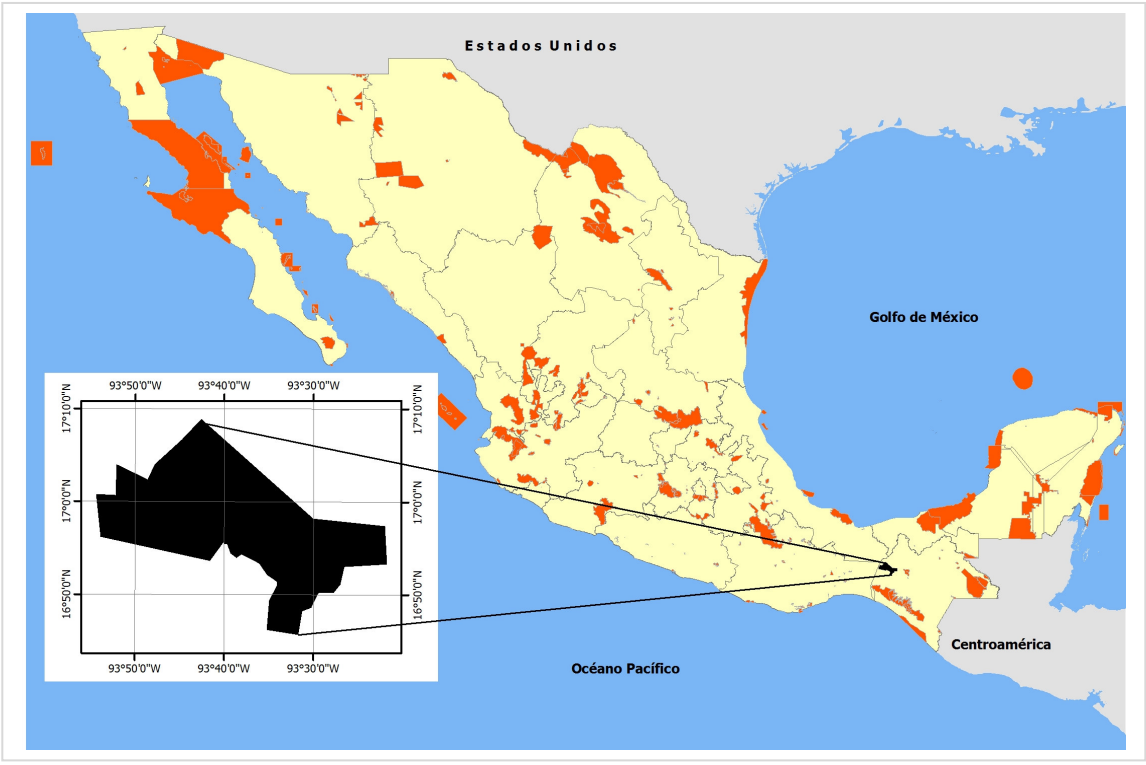


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote

La REBISO abarca porciones de las regiones fisiográficas: Depresión Central y las Montañas del Norte; hacia su extremo oriental, la Reserva colinda con la prolongación del Bloque o Mesa Central y hacia el norte con el embalse de la presa hidroeléctrica Malpaso. El paisaje predominante corresponde al de las Montañas Marginales del Norte, constituidas por sierras y serranías de altitud variable entre los 800 y 1500 m.s.n.m., dispuestas con una orientación general con dirección este – oeste (Mûlleried 1957). Altitudinalmente, el territorio del área de la Reserva Selva "El Ocote" presenta una variación desde los 180 m.s.n.m. aproximadamente, en el nivel medio del embalse de la Presa Malpaso, hasta arriba de los 1500 m.s.n.m. en el Cerro La Colmena. Las menores altitudes se encuentran al norte y noroeste de la Reserva, en las márgenes del embalse de la presa, mientras que las mayores altitudes se encuentran en el extremo sureste de la Reserva.

El territorio de la Reserva de la Biosfera Selva "El Ocote" está comprendido dentro de las provincias geológicas del sureste de México y corresponde a la provincia fisiográfica Tierras Altas de Chiapas y Guatemala, específicamente en la subprovincia Sierra de Chiapas (Mullerried, 1957, IHN, 1993). La zona presenta afloramientos correspondientes al Cretáceo y Terciario principalmente, compartiendo características estructurales y estratigráficas como resultado del movimiento de la placa Norteamericana sobre las placas Farallón y Cocos. Se distingue en la región un fuerte control tectónico estructural orientado en dirección noreste-sureste, con predominancia de los plegamientos de tipo anticlinal.

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973), se encuentran tres tipos climáticos, que son: en la parte norte y noreste del área, se encuentra un tipo de clima Am(f), cálido húmedo con lluvias abundantes en verano y una precipitación total anual que fluctúa entre los 2000 y 2500 mm; la precipitación del mes más seco es menor de 60 mm y la temperatura media mensual superior a los 18°C. En la parte central, se encuentra el tipo climático Am, cálido húmedo con lluvias abundantes en verano. Presenta una temporada seca

corta en la mitad más fría del año, con una precipitación total anual fluctuante entre los 1500 y 2500 mm, la temperatura media mensual superior a los 18°C. En la porción más elevada de la sierra Monterrey, en altitudes de 1400 a 1500 m.s.n.m. se localiza un clima A(C)W2 , semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Presenta una precipitación total anual entre los 1200 y 1500 mm; con una temperatura media anual entre los 22° y 18°C.

La zona está incluida en la cuenca hidrológica de la red fluvial del río Grijalva o Mezcalapa que nace en Guatemala y recorre el estado de Chiapas en dirección sureste-noroeste, atravesando la Depresión Central, la Altiplanicie y Montañas del Norte, hasta desembocar en el Golfo de México (Mullerried, 1957). La acumulación de aguas superficiales como lagunas, aguajes y otros cuerpos de agua en el área son muy escasos, debido a que la mayoría del agua de lluvia se filtra por las grietas como consecuencia del material calizo, formando corrientes subterráneas, que en ocasiones afloran en cuevas, peñascos, cimas o en cotas altitudinales mas bajas. El río La Venta, es el colector hidrogeológico de toda el área, capaz de digerir casi 20 m3/s que la estructura es capaz de suministrar en total.

Los tipos de suelos presentes en la región son: a) **Leptosoles**, suelos negros ricos en materia orgánica, poco profundos (no más de 30 cm.), arcillosos, con susceptibilidad a la erosión y diferentes grados de descomposición, de alta fertilidad. b) **Acrisol**, suelos amarillos de profundidad variable, con grandes acumulaciones de arcilla, pobres en nutrientes y susceptibles a la erosión; se encuentran en combinación con Cambisoles y Lexisoles. c) **Feozem**, es un suelo de color obscuro, con una capa superficial rica en nutrientes de profundidad variable y susceptibilidad moderada a la erosión. Este suelo se encuentra en combinación con Acrisoles y Fluvisoles y d) **Regosol** ampliamente distribuido en la región de la Reserva, son suelos claros, de escasa profundidad, susceptibilidad variable a la erosión y pobres en nutrientes. Los usos de este tipo de suelo son muy variados, dependen de su origen, en general son suelos poco fértiles.

Dada su ubicación geográfica, las características fisiográficas y la abundante presencia de terrenos abruptos con altitudes que oscilan desde los 180 m.s.n.m. hasta los 1500 m.s.n.m., en la Reserva de la Biosfera Selva "El Ocote" están representados 10 tipos de vegetación identificados de acuerdo a la clasificación de Breedlove (1981). Los tipos de vegetación identificados en el área son los siguientes: Selva alta Perennifolia, Selva alta o mediana subperennifolia, Selva mediana o baja perennifolia, Selva baja caducifolia, Selva baja espinosa caducifolia, Sabana, Bosque de pino-encino, Bosque de encinares, Bosque caducifolio y Vegetación secundaria.

Para la elaboración de la leyenda que se utilizó para la generación de la cartografía de uso de suelo y vegetación, se consideró la clasificación de INEGI Series 3 y 4, mismas que se mencionan en el apartado correspondiente a la metodología.

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.

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 2001 para el área de estudio (Tabla 1).

Tabla 1.- Imágenes Landsat ETM para la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote

Satélite	Path	Row	Fecha	Resolución (metros)	Número de bandas
ETM	22	48	28-mar-01	30	6
				15	1

Se tomó como base el polígono del ANP Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, para conocer cuantas imágenes de satélite SPOT serían necesarias para este trabajo, mismas que fueron solicitadas a la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS) a través de la Subdirección de Área a cargo del Sistema de Información Geográfica de la CONANP como gestor oficial. Un total de 3 imágenes fueron solicitadas y utilizadas para el cubrimiento completo del área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2.- Imágenes de satélite SPOT para la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT	601	316	20-mar-05	10	4	**Multiespectral**	**1A**
				2.5	1	**Pancromática**	**1A**
SPOT	601	316	27-ene-09	10	4	**Multiespectral**	**1A**
				2.5	1	**Pancromática**	**1A**
SPOT	602	316	22-ene-09	10	4	**Multiespectral**	**1A**
				2.5	1	**Pancromática**	**1ª**

Modelo Digital de Elevación (MDE)

La figura 3 muestra el modelo sombreado para el área de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote. El modelo se elaboró a partir del Modelo Digital de Elevación de INEGI escala 1:50, 000, y una resolución de 30m.

