



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



COMISION NACIONAL DE
ÁREAS 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 La Sepultura



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
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

<i>Introducción</i>	4
<i>Antecedentes</i>	7
<i>Objetivo</i>	10
<i>Área de Estudio</i>	10
<i>Material</i>	14
Polígono oficial	14
Imágenes de satélite	14
Modelo Digital de Elevación (MDE)	15
<i>Metodología</i>	17
Diseño de la leyenda	17
Rectificación de imágenes de satélite	19
Clasificación de imágenes de satélite	20
Áreas de cambio	22
Tasa de Transformación	24
<i>Resultados</i>	25
Imágenes de satélite	25
Uso del Suelo y Vegetación	30
Áreas de Cambio	39
Matriz de Cambio 2000 - 2005	39
Matriz de Cambio 2005 - 2009	39
Tasa de Transformación del Hábitat.	44
<i>Conclusiones</i>	45
<i>Bibliografía</i>	47

Introducción

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) es un órgano desconcentrado de la Secretaría 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 Characterization) 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 CONANP, 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 intención 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 documento tiene como área de interés Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas. Las condiciones particulares que le proporciona un gradiente altitudinal entre los 60 a los 2550 m, su exposición hacia dos vertientes y su ubicación en el Istmo de Tehuantepec con una alta influencia de vientos, han permitido el desarrollo de por lo menos 10 de los 18 tipos de vegetación primaria reportados para la entidad y contener una gran diversidad de especies endémicas, raras, amenazadas y en peligro de extinción, tanto de flora como de fauna.

Las iniciativas que se tomaron para proteger el área se resumen a un intento del Gobierno del Estado de Chiapas, que en 1993 la estableció como Zona Sujeta a Conservación Ecológica; sin embargo, por diversas razones el Decreto de dicha declaratoria no se publicó en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Chiapas, lo cual invalidó dicho documento. En los siguientes años, gracias a gestiones hechas por el mismo Gobierno del Estado, la SEMARNAP retoma la propuesta y el 5 de junio de 1995, en el acto de celebración del Día Mundial del Medio Ambiente, llevado a cabo en el municipio de Acapetahua, Chiapas, fue declarada Reserva de la Biosfera La Sepultura.

Objetivo

- ◆ Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera Sierra La Sepultura para el periodo 2000 a 2009.

Área de Estudio

El Área de La Reserva de la Biosfera La Sepultura, se localiza en la región suroeste del estado de Chiapas, en la porción noroeste de la Sierra Madre (figura 1). Limita al norte y noreste con la Depresión Central de Chiapas, al este con cumbres de la Sierra Madre en su continuación hacia el Soconusco, al sur con la Planicie Costera del Pacífico de Chiapas y al oeste con las estribaciones de la misma Sierra Madre en su continuación hacia el estado de Oaxaca. Comprende parte de los municipios de Arriaga, Cintalapa, Jiquipilas, Tonalá, Villacorzo y Villaflores, Chiapas; tiene una superficie total de 167,309-86-25 hectáreas, de las cuales 13,759-21-25 corresponden a cinco zonas núcleo discontinuas (Cuenca del Arenal, San Cristóbal, La Palmita, Tres Picos y La Bola).

La Reserva está ubicada en la región fisiográfica Sierra Madre de Chiapas, que es una franja montañosa que corre paralela a la costa del Pacífico, recorriendo el estado en dirección noroeste-sureste, continuándose en el estado de Oaxaca y la República de Guatemala, respectivamente. Limita al sur con la Planicie Costera del Pacífico y al norte con la Depresión Central de Chiapas, se caracteriza por lo escarpado y quebrado del terreno, alcanzando pendientes mayores al 100%. Morfológicamente varía en sus partes, que muestran en algunos lugares valles pronunciados, en otros valles quebrados, sierras y serranías, y aun cerros, planicies intermontanas o cuencas.

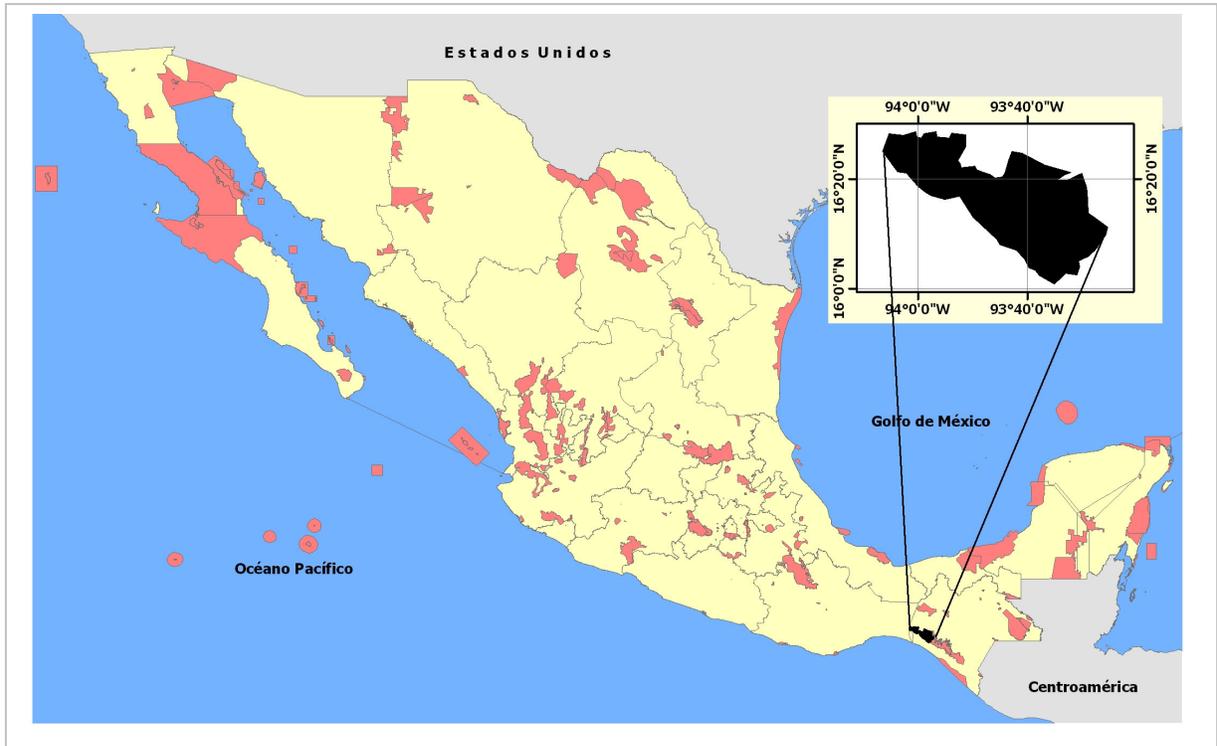


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera La Sepultura

La Sierra Madre tiene una longitud total de 250 km y anchura que varía entre 50 km en el noroeste y 65 km en el sureste, así como una superficie de 2,125 km², con diferentes niveles altitudinales que van de los 1500 m. en el noroeste (zona de la Reserva) y las más altas en el sureste donde, exceptuando al volcán Tacaná, alcanza los 3,000 msnm. En el área de la Reserva, la Sierra Madre se eleva desde los 60 m en la vertiente Del Pacífico, hasta los 2,550 msnm, en el cerro Tres Picos. En general la topografía de la sierra en la Reserva es más abrupta en la vertiente del Pacífico; esto se observa en las corrientes de agua que en esa zona son de régimen torrencial y cauce corto.

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, modificado por E. García, en el área se presentan los siguientes tipos climáticos:

Tipo clima	Descripción
Aw2 (w). Cálido subhúmedo	Con lluvias y canículas en verano. La precipitación total anual fluctúa entre 1,200 y 2,000 mm. La temperatura media anual varía entre los 24 °C y los 28 °C. Este tipo climático se distribuye en ambas vertientes de la sierra.
Am (w). Cálido húmedo	Con lluvias y canícula en verano con precipitación total anual entre los 2,000 y 2,800 mm y temperatura media anual entre los 24 y 28 °C; se localiza sobre la vertiente del Pacífico, de los 100 a los 1,000 msnm, en el extremo sureste de la Reserva.
A (C)w2 (w) Semicálido subhúmedo	Con lluvias en verano y canícula en la misma estación; precipitación total anual entre los 2800 mm. Temperatura media anual de 22 °C. Este tipo climático se distribuye en los cerros La Palmita, La Sepultura, Pilón, La Fábrica y Cacahuatal, desde los 1,000 hasta los 1,300 msnm.
A(C)m(w). Semicálido húmedo	Con abundantes lluvias en verano, porcentaje invernal de lluvias inferior al 5% y la precipitación total anual entre 2,000 y 2,500 mm. La temperatura media anual entre los 20 y 22 °C, en altitudes que van de 1,000 a 1,500 msnm, y de 18 a 20 °C en alturas comprendidas entre los 1,500 y los 2,000 msnm.
C (m) (w). Templado húmedo	Con abundantes lluvias en verano precipitación total anual entre 2,000 y 3,000 mm. La temperatura fluctúa de 15 a 18 °C en el cerro Tres Picos. Este clima es característico en las partes más altas y laderas de la serranía, donde se distribuye el bosque mesófilo.

La Reserva, como parte de la Sierra Madre, constituye el parteaguas entre la vertiente del Océano Pacífico que corresponde a la Región Hidrológica de la Costa de Chiapas RH 23, y la vertiente de la Depresión Central de Chiapas correspondiente a la Región Hidrológica Grijalva-Usumacinta RH 30. (INEGI, 1992).

De acuerdo a las características geológicas y de desarrollo edáfico que se ha dado en ésta porción de la Sierra Madre de Chiapas, en la Reserva de la Biosfera se localizan las siguientes unidades de suelo, según la clasificación de la FAO/UNESCO, descritos por INEGI (1992). a) **Re + Bc + I/2** Regosol eutrico en primer orden, asociado con cambisol crómico y litosol, de clase textural media. En

general estos suelos son claros y se parecen a la zona que los subyace, cuando no son profundos b) **Re + I +Bc/2** Regosol eútrico, asociados con litosol y cambisol crómico de clase textural media. Ocupa un 5% y se distribuyen al extremo noroeste y este del área. c) **Re + Be/2** Regosol eútrico en primer orden, asociado con cambisol eútrico, de clase textural media. Son suelos muy poco desarrollados formados a partir de depósitos aluviales recientes. d) **Bc + Be +Re/2** Cambisol crómico asociado con cambisol eútrico y regosol eútrico, de clase textural media. e) **I + Re + Lc/2** Litosol asociado con regosol eútrico y luvisol crómico de clase textural media. Este tipo de suelo se caracteriza por estar sin desarrollo, con profundidad media de 10 cm. f) **Re + I + Hh/2** Regosol eútrico asociado con litosol y feozem haplico, de clase textural media. Este tipo de suelo está poco representado dentro del área en un 3% aproximadamente al extremo sureste. g) **Be + Bc/2** Cambisol eútrico asociado a cambisol crómico de clase textural media, son suelos poco desarrollados con ligera acumulación de arcilla y calcio.

El estado de Chiapas está dividido en 7 regiones florísticas o fitogeográficas, de las cuales 4 incluyen a la Sierra Madre quedando comprendida la Reserva de la Biosfera la Sepultura en esas cuatro regiones. En la Reserva se encuentran las siguientes cubiertas forestales: selva mediana y baja, selva alta o mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, sabanas, pinares, bosque de encinares, bosque caducifolio, vegetación secundaria compuesta de numerosas y variadas especies, tanto herbáceas como arbustivas.

Para la elaboración de la leyenda que se utilizó para elaborar 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 1999 para el área de estudio (Tabla 1).

Tabla 1.- Imágenes Landsat ETM para la Reserva de la Biosfera La Sepultura

Satélite	Path	Row	Fecha	Resolución (metros)	Número de bandas
ETM	22	49	04-dic-99	30	6
				15	1

Se tomó como base el polígono del ANP Reserva de la Biosfera Sierra La Sepultura, 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 7 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 La Sepultura

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT	600	317	29-nov-06	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	601	317	06-feb-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	601	318	11-feb-06	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	599	317	20-mar-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1 ^a
SPOT	601	317	27-ene-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1 ^a
SPOT	601	318	27-ene-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1 ^a
SPOT	602	318	22-ene-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1 ^a

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.

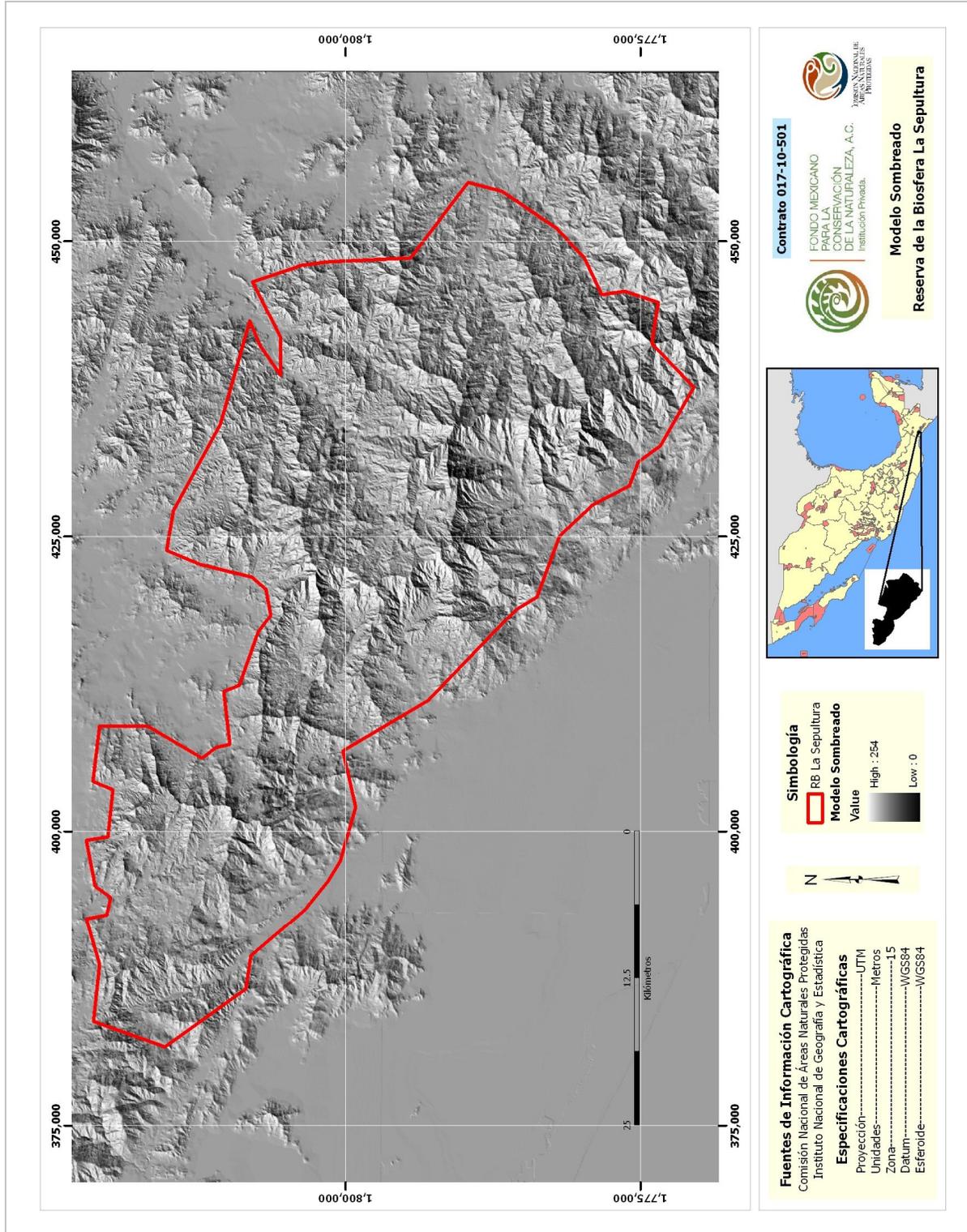


Figura 3.- Modelo Sombreado INEGI, 1:50,000

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 intención 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 diseñó 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 5 tipos de vegetación primaria, 7 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
Bosque de Pino
Bosque de Pino-Encino
Bosque Mesófilo de Montaña
Sabana
Selva Baja Caducifolia
Bosque de Encino/vs
Bosque de Pino/vs
Bosque de Pino-Encino/vs
Bosque Mesofilo de Montaña/vs
Selva Baja Caducifolia/vs
Selva Mediana Subcaducifolia/vs
Selva Mediana Subperennifolia/vs
Área Agrícola
Asentamientos Humanos
Pastizal Inducido
Cuerpo de Agua

Figura 4. Leyenda

Áreas sin vegetación aparente.- Se incluye bajo este concepto los eriales, depósitos de litorales, jales, dunas y bancos de ríos y bancos de materiales que se encuentren desprovistos de vegetación o con una cobertura extremadamente baja o en que ésta no sea aparente y, por ende, no se le pueda considerar bajo alguno de los otros conceptos de vegetación. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales como clima muy árido o salinas.

Bosque de Pino.- Bosque de coníferas (*género pinus*) de amplia distribución en climas templados.

Bosque de Pino-Encino.- Bosque mixto de pinos (*Pinus*) y encinos (*Quercus*).