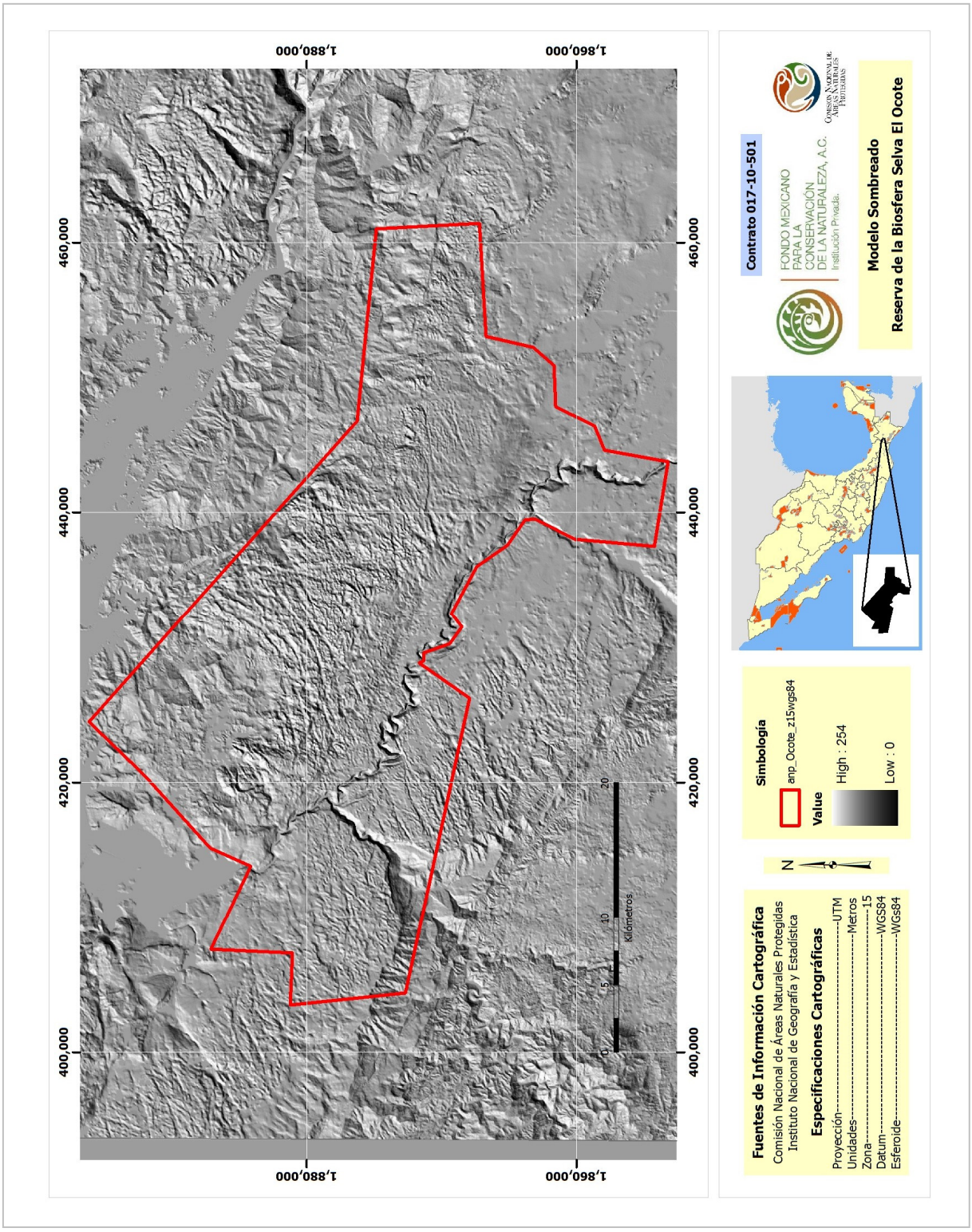


Figura 3.- Modelo Sombreado INEGI, 1:50,000

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 (SEMARNAT-CONANP, 2007). Con la intensión de que los resultados de cambio de Uso de Suelo y Vegetación puedan ser comparados con otras Áreas Naturales Protegidas de México.

Diseño de la leyenda

La leyenda de los tipos de uso del suelo y vegetación utilizada se diseño a partir de la cobertura de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI serie III y el diccionario de datos correspondiente a uso de suelo y vegetación (INEGI, 2007), la cual sufrió adecuaciones que tienen que ver sobre todo con algunas actividades como la agricultura de riego y temporal, ó el pastizal inducido, que para fines de la leyenda diseñada se manejaran únicamente como "Área agrícola" y "Pastizal", asimismo se incluyen las categorías "Asentamiento humano", "Infraestructura". Finalmente se adicionó para los casos de vegetación primaria (bosque y selva), la vegetación de tipo secundario.

Las clases utilizadas en la leyenda (figura 4) presentan 4 tipos de vegetación primaria, 2 tipos de vegetación asociada a vegetación secundaria, 3 tipos de uso del suelo, y los cuerpos de agua. Las diferentes clases se describen a continuación:

LEYENDA
Area Sin Vegetacion Aparente
Sabana
Selva Alta Perennifolia
Selva Baja Caducifolia
Selva Alta Perennifolia/vs
Selva Baja Caducifolia/vs
Area Agricola
Asentamientos Humanos
Infraestructura
Pastizal Inducido
Cuerpo de Agua

Figura 4. Leyenda Diseñada

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 otos conceptos de vegetación. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales como clima muy árido o salinas.

Sabana.- Comunidad formada principalmente por gramíneas y ciperáceas, con árboles dispersos (*Curatella, Byrsonima*). En suelos con drenaje deficiente e incendios periódicos, en zonas tropicales.

Selva Alta Perennifolia.- Vegetación arbórea de 30m o más de altura en climas cálido húmedos con estación seca breve, o sin estación seca, menos del 25% de los árboles pierden el follaje a lo largo del año.

Selva Baja Caducifolia.- Vegetación arbórea de entre 4 y 15m de altura, en climas cálido-semiseco. Más del 75% de los árboles pierden el follaje durante la época seca.

Vegetación secundaria.- Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original y en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se

desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas.

Área Agrícola.- Área en la que el suelo es utilizado para la realización de labores agrícolas o algún tipo de actividad pecuaria.

Pastizal.- Los establecidos por el hombre o áreas agropecuarias en descanso, áreas en recuperación (incendios), o desmontes.

Asentamientos Humanos.- Territorio ocupado por comunidades humanas, localidades, poblaciones, etc.

Infraestructura.- Conjunto de elementos ó servicios que sirven como soporte para el desarrollo de otras actividades.

Rectificación de imágenes de satélite

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. El programa ERDAS trabaja con estos insumos y permite realizar el proceso de ortorectificación de una manera más sencilla y rápida obteniendo un mejor resultado en comparación con el proceso de georeferenciación. Las imágenes son procesadas en el programa ERDAS 8.7.

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 colectar 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.).

Las características técnicas, espaciales y espectrales de las imágenes SPOT5, adicionado con las herramientas de Erdas Imagine y el conocimiento de personal especializado, ha permitido realizar las actividades de ortorectificación de manera automatizada, disminuyendo casi en un 90% del tiempo destinado para realizar estos procesos pre-clasificatorios.

Clasificación de imágenes de satélite

Una vez rectificadas geométricamente las imágenes multiespectrales se realiza un falso color RGB 1, 2, 3 (verde, rojo e infrarrojo) resaltando en rojo la vegetación existente, esto permite una mejor evaluación visual de la imagen y su posterior interpretación visual. 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). Por otra parte, se tomaron como base para establecer los campos de entrenamiento correspondientes a las firmas espectrales, el Inventario Forestal Nacional 2000-2001, escala 1:250,000 y la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación INEGI Serie III, además de la base con los límites del área de estudio.

La firma espectral se define como un patrón de respuesta característico de los elementos de la superficie terrestre, resultado de su interacción con la energía electromagnética. La base de una clasificación es encontrar 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 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, el cual se basa en la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase particular, a partir de su medias y 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 que se efectuó la clasificación automatizada, ésta es complementada con una interpretación visual en pantalla. En este marco, se puede aprovechar los beneficios del 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 georreferida, mejoramiento en su aspecto visual, digitalización de la información en pantalla, etc.). Se trata de una interpretación 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 ya que este 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 clasificaciones obtenidas fueron transformadas hacia formato vectorial (ArcInfo), en donde son modificados aquellos polígonos que no se encontraron acorde con el límite del tipo de uso del suelo y vegetación, a través de la interpretación visual justo como lo marca el método de la FAO 2000 (FAO, 2001). Asimismo es eliminada el área mínima cartografiable de 2 mm^2 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.

De esta forma cuando la cobertura de uso de suelo y vegetación (USV) se encuentra debidamente corregida y delimitada, es transferida hacia ArcMap para elaborar los mapas y obtener la superficie correspondiente a cada 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 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										O		
	Agua												
	TOTAL 2												

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

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 Primario (Bosque-Selvas Densos); 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 forestal y 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
S1 = superficie forestal, al inicio del periodo
S2 = superficie forestal, al final del periodo
n = número de años entre las dos fechas

Utilizando como herramienta los SIG, se realiza la intersección entre las coberturas de cada fecha, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La operación se realiza sobreponiendo la primera fecha sobre la segunda. Después 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 generan las matrices de transición, con los datos de la intersección, donde se muestran las pérdidas y ganancias de cada fecha. La matriz contiene en el eje vertical de tipos 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 dentro del periodo.

Resultados

Imágenes de satélite

Las imágenes finales tienen una proyección cartográfica UTM, Datum-WGS84, Esferoide-WGS84, Zona-15 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 5).