Bosque Mesófilo de Montaña.- Bosque denso y alto en zonas templadas húmedas o en condiciones topográficas con humedad alta y con una composición florística característica.

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 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.

Bosque de Encino.- Bosques formados por especies del género *Quercus* (encinos), distribuidos ampliamente.

Selva Mediana Subcaducifolia.- Comunidad vegetal arbórea de 15 a 20m de altura. Del 50% al 75% de los árboles pierden follaje durante la época seca.

Selva Mediana subperennifolia.- Comunidad vegetal arbórea de 20 a 30m de altura. Del 25% al 50% de los árboles pierden 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.

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 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.).

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 geoméricamente 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 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.

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													
	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 :			

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

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 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 perennes, mientras que en tonos de verde las cubiertas caducifolias. Por otra parte en tonos de rosa intenso a rojo pero con texturas lisa las áreas con uso agrícola, las áreas desprovistas de vegetación y urbanas mientras que en tonos cyan a blancos (Figuras 6 y 7).

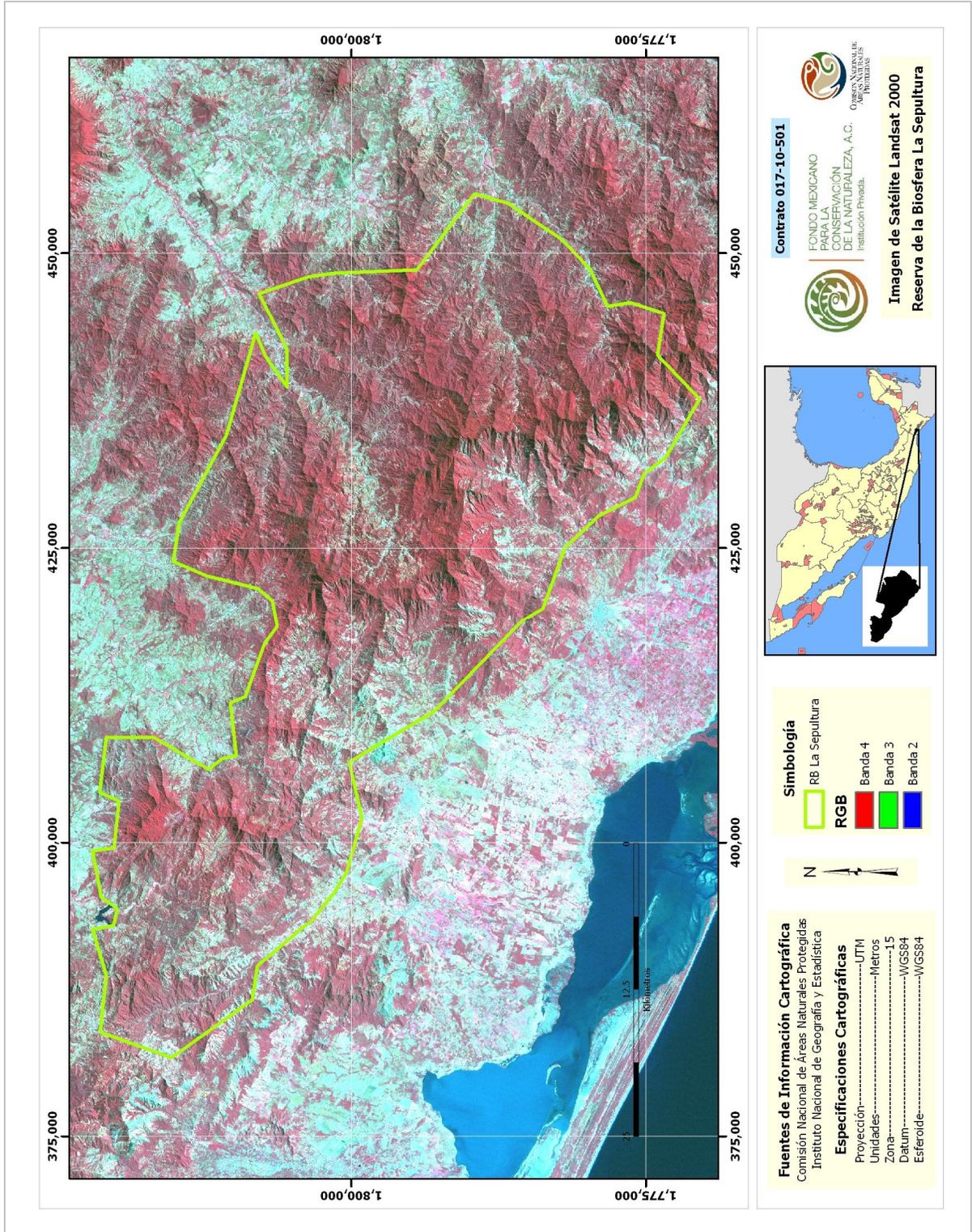


Figura 5.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4 3 2

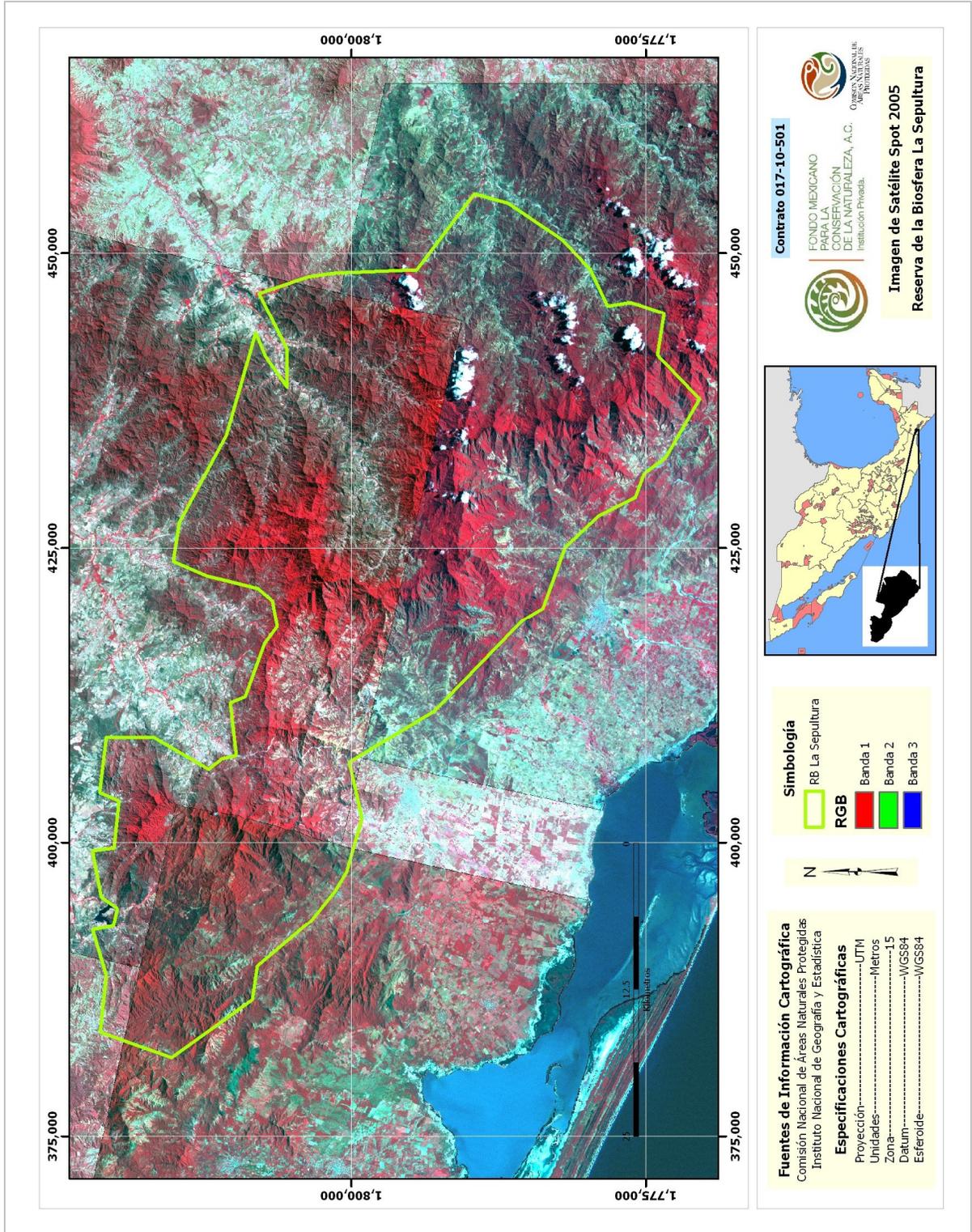


Figura 6.- Imágenes de Satélite SPOT 2005, falso color RGB 1 2 3

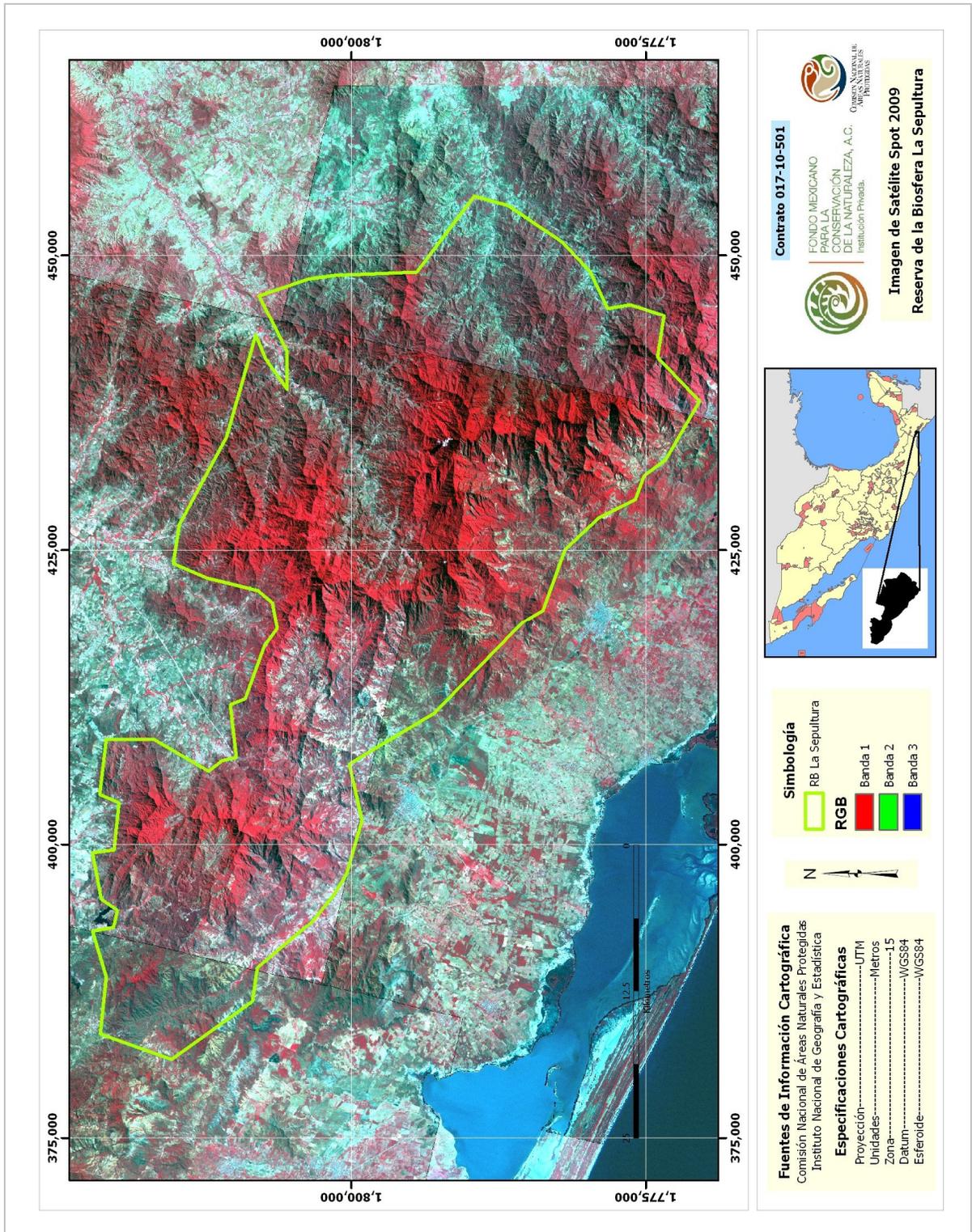


Figura 7.- Imágenes de Satélite SPOT 2009, falso color RGB 1 2 3

Uso del Suelo y Vegetación

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la Reserva de la Biosfera La Sepultura, 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 La Sepultura						
Uso de Suelo y Vegetación	2000		2005		2009	
FORESTAL	HA	%	HA	%	HA	%
Area Sin Vegetacion Aparente	248	0.15	248	0.15	248	0.15
Bosque de Pino	1,756	1.05	1,756	1.05	1,756	1.05
Bosque de Pino-Encino	970	0.58	970	0.58	970	0.58
Bosque Mesofilo de Montaña	16,821	10.05	16,821	10.05	16,818	10.05
Sabana	493	0.29	493	0.29	493	0.29
Selva Baja Caducifolia	2,658	1.59	2,658	1.59	2,658	1.59
Bosque de Encino/vs	8,458	5.06	8,314	4.97	8,239	4.92
Bosque de Pino/vs	30,138	18.01	30,099	17.99	30,038	17.95
Bosque de Pino-Encino/vs	22,085	13.20	21,874	13.07	21,925	13.10
Bosque Mesofilo de Montaña/vs	8,014	4.79	8,003	4.78	8,003	4.78
Selva Baja Caducifolia/vs	563	0.34	562	0.34	557	0.33
Selva Mediana Subcaducifolia/vs	22,751	13.60	22,625	13.52	22,531	13.47
Selva Mediana Subperennifolia/vs	29,338	17.54	28,976	17.32	28,574	17.08
Subtotal	144,292	86.24	143,399	85.71	142,809	85.36
NO FORESTAL						
Area Agricola	6,541	3.91	6,654	3.98	6,892	4.12
Asentamientos Humanos	263	0.16	269	0.16	270	0.16
Pastizal Inducido	16,197	9.68	16,972	10.14	17,322	10.35
Subtotal	23,001	13.75	23,895	14.28	24,485	14.63
OTROS						
Cuerpo de Agua	17	0.01	17	0.01	17	0.01
Subtotal	17	0.01	17	0.01	17	0.01
TOTAL	167,311	100.00	167,311	100.00	167,311	100.00

En el grupo Forestal la superficie al inicio del periodo, en el año 2000, es de 144, 292 hectáreas, superficie que hacia el año 2009 disminuyo presentando 142, 809 ha; estas cantidades corresponden al 86.24% y 85.36% de superficie total respectivamente. Por su parte, en el grupo No Forestal durante el año 2000 se presentó una superficie de 23, 001 hectáreas la cual aumento a 24, 485 ha hacia el año 2009; cifras que corresponden al 13.75% y 14.63% respectivamente. Los cuerpos de agua presentan una superficie de 17 hectáreas, la cual se mantuvo durante todo el periodo.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es el bosque de pino con vegetación secundaria, esta clase cubre una superficie de 30, 138 hectáreas (18.01%) para el año 2000, y de 30, 038 hectáreas (17.95%) en el año 2009. Le sigue la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria con una superficie de 29, 338 hectáreas (17.54%) en el año 2000 y, 28, 574 hectáreas (17.08%) para el año 2009.

En el grupo No forestal, la clase pastizal inducido es la que cubre mayor superficie en el área, esta clase presentó 16, 197 hectáreas en el año 2000, lo que representa el 9.68% de la superficie total del área; y 17, 322 hectáreas (10.35%) al final del periodo (2009). Por su parte las áreas agrícolas, quienes presentan una superficie de 6, 541 ha (3.91%) para el año 2000 y de 6, 892 hectáreas (4.12%) 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.