Por su parte en las imágenes SPOT de los años 2005 y 2009 el falso color es RGB de las bandas 1, 2, 3 y corresponde al verde, rojo e infrarrojo cercano. Este compuesto muestra en diferentes tonos de rojo las cubiertas forestales, y en tonos de rosa intenso hacia rojo las áreas con uso agropecuario; mientras que en tonos cyan a blancos las áreas urbanas y suelo desnudo (Figuras 6 y 7).

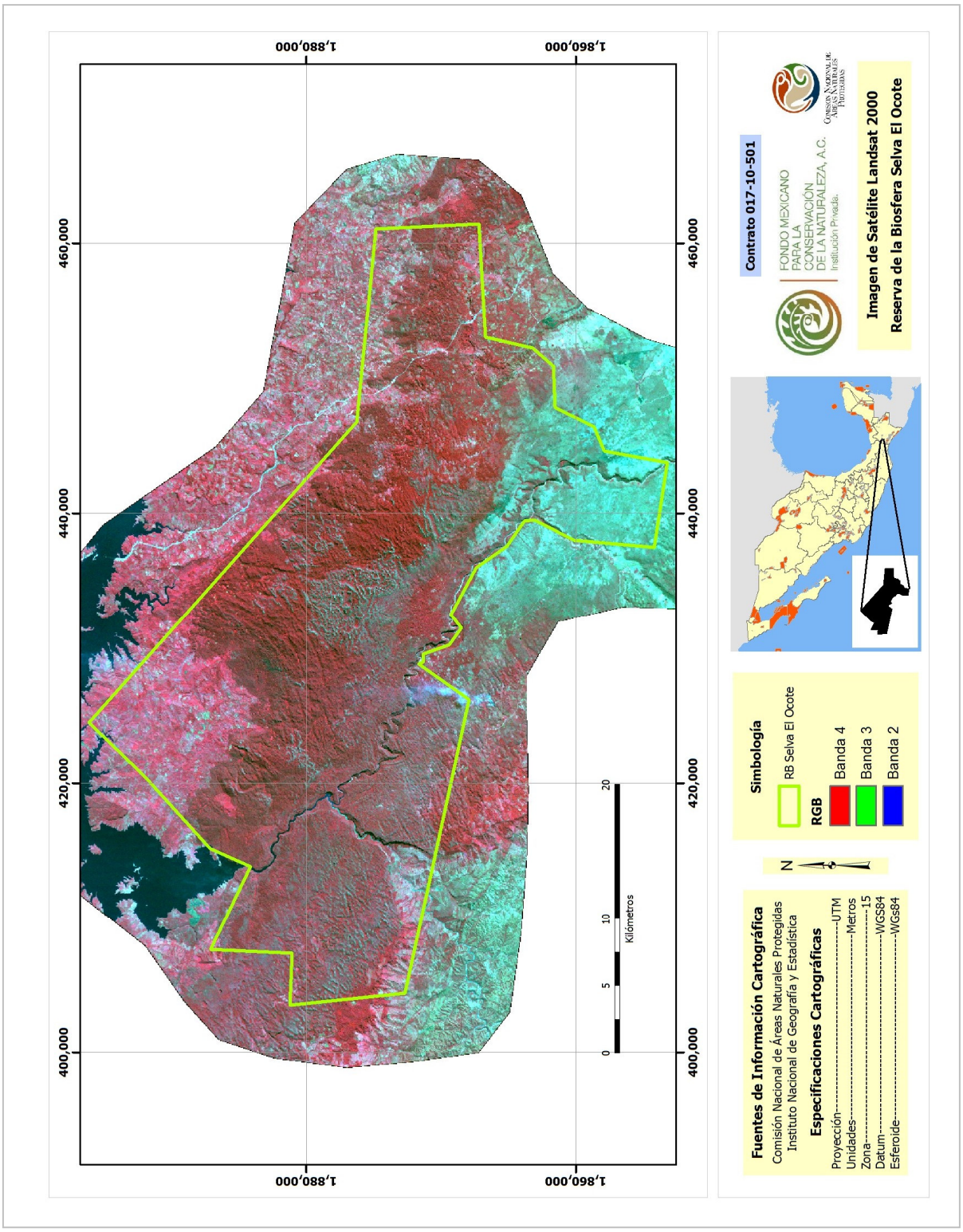


Figura 5.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4 3 2

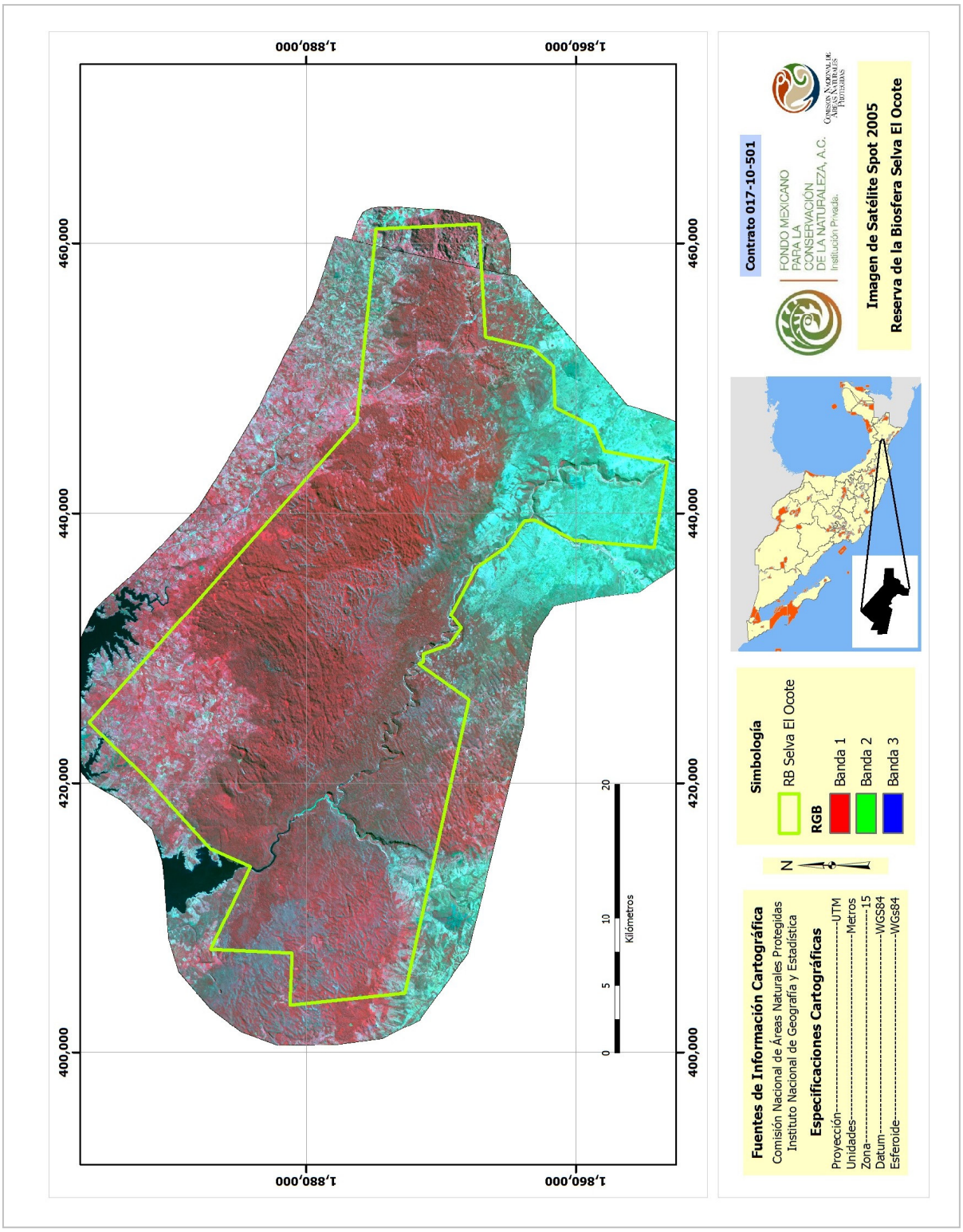


Figura 6.- Imágenes de Satélite SPOT 2005, falso color RGB 1 2 3

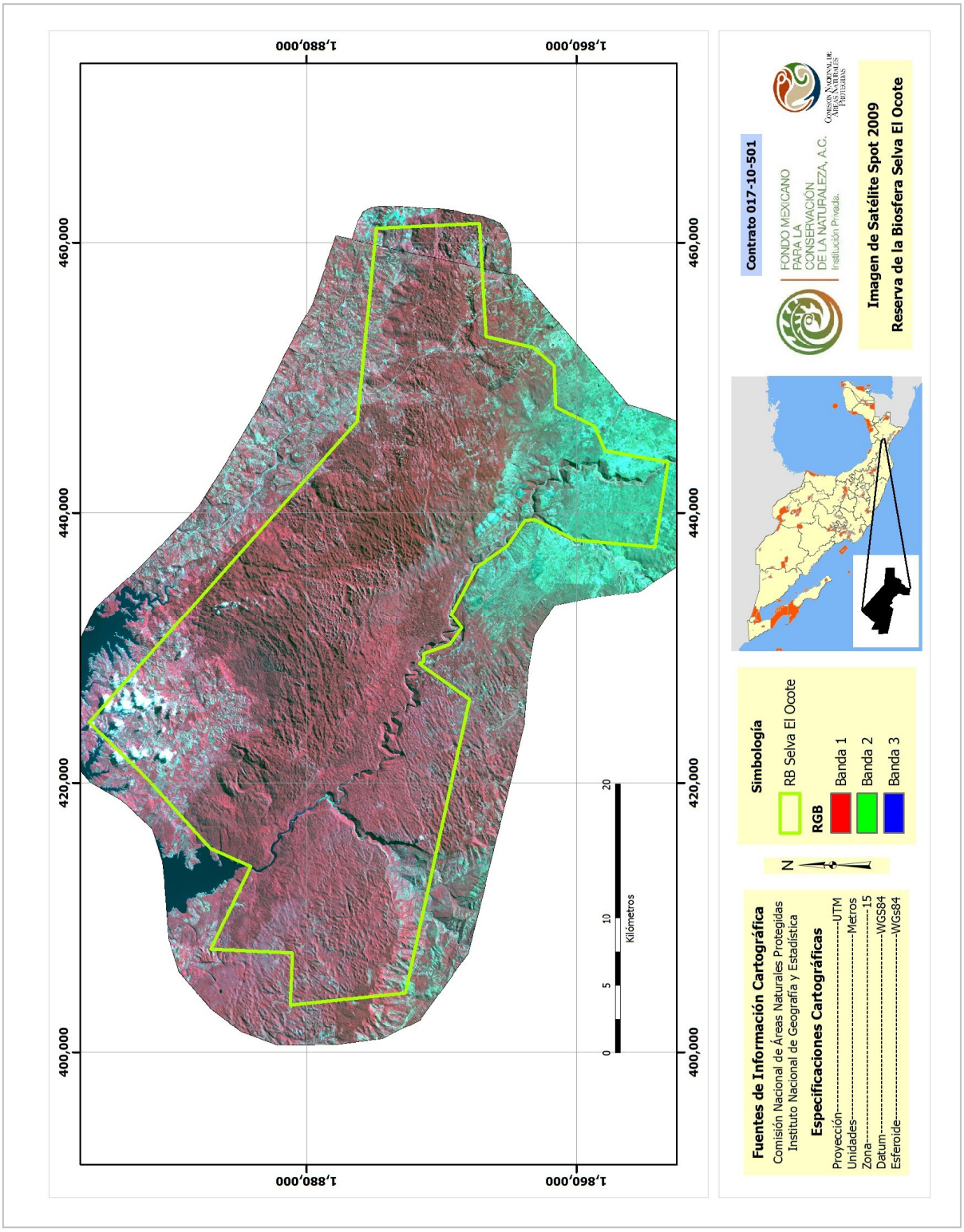


Figura 7.- Imágenes de Satélite SPOT 2009, falso color RGB 1 2 3

Uso del Suelo y Vegetación

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, a continuación se mostrará en la tabla 3 los resultados obtenidos.

Tabla 3.- Superficie de Uso del Suelo y Vegetación para los años 2000, 2005 y 2009

Cubierta del Suelo Reserva de la Biosfera Selva El Ocote						
Uso de Suelo y Vegetación	**2000**		**2005**		**2009**	
FORESTAL	**HA**	**%**	**HA**	**%**	**HA**	**%**
Area Sin Vegetacion Aparente	330	0.33	330	0.33	330	0.33
Sabana	6,592	6.51	6,586	6.50	6,572	6.49
Selva Alta Perennifolia	33,556	33.13	33,554	33.13	33,540	33.11
Selva Baja Caducifolia	1,037	1.02	1,037	1.02	1,037	1.02
Selva Alta Perennifolia/vs	42,495	41.95	42,348	41.81	42,390	41.85
Selva Baja Caducifolia/vs	1,636	1.61	1,636	1.61	1,633	1.61
Subtotal	**85,644**	**84.55**	**85,489**	**84.40**	**85,501**	**84.41**
NO FORESTAL						
Area Agricola	9,681	9.56	9,674	9.55	9,423	9.30
Asentamientos Humanos	147	0.14	147	0.14	147	0.14
Infraestructura	1	0.00	1	0.00	1	0.00
Pastizal Inducido	5,578	5.51	5,740	5.67	5,979	5.90
Subtotal	**15,407**	**15.21**	**15,562**	**15.36**	**15,551**	**15.35**
OTROS						
Cuerpo de Agua	238	0.23	238	0.23	238	0.23