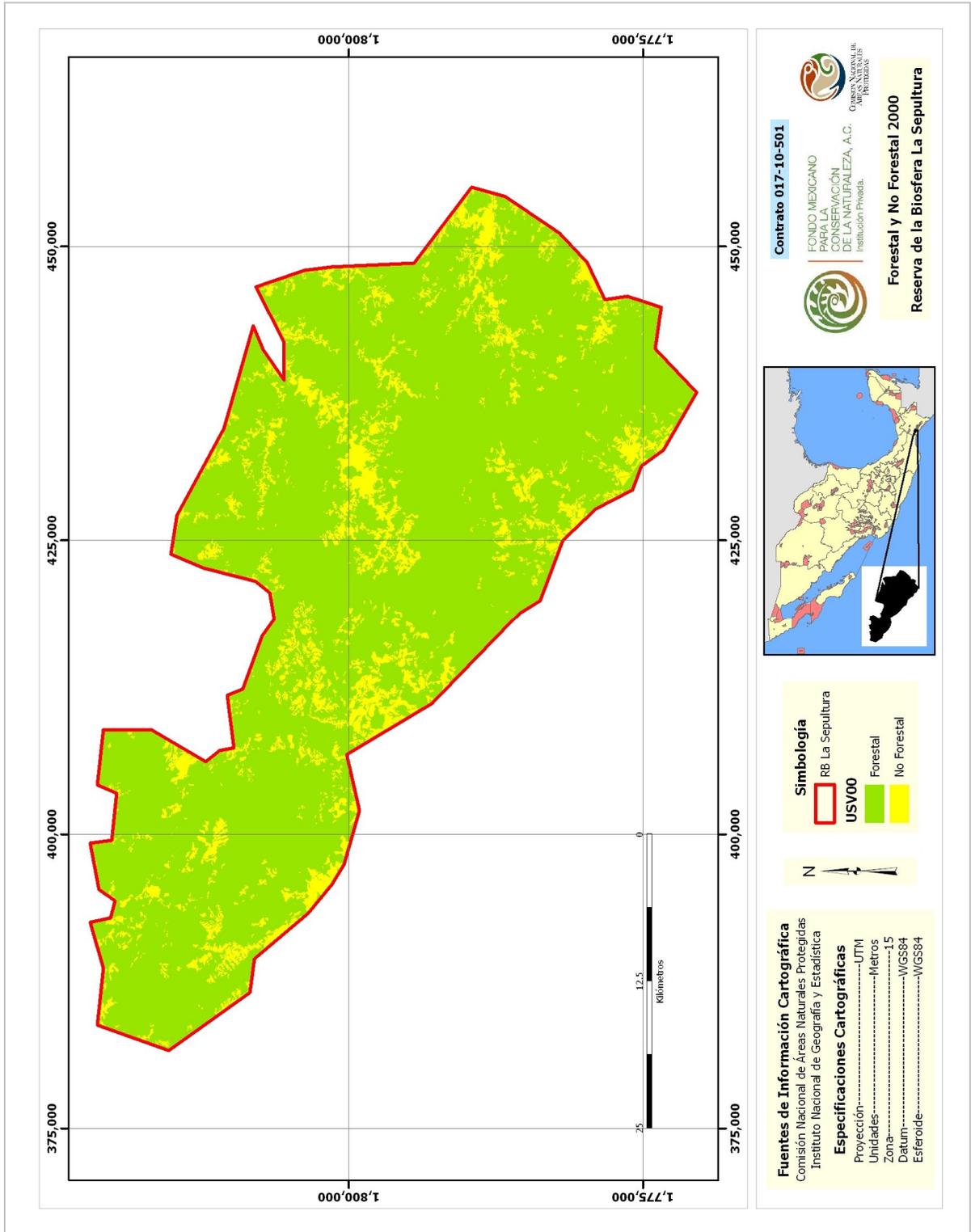


Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal año 2000

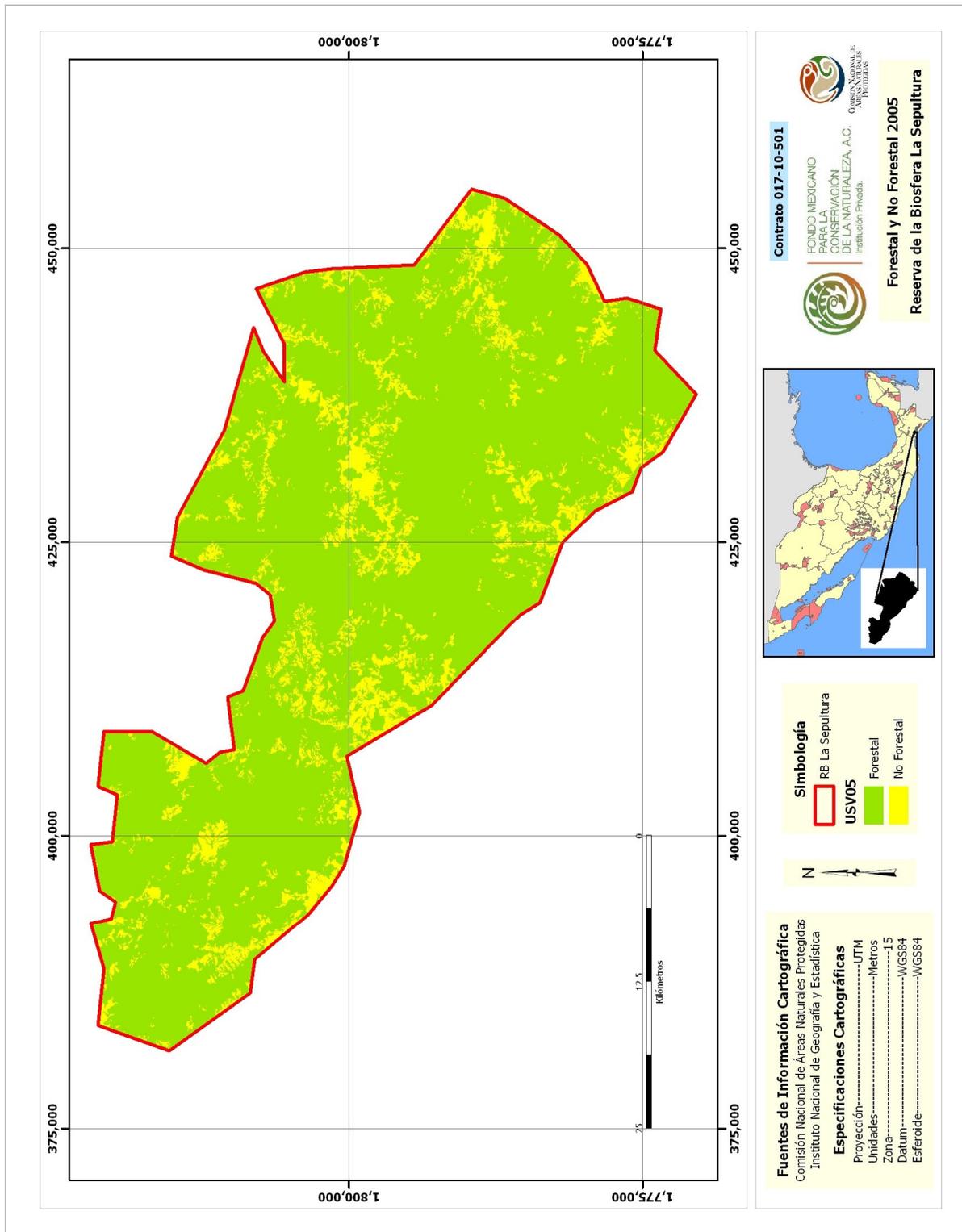


Figura 9.- Grupos Forestal-No Forestal año 2005

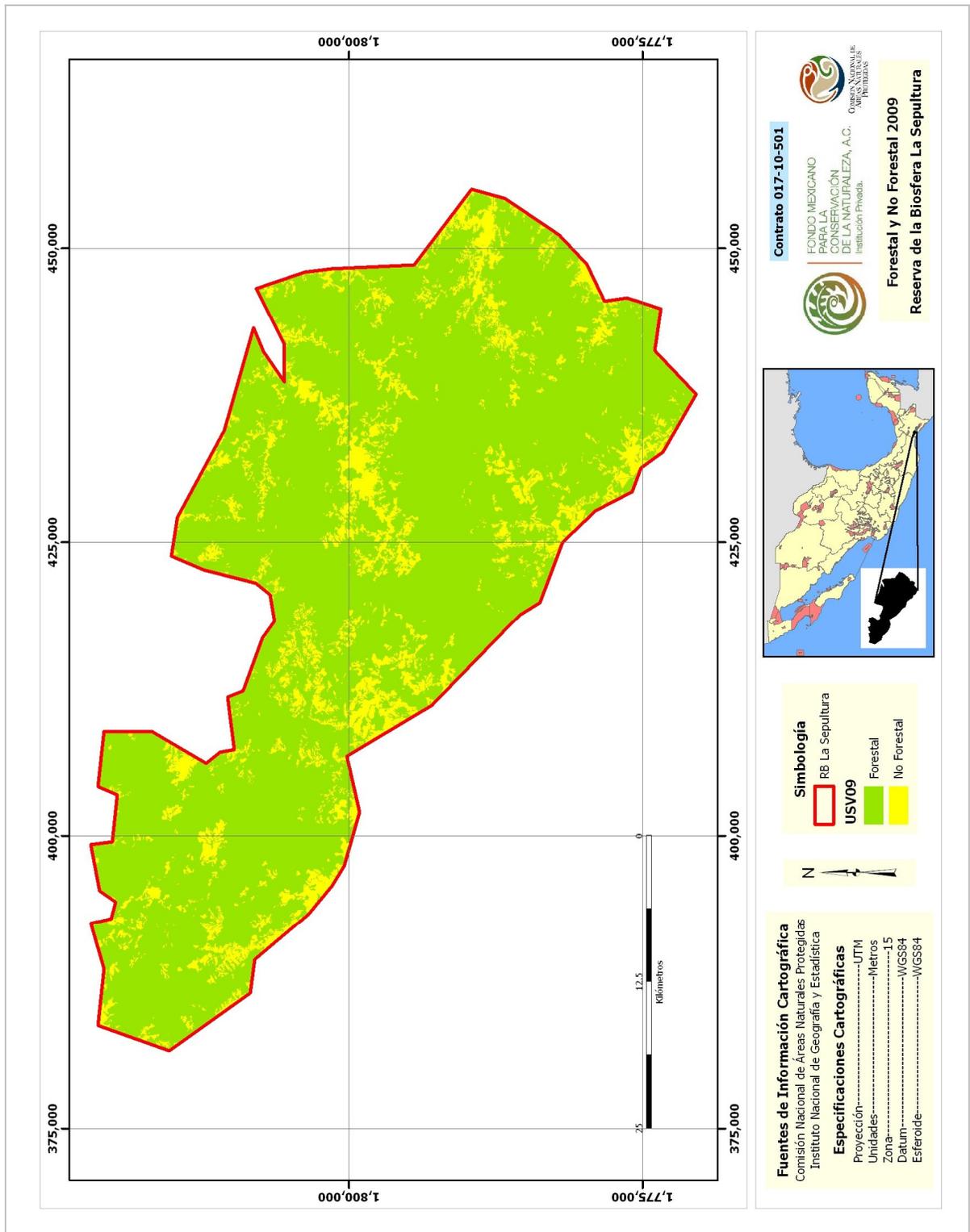


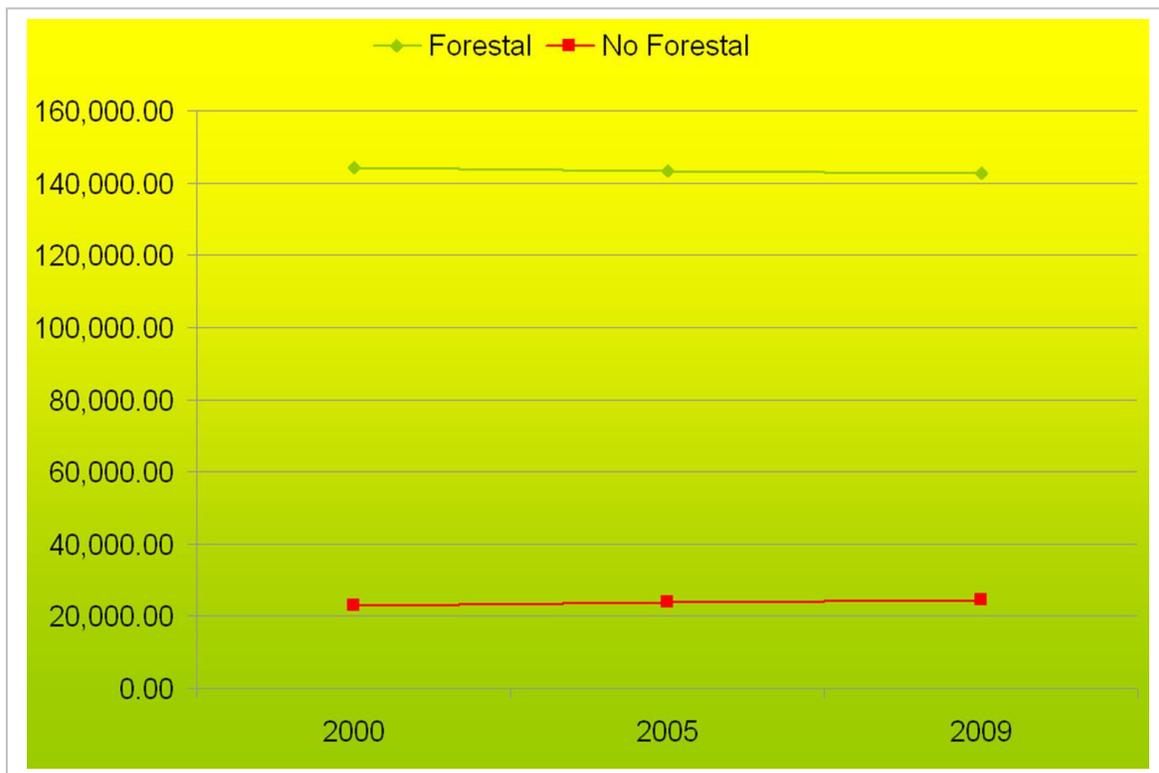
Figura 10.- Grupos Forestal-No Forestal año 2010

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 donde se observa que durante el periodo de 9 años la cobertura forestal aunque constante tiende a disminuir ligeramente, caso contrario en el grupo no forestal el cual presenta un ligero aumento durante este periodo de tiempo.

Tabla 4. Superficie Forestal- No Forestal

Años	Forestal (Ha)	No Forestal (Ha)
2000	144, 292	23, 001
2005	143, 399	23, 895
2009	142, 809	24, 485

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).