Subtotal	**238**	**0.23**	**238**	**0.23**	**238**	**0.23**
TOTAL	**101,289**	**100.00**	**101,289**	**100.00**	**101,289**	**100.00**

En el grupo Forestal la superficie al inicio del periodo, en el año 2000, es de 85, 644 hectáreas, superficie que disminuyo hacia el año 2009 en donde presentó 85, 501; estas cantidades corresponden al 84.55% y 84.41% de la superficie total respectivamente. Por su parte, en el grupo No Forestal se presentó una superficie de 15, 407 hectáreas durante el año 2000 la cual aumento a 15, 551 hectáreas hacia el año 2009; cifras que corresponden al 15.21% y 15.35% respectivamente. Los cuerpos de agua presentan una superficie de 238 hectáreas misma que se mantuvo durante todo el periodo.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la selva alta perennifolia con vegetación secundaria, esta clase cubre una superficie de 42, 495 hectáreas (41.95%) en el año 2000, y de 42, 390 hectáreas (41.85%) en el año

2009. En importancia le sigue la selva alta perennifolia con una superficie de 33, 556 hectáreas (33.13%) en el año 2000 y, 33, 540 hectáreas (33.11%) para el año 2009.

En el grupo No forestal, la clase área agrícola es la que cubre mayor superficie dentro del área de la Reserva, esta clase presentó 9,681 hectáreas en el año 2000, lo que representa el 9.56% de la superficie total del área; y 9,423 hectáreas (9.30%) para el año 2009. Otra clase que sobresale de entre las demás en este grupo, es el pastizal inducido; con una superficie de 5, 578 ha (5.51%) para el año 2000 y de 5, 979 hectáreas (5.90%) del total de la superficie.

A continuación se presentan los mapas en donde pueden ser observados los grupos Forestal y No Forestal en los años 2000, 2005 y 2009 (Figuras 8, 9 y 10); en ellos el color verde representa a las áreas forestales, mientras que el color amarillo corresponde a las áreas no forestales.

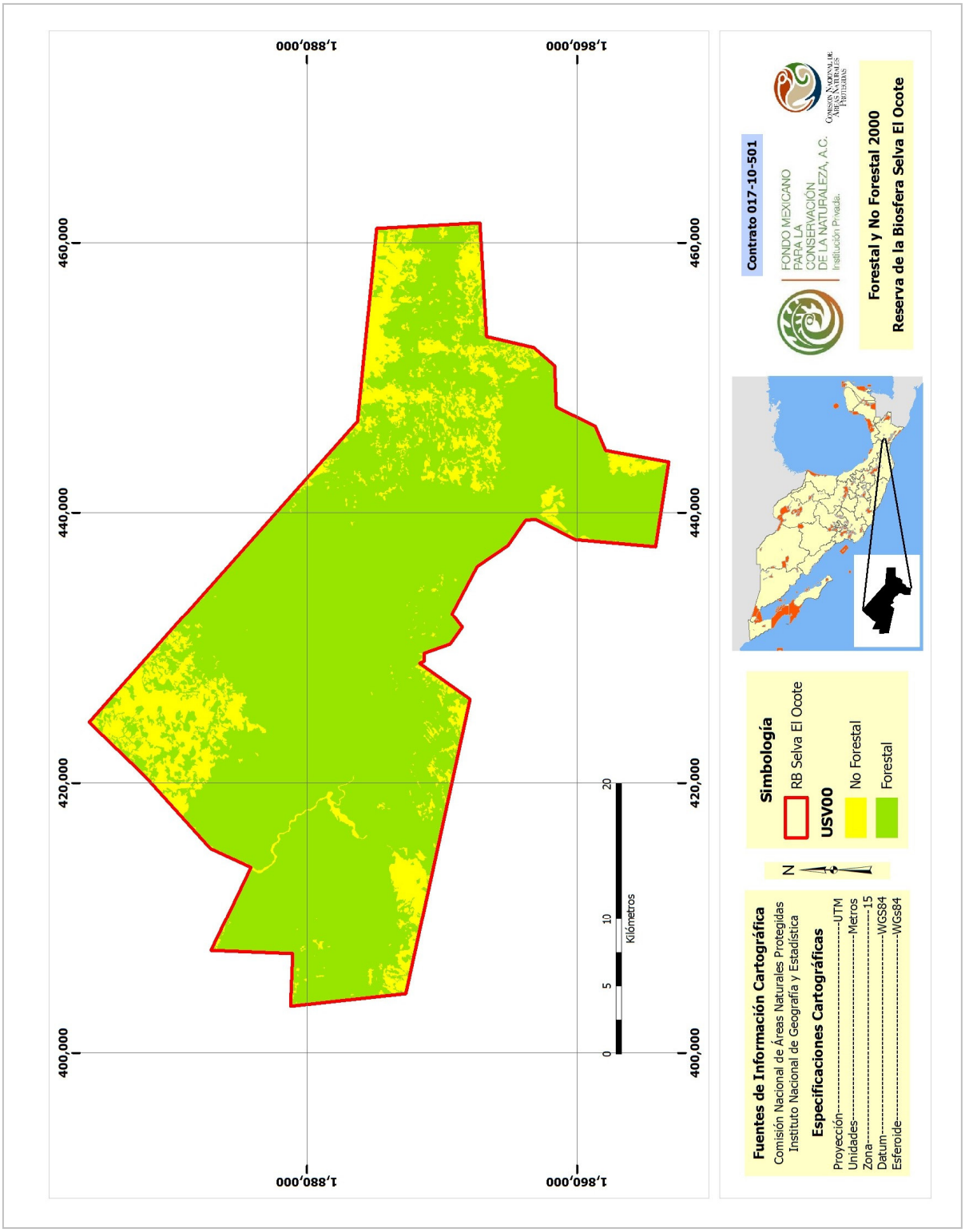


Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal año 2000

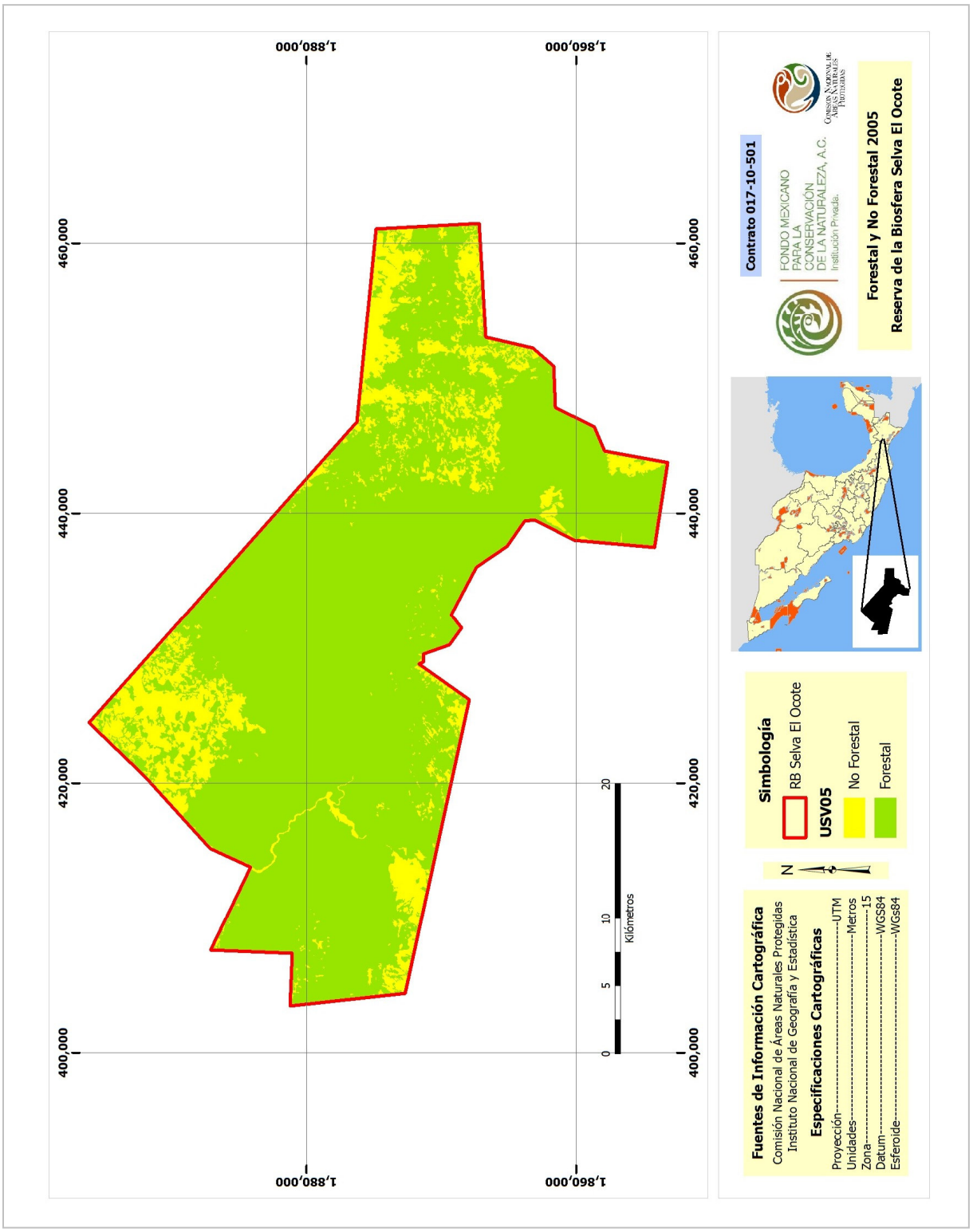


Figura 9.- Grupos Forestal-No Forestal año 2005

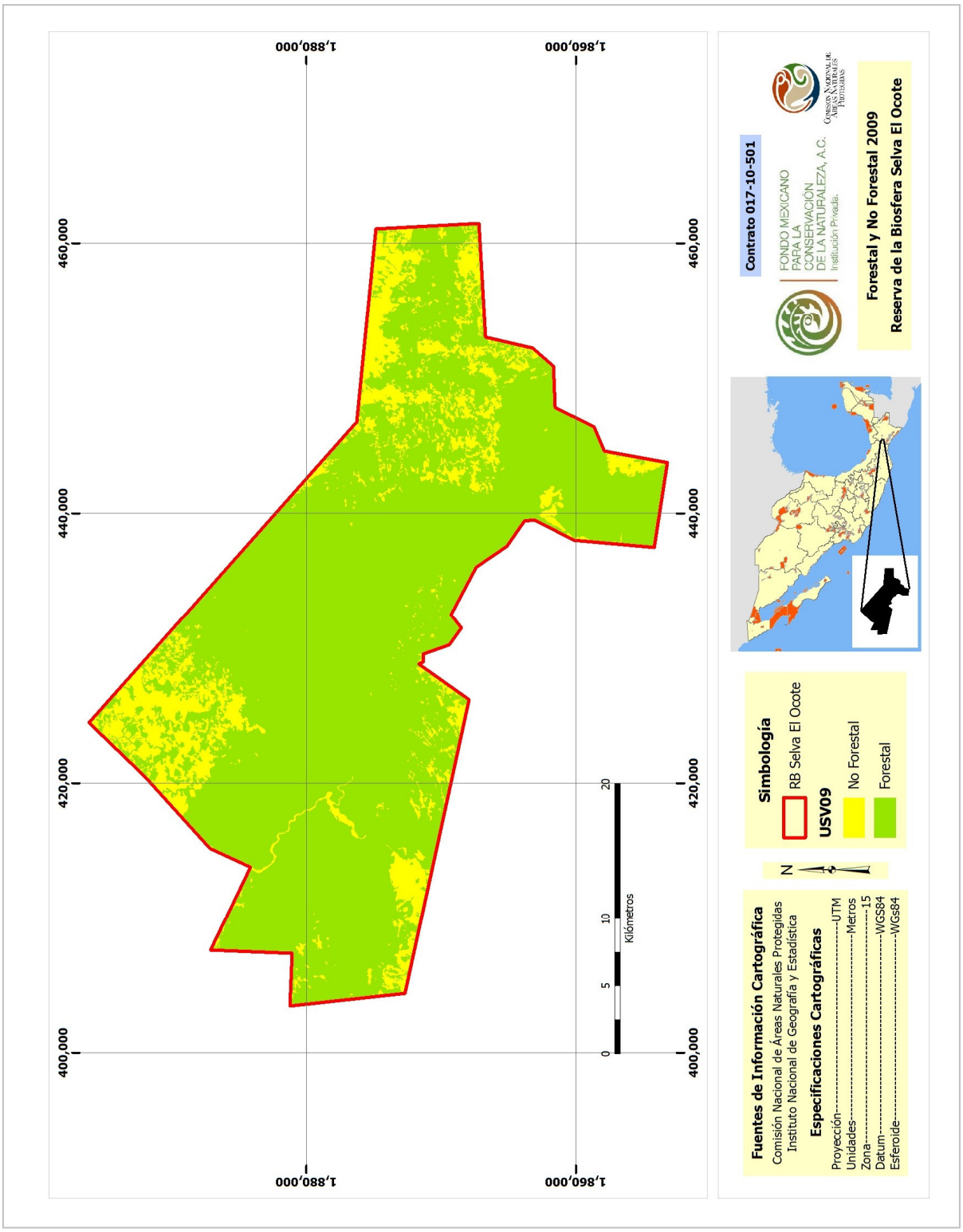


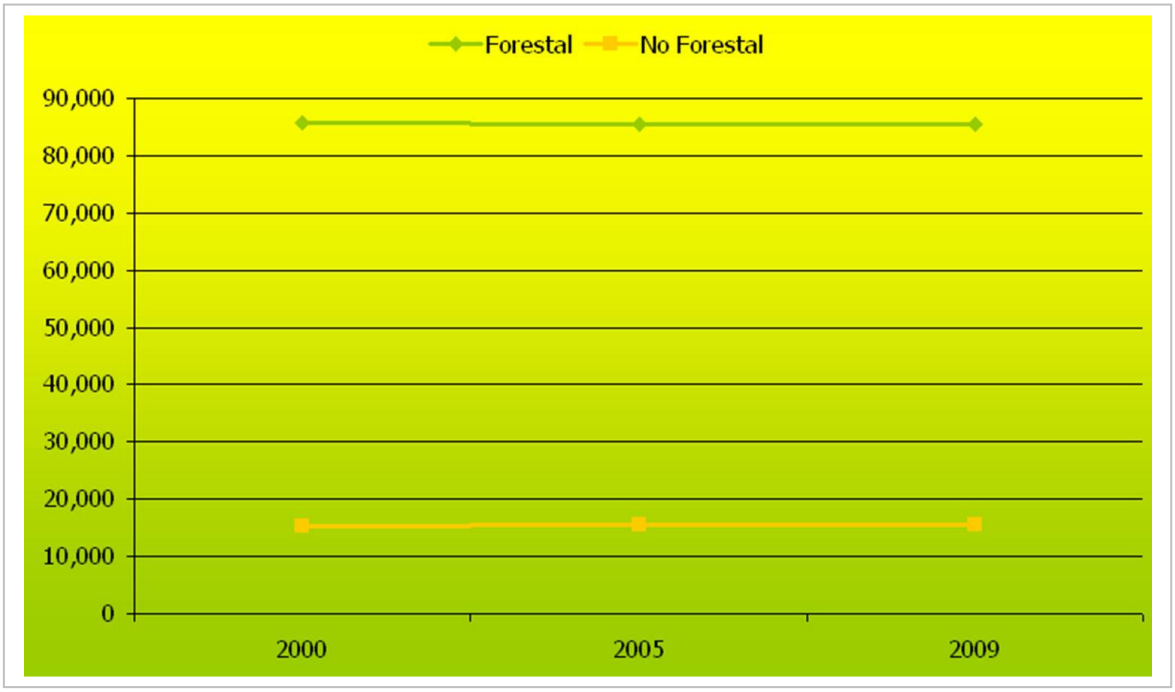
Figura 10.- Grupos Forestal-No Forestal año 2010