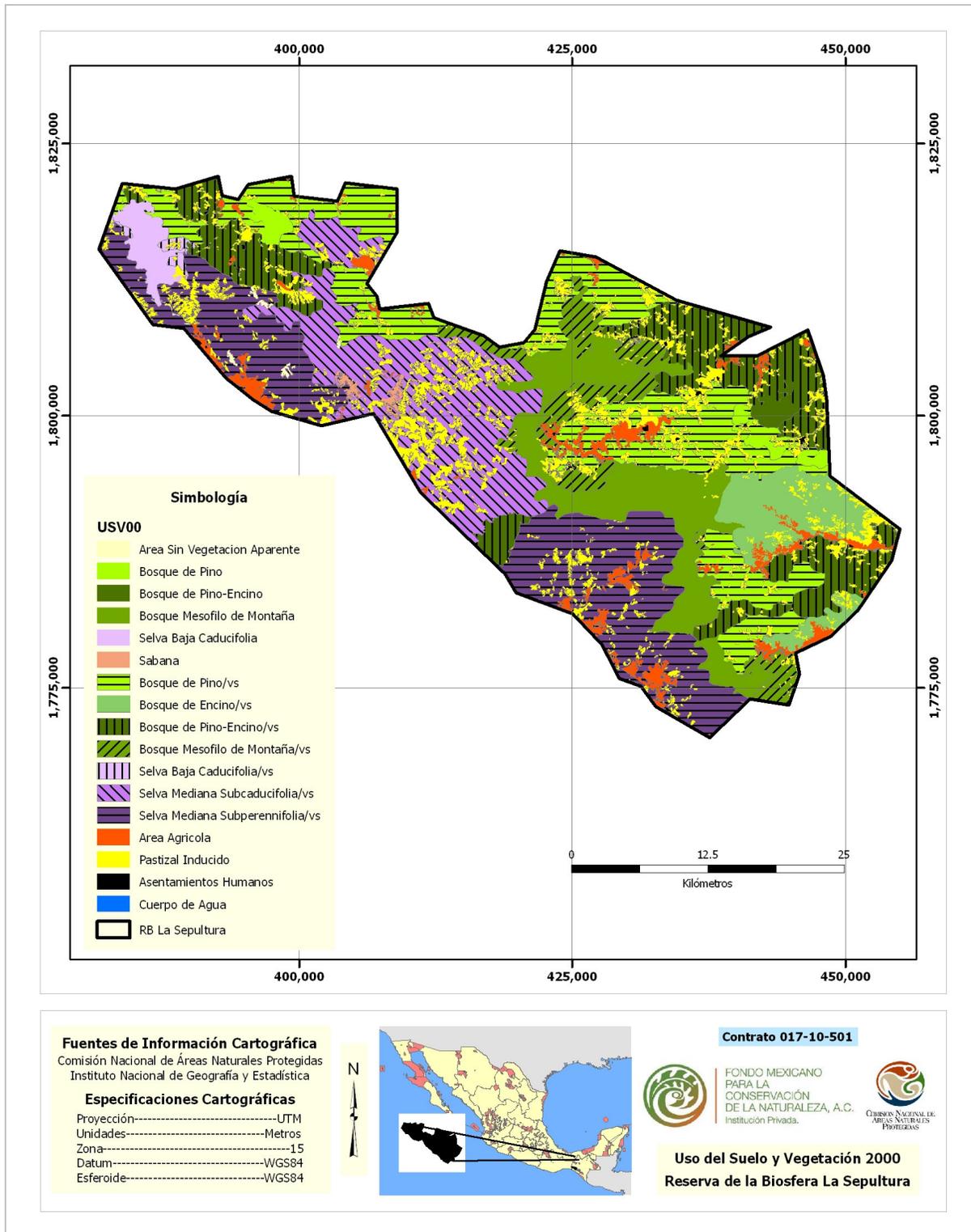


Figura 12- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

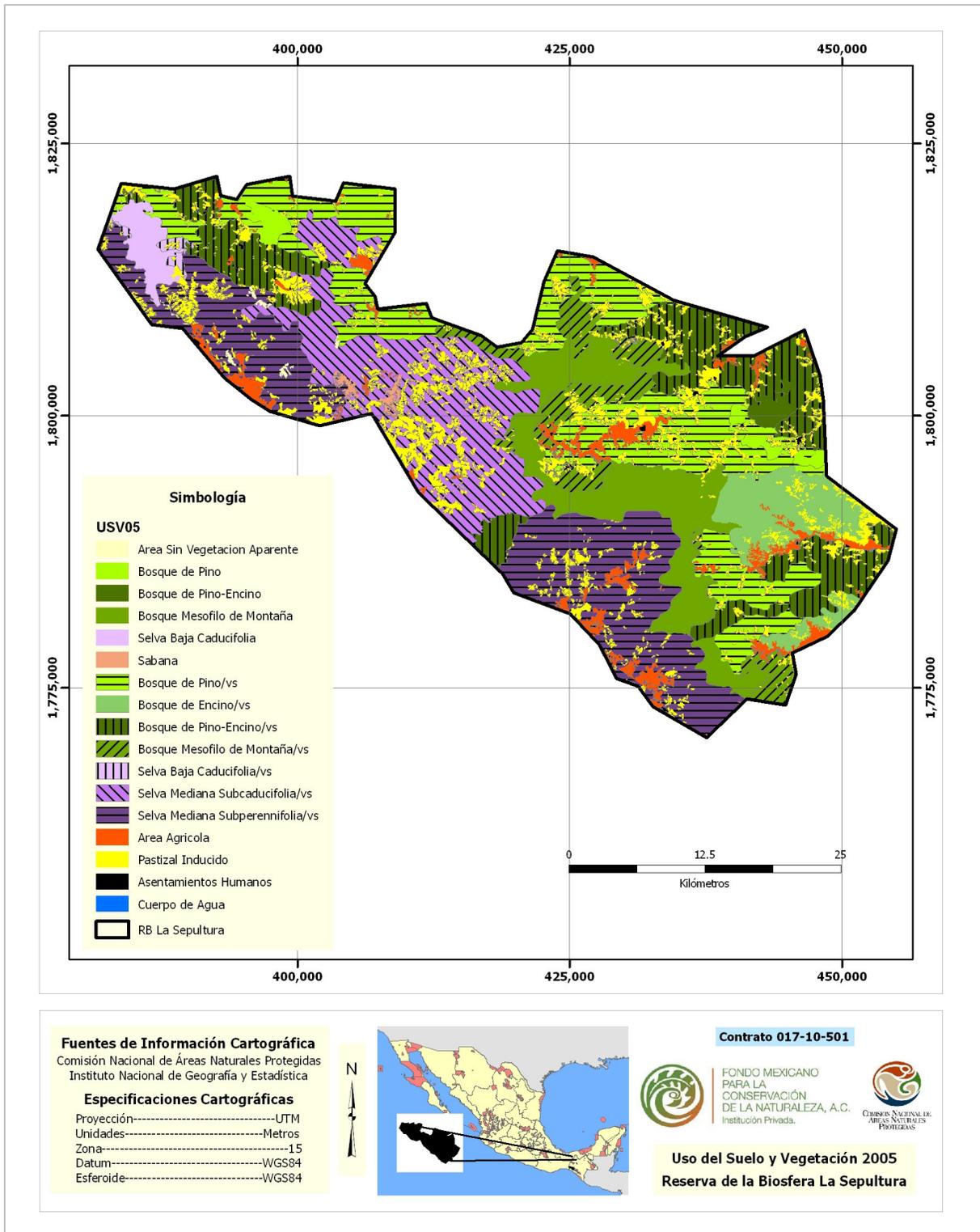


Figura 13.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2005

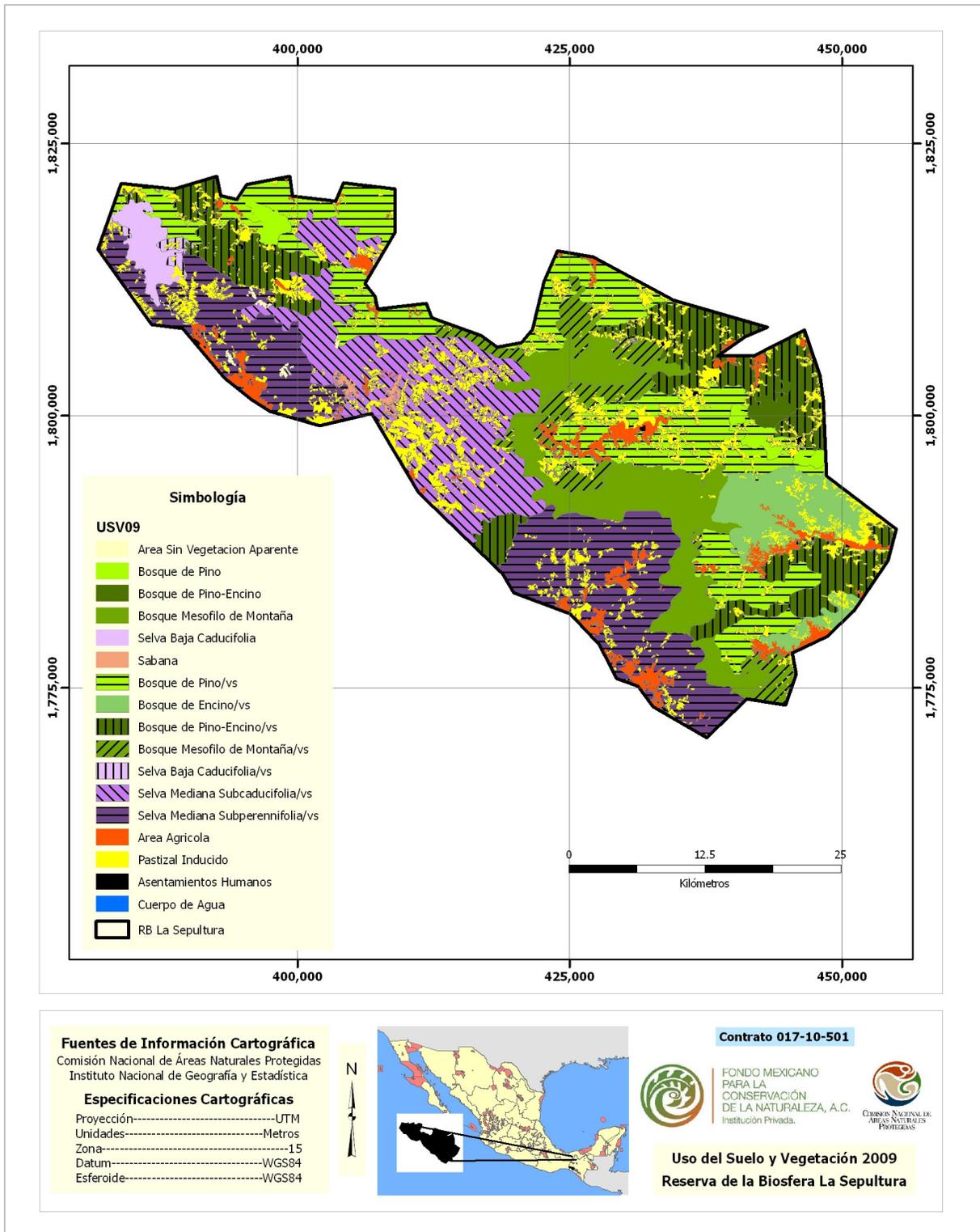


Figura 14.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2009

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 podemos ver que para el área de la Reserva se presentan transformaciones por deforestación y revegetación, siendo el primero de estos procesos el que más superficie ha afectado. Las clases que presentaron deforestación son siete, mismas que fueron afectadas por prácticas de desmonte sobre todo para la introducción pastizal y áreas agrícolas; aunque esta última en menor medida.

La clase que más superficie perdió es la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria con 537 ha, seguida de la clase selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria que perdió 326 Ha, y el bosque de pino-encino con vegetación secundaria que perdió 304 Hectáreas. En este periodo hubo cuatro clases que presentaron revegetación, siendo la clase selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria, la de mayor superficie recuperada con 200 ha.

Matriz de Cambio 2005 - 2009

En este periodo los procesos presentes fueron deforestación y revegetación, las clases que resultaron afectadas fueron ocho, aunque hubo algunos cambios que no son representativos. Los cambios se deben sobre todo a actividades agrícolas y la introducción de pastos. La clase selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria fue la que más superficie perdió con 520 hectáreas, seguida de la selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria que perdió 148 Ha. En este periodo la clase que tuvo mayor superficie

con revegetación fue el bosque de pino-encino con vegetación secundaria con 172 ha.