La siguiente tabla (4) muestra la superficie de los grupos Forestal y No forestal para los años 2000, 2005 y 2009; y es representada en la figura 11, en la cual se observa que durante el periodo de 9 años la cobertura forestal y no forestal se mantiene constante a través del tiempo.

Tabla 4. Superficie Forestal- No Forestal

Años	Forestal (Ha)	No Forestal (Ha)
2000	85, 644	15, 407
2005	85, 489	15, 562
2009	85, 501	15, 551

Figura 11. Superficie Forestal y No Forestal



A continuación y como resultado de la clasificación de las imágenes Landsat y Spot, se presentan los mapas con las coberturas para los años 2000, 2005 y 2009 (Fig. 12, 13 y 14).

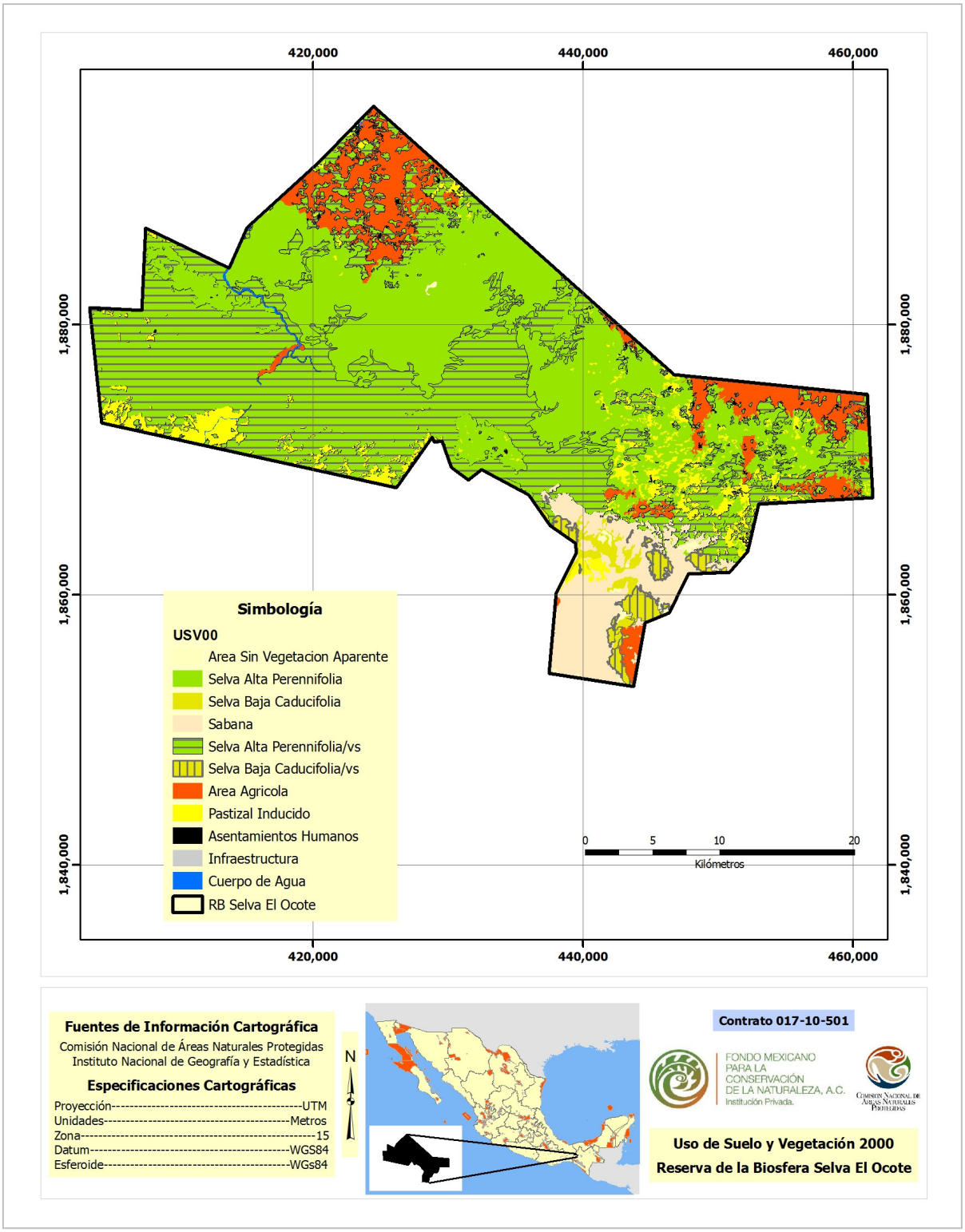


Figura 12- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

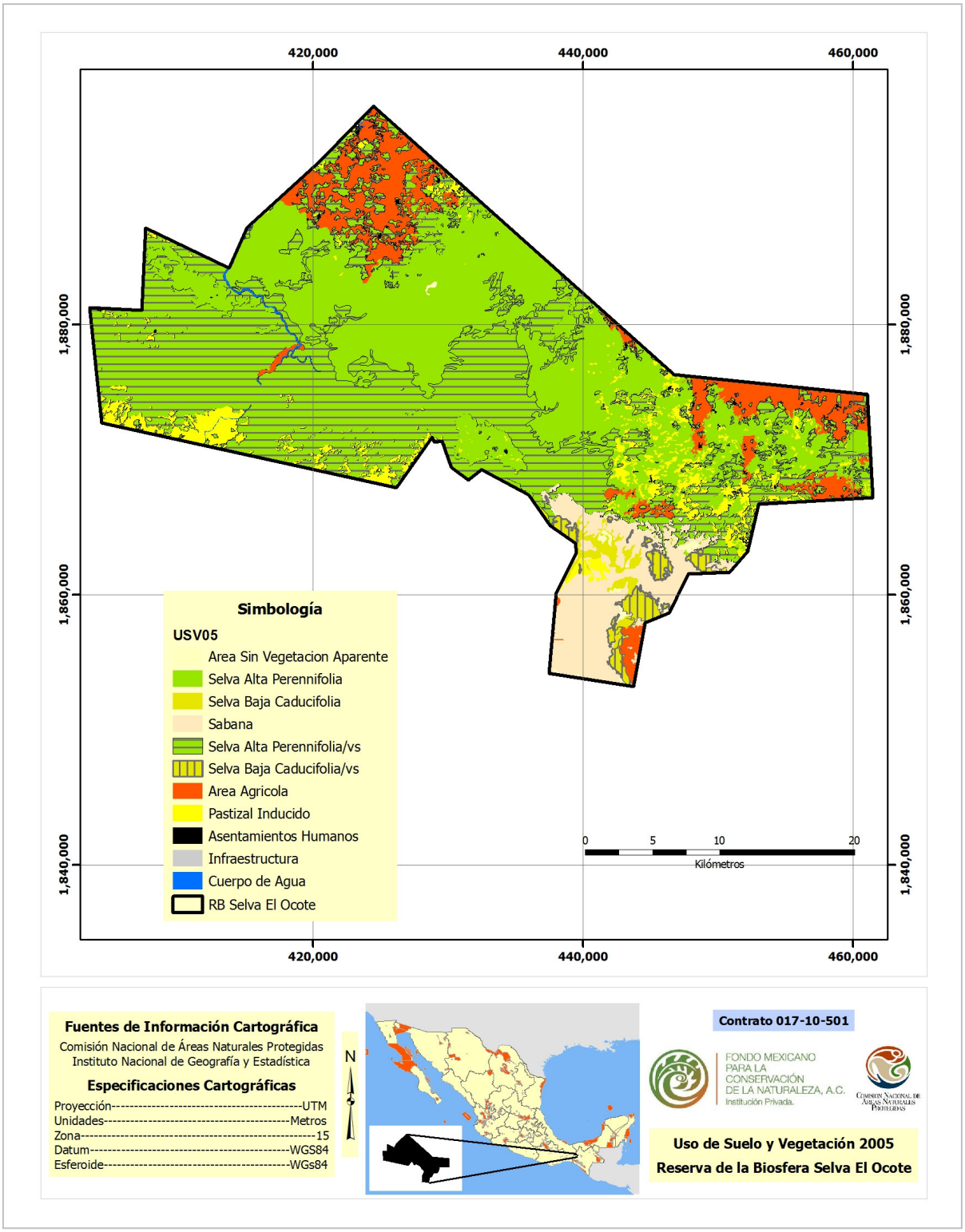


Figura 13.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2005

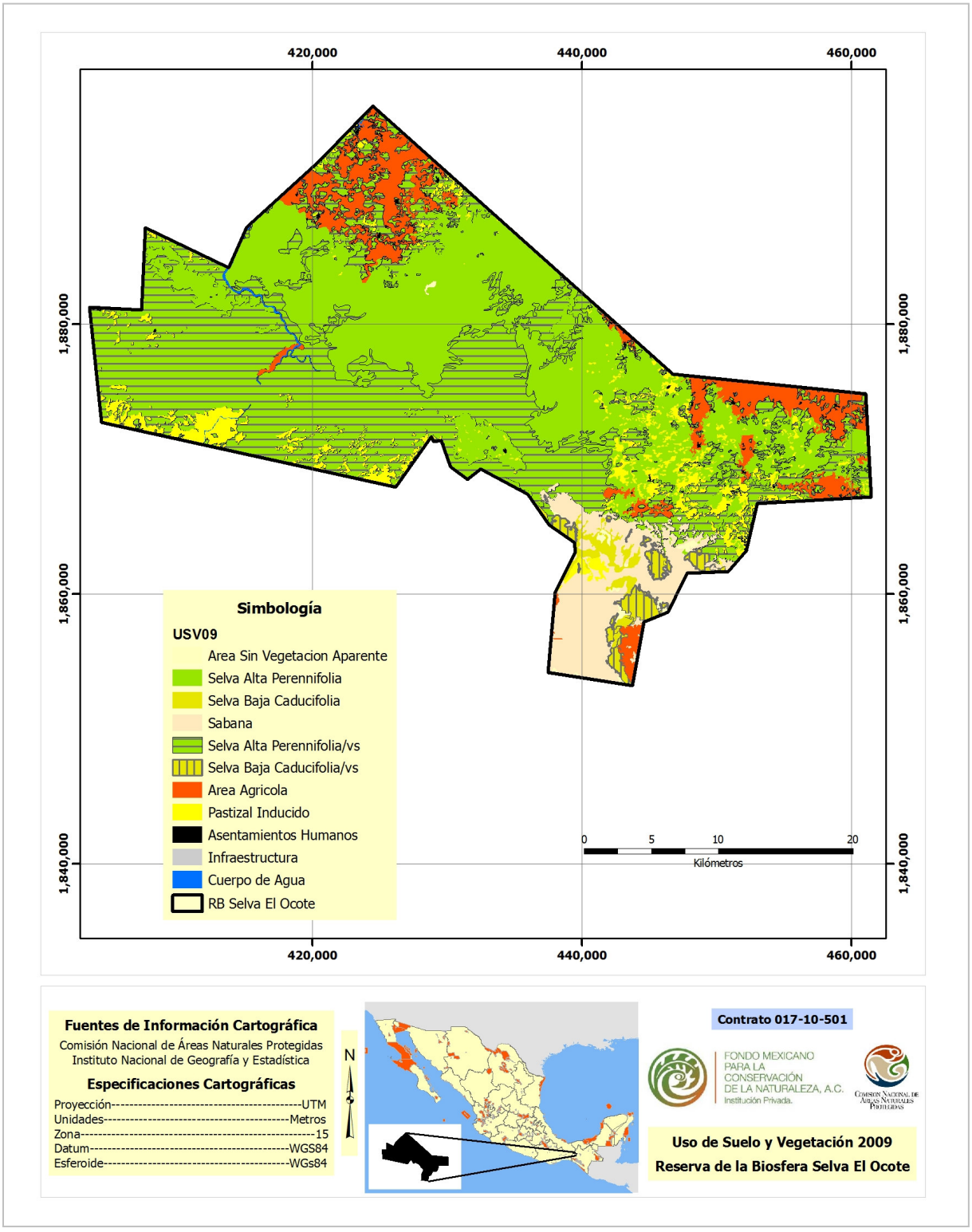


Figura 14.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2009

Áreas de Cambio

Con la elaboración de matrices de cambio se obtuvo la superficie transformada de las distintas categorías para los periodos 2000- 2005 y 2005-2009. A continuación se mencionan los tipos de transformación más representativos en cada periodo, y se muestra el mapa de cambio para el periodo completo 2000 – 2009 (figura 15).

Matriz de Cambio 2000 - 2005

La tabla (5) muestra los cambios ocurridos entre el periodo 2000-2005, en ella se observan valores que se deben a transformaciones por deforestación y revegetación, siendo el primero de estos procesos el que más superficie ha afectado.

Las clases que presentaron deforestación son tres, mismas que fueron afectadas por prácticas de desmonte para la introducción pastizales y actividades agrícolas. La clase que más superficie perdió es la selva alta perennifolia con vegetación secundaria la cual perdió 187.5 Ha, le sigue la sabana con una superficie de 5.5 Ha, y la selva alta perennifolia 2 hectáreas. Por otra parte la clase que más revegetación tuvo durante este periodo es selva alta perennifolia con vegetación secundaria con 40 ha.

Matriz de Cambio 2005 - 2009

En este periodo también se presentan los procesos de deforestación y revegetación pero fueron más clases las que resultaron afectadas sobre todo por el proceso de deforestación. También se presentó el proceso de perturbación aunque no es representativo. Las clases que resultaron afectadas fueron cuatro, sobre todo por actividades agrícolas y la introducción de pastos. La clase selva alta perennifolia con vegetación secundaria fue la que más superficie perdió con 471 hectáreas. Al igual que en el periodo anterior, la clase selva alta perennifolia con vegetación secundaria tuvo una superficie con proceso de revegetación de con 512 ha.

Tabla 5.- Matriz de transición para el periodo 2000-2005

Matriz de Cambio El Ocote 2000-2005	Area Sin Vegetacion Aparente	Sabana	Selva Alta Perennifolia	Selva Baja Caducifolia	Selva Alta Perennifolia/vs	Selva Baja Caducifolia/vs	Area Agricola	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Cuerpo de Agua	Total 2000
Area Sin Vegetacion Aparente	330.1											330.1
Sabana		6,586.0					5.5					6,591.5
Selva Alta Perennifolia			33,553.5							2.0		33,555.5
Selva Baja Caducifolia				1,036.5								1,036.5
Selva Alta Perennifolia/vs					42,307.8					187.5		42,495.3
Selva Baja Caducifolia/vs						1,635.5						1,635.5
Area Agricola					12.0		9,668.7					9,680.6
Asentamientos Humanos								146.8				146.8
Infraestructura									1.0			1.0
Pastizal Inducido					27.9					5,550.6		5,578.5
Cuerpo de Agua											237.7	237.7
Total 2005	330.1	6,586.0	33,553.5	1,036.5	42,347.7	1,635.5	9,674.1	146.8	1.0	5,740.1	237.7	101,289.1

Tabla 6.- Matriz de transición para el periodo 2005-2009

Matriz de Cambio El Ocote 2005-2009	Area Sin Vegetacion Aparente	Sabana	Selva Alta Perennifolia	Selva Baja Caducifolia	Selva Alta Perennifolia/vs	Selva Baja Caducifolia/vs	Area Agricola	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Cuerpo de Agua	Total 2005
Area Sin Vegetacion Aparente	330.1											330.1
Sabana		6,571.8					9.3			4.9		6,586.0
Selva Alta Perennifolia			33,540.1		0.3					13.1		33,553.5
Selva Baja Caducifolia				1,036.5								1,036.5
Selva Alta Perennifolia/vs					41,877.1		44.1			426.5		42,347.7
Selva Baja Caducifolia/vs						1,632.6				2.9		1,635.5
Area Agricola					264.3		9,370.1			39.8		9,674.1
Asentamientos Humanos								146.8				146.8
Infraestructura									1.0			1.0
Pastizal Inducido					248.0					5,492.1		5,979.3
Cuerpo de Agua											237.7	237.7
Total 2009	330.1	6,571.8	33,540.1	1,036.5	42,389.7	1,632.6	9,423.5	146.8	1.0	5,979.3	237.7	101,289.1

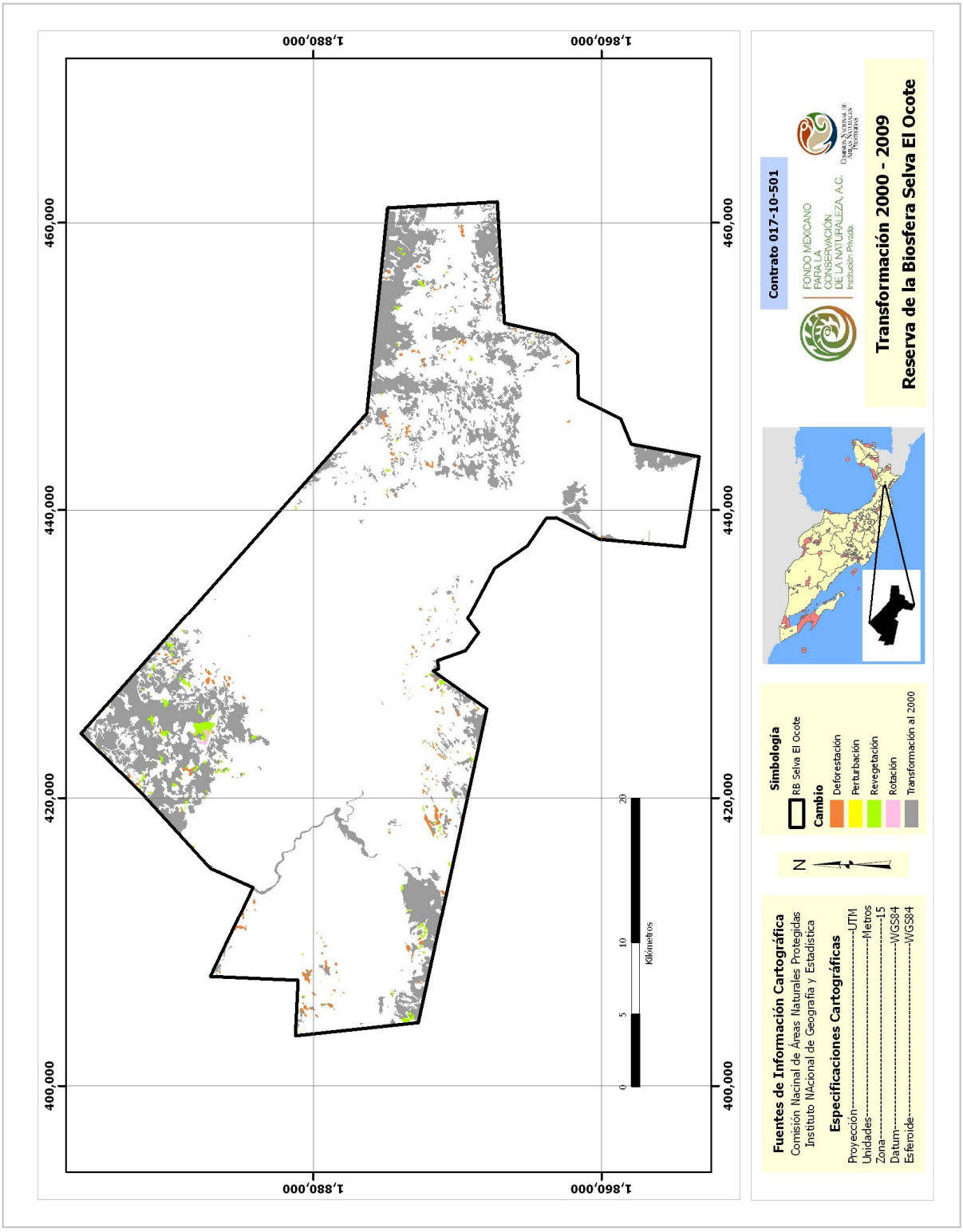


Figura 15.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2009

Durante el periodo 2000 – 2005, un total de 155 hectáreas fueron transformadas, a un ritmo de 31 ha por año (tabla 7). En este periodo la selva alta perennifolia con vegetación secundaria es quién resulto más afectado.

Tabla 7. Superficie Forestal afectada por No foresta en el periodo 2000-2005

Matriz de Cambio El Ocote 2000-2005	Area Agricola	Pastizal Inducido
Sabana	-5	
Selva Alta Perennifolia		-2
Selva Alta Perennifolia/vs	12	-160
Subtotal	7	-162
Total de cambio en el periodo HA	-155	
Total por año HA	-31	

Por su parte en el periodo 2005 – 2009, se transformaron un total de 11 hectáreas; 3 ha por año. En este periodo también la superficie forestal de la selva alta perennifolia con vegetación secundaria es la que presentó mayor afectación por procesos de deforestación. Sin embargo, esta misma clase forestal manifestó en este periodo cierta recuperación caracterizada por un proceso de revegetación sobre todo en su asociación a vegetación secundaria.

Tabla 8.- Superficie Forestal afectada por No forestal en el periodo 2005-2009

Matriz de Cambio El Ocote 2005-2009	Area Agricola	Pastizal Inducido
Sabana	-9	-5
Selva Alta Perennifolia		-13
Selva Alta Perennifolia/vs	220	-179
Selva Baja Caducifolia/vs		-3
Subtotal	211	-199
Total de cambio en el periodo HA	11	
Total por año HA	3	

Tasa de Transformación del Hábitat.

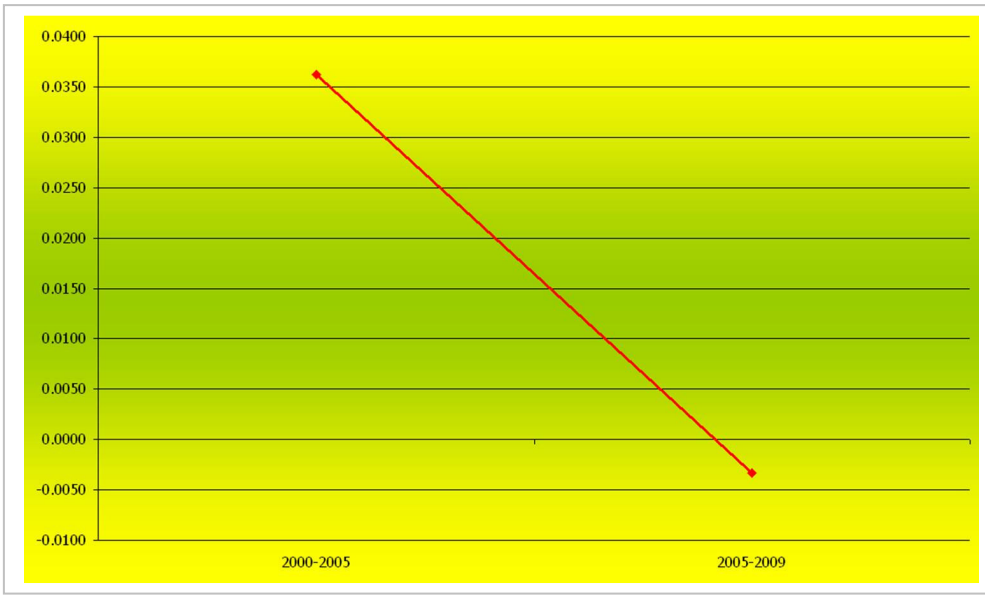
La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2009 para la Reserva es de 0.0186, valor que corresponde a una superficie de -143.64 hectáreas. En el periodo 2000 – 2005, hubo una transformación en -155.11 hectáreas con una tasa de 0.362. Finalmente para el periodo 2005 – 2009 la tasa de transformación fue de -0.0034 correspondiente a 11.47 Ha, este valor indica una recuperación mediante la presencia de vegetación secundaria asociada sobre todo a la selva alta perennifolia (tabla 9).

Tabla 9.- Tasa de transformación del hábitat

Período	s1	s2	Cambio(HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual
2000-2005	85,644.45	85,489.35	-155.11	5	0.0003625	0.0362
2005-2009	85,489.35	85,500.82	11.47	4	-0.0000335	-0.0034
2000-2009	85,644.45	85,500.82	-143.64	9	0.0001865	0.0186

En la gráfica (fig. 16) se muestra como ha sido el comportamiento de los valores durante el periodo de estudio.

Figura 16.- Tasa de transformación para la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote



Conclusiones

Los datos obtenidos muestran una tasa de transformación para el periodo 2000 – 2009 es de apenas 0.0186, que corresponde a una superficie de cambio de -143.64 ha durante un periodo de 9 años. En términos generales la cobertura forestal en el área presenta una ligera disminución aunque las áreas en donde se tuvo esta pérdida son aquellas en donde tradicionalmente han existido actividades agropecuarias. Asimismo la categoría que ha sido constantemente afectada es la selva alta perennifolia con vegetación secundaria, aunque es ésta misma en la que también se ha presentado cierta revegetación misma que se refleja en el aumento en la superficie cubierta de la selva alta perennifolia con vegetación secundaria.

La utilización de imágenes de satélite y su procesamiento ha demostrado ser modo de adquisición de datos sobre superficie de cambio a distancia, y permite conocer -hasta cierto punto- cual es el estado en el que se encuentran las masas forestales dentro de las ANP's del país. Sin embargo, es necesario que se considere dar continuidad a la obtención de los mapas de uso de suelo y vegetación dentro de las ANP del país, con lo cual se estaría consiguiendo actualizar el dato de la tasa de cambio; asimismo se deberá buscar reforzar estos resultados, a partir del uso de información adicional y un trabajo campo que permita validar los resultados.

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.

Breedlove,1981. Introduction to the flora of Chiapas. California Academy of Sciences. Sn. Francisco 35 pp.

CONANP, 2001. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Selva el Ocote. Primera edición. México. 144pp.

Chuvieco, E. 2000. Fundamentos de Teledetección Espacial. 3 Edición. Rialp, S.A. Madrid España. 568pp.

D.O.F., 2000. Diario Oficial de la Federación. Secretaria Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 29pp.

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

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).

García, E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana) 4ª. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. 217 pp.

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

IHN, 1997. Estudio de tenencia de la tierra en la Zona de Protección Forestal y Fáunica Selva El Ocote. Documento Interno.

INEGI, 2007. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación 1:250, 000 (vectorial) Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México. 50 pags.

Mûlleried F. K. G., 1957. La Geología de Chiapas. Gobierno Constitucional del estado de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez. 180pp.

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 C. V., Figueroa, Fernanda, 2007. La efectividad de las reservas de la biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica / coord. por Gonzalo Halffter Salas, Sergio Guevara Sada, Antonio Melic, 2007, ISBN 978-84-935872-0-8, pags. 161-171

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 Unite 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.

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

Referencias Web

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

http://mapserver.inegi.gob.mx/DescargaMDEWeb

http://www.conanp.gob.mx/fanp.html