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

Matriz de Cambio La Sepultura 2000-2005		Area Sin Vegetacion Aparente	Bosque de Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque Mesofilo de Montaña	Sabana	Selva Baja Caducifolia	Bosque de Encino/vs	Bosque de Pino/vs	Bosque de Pino-Encino/vs	Bosque Mesofilo de Montaña/vs	Selva Baja Caducifolia/vs	Selva Mediana Subcaducifolia/vs	Selva Mediana Subperennifolia/vs	Area Agricola	Asentamientos Humanos	Pastzal Inducido	Cuerpo de Agua	Total 2000
Area Sin Vegetacion Aparente	248																		248
Bosque de Pino	1,756																		1,756
Bosque de Pino-Encino		970																	970
Bosque Mesofilo de Montaña			16,821																16,821
Sabana					493														493
Selva Baja Caducifolia						2,658													2,658
Bosque de Encino/vs							8,307												8,458
Bosque de Pino/vs								29,991											30,138
Bosque de Pino-Encino/vs									21,781										22,085
Bosque Mesofilo de Montaña/vs										7,987									8,014
Selva Baja Caducifolia/vs											562								563
Selva Mediana Subcaducifolia/vs												22,424							22,751
Selva Mediana Subperennifolia/vs													28,802	123	414				29,338
Area Agricola								3	27				89	6,422					6,541
Asentamientos Humanos																263			263
Pastzal Inducido								5	81	93	16		200	86			15,714		16,197
Cuerpo de Agua																		17	17
Total 2005	248	1,756	970	16,821	493	2,658	8,314	30,099	21,874	8,003	562	22,625	28,976	6,654	269	16,972	17	167,311	

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

	Area Sin Vegetacion Aparente	Bosque de Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque Mesofilo de Montaña	Sabana	Selva Baja Caducifolia	Bosque de Encino/vs	Bosque de Pino/vs	Bosque de Pino-Encino/vs	Bosque Mesofilo de Montaña/vs	Selva Baja Caducifolia/vs	Selva Mediana Subcaducifolia/vs	Selva Mediana Subperennifolia/vs	Area Agricola	Asentamientos Humanos	Pastizal Inducido	Cuerpo de Agua	Total 2005
Area Sin Vegetacion Aparente	248																	248
Bosque de Pino	1,756																	1,756
Bosque de Pino-Encino		970																970
Bosque Mesofilo de Montaña			16,818													2		16,821
Sabana				493														493
Selva Baja Caducifolia					2,658													2,658
Bosque de Encino/vs						8,214												8,214
Bosque de Pino/vs							29,974											29,974
Bosque de Pino-Encino/vs								21,753										21,753
Bosque Mesofilo de Montaña/vs									7,985									7,985
Selva Baja Caducifolia/vs										556								556
Selva Mediana Subcaducifolia/vs											22,476							22,476
Selva Mediana Subperennifolia/vs												28,455						28,455
Area Agricola												1	46	6,592				6,654
Asentamientos Humanos															269			269
Pastizal Inducido																16,535		16,535
Cuerpo de Agua																	17	17
Total 2009	248	1,756	970	16,818	493	2,658	8,239	30,038	21,925	8,003	557	22,531	28,574	6,892	270	17,322	17	167,311

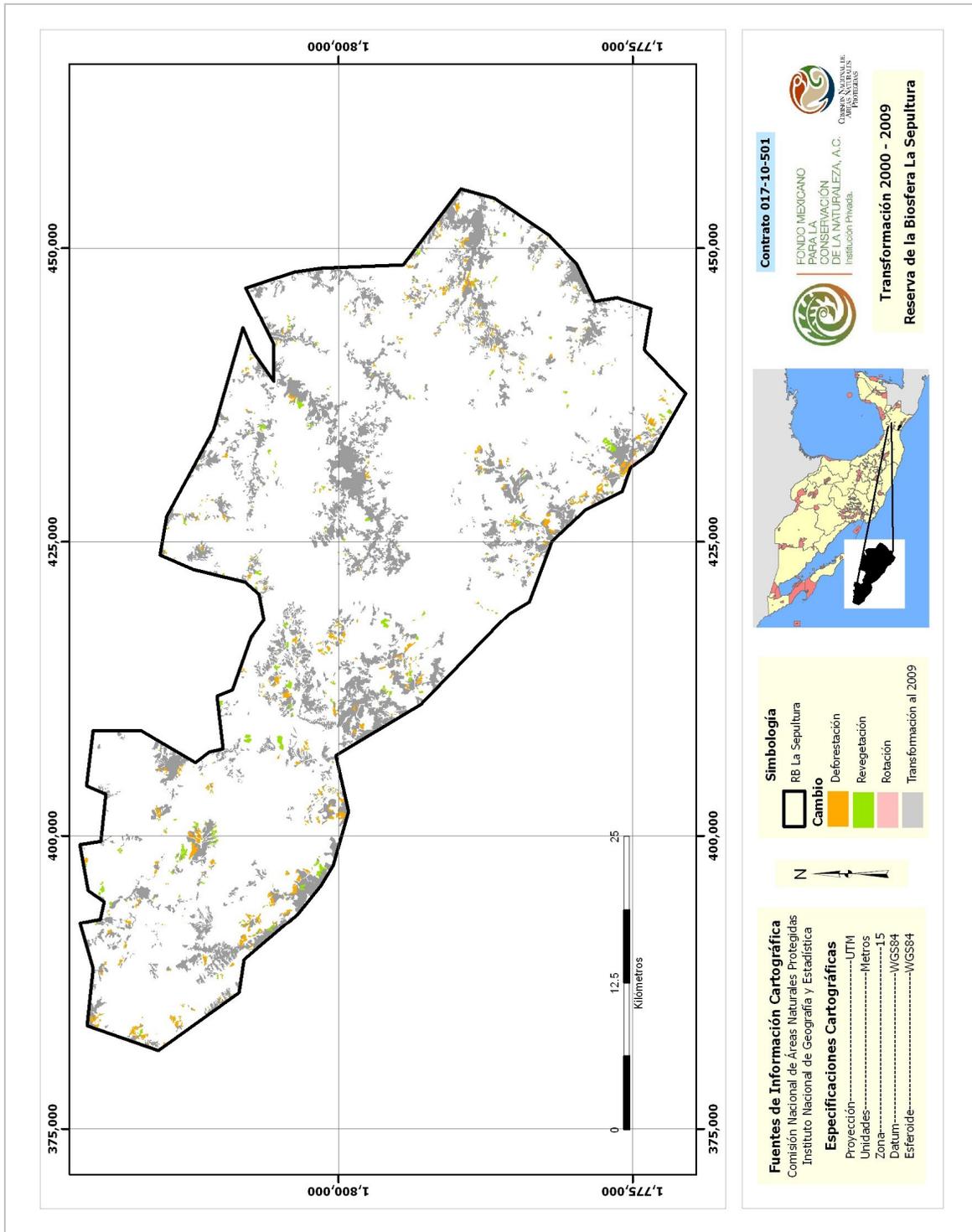


Figura 15.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2009

Durante el periodo 2000 – 2005, un total de 894 hectáreas fueron transformadas, a un ritmo de 179 ha por año (tabla 7). En este periodo la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria es quién resulto más afectado.

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

Matriz de Cambio La Sepultura 2000-2005	Area Agricola	Asentamientos Humanos	Pastizal Inducido
Bosque de Encino/vs	-43		-100
Bosque de Pino/vs	1		-39
Bosque de Pino-Encino/vs	-1	-6	-204
Bosque Mesofilo de Montaña/vs	-3		-8
Selva Baja Caducifolia/vs			-1
Selva Mediana Subcaducifolia/vs	-30		-96
Selva Mediana Subperennifolia/vs	-34		-328
Subtotal	-111	-6	-777
Total de cambio en el periodo HA		-894	
Total por año HA		-179	

Por su parte en el periodo 2005 – 2009, se transformaron un total de 589 hectáreas; 147 ha por año. La superficie forestal de la selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria es la que presentó mayor afectación por procesos de deforestación (tabla 8).

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

Matriz de Cambio La Sepultura 2005-2009	Area Agrícola	Asentamientos Humanos	Pastizal Inducido
Bosque Mesofilo de Montaña			-2.36
Bosque de Encino/vs	-13		-63
Bosque de Pino/vs	-16		-46
Bosque de Pino-Encino/vs	-11	-1	63
Bosque Mesofilo de Montaña/vs	-2		2
Selva Baja Caducifolia/vs			-6
Selva Mediana Subcaducifolia/vs	-1		-93
Selva Mediana Subperennifolia/vs	-158		-244
Subtotal	-199	-1	-389
Total de cambio en el periodo HA		-589	
Total por año HA		-147	

Tasa de Transformación del Hábitat.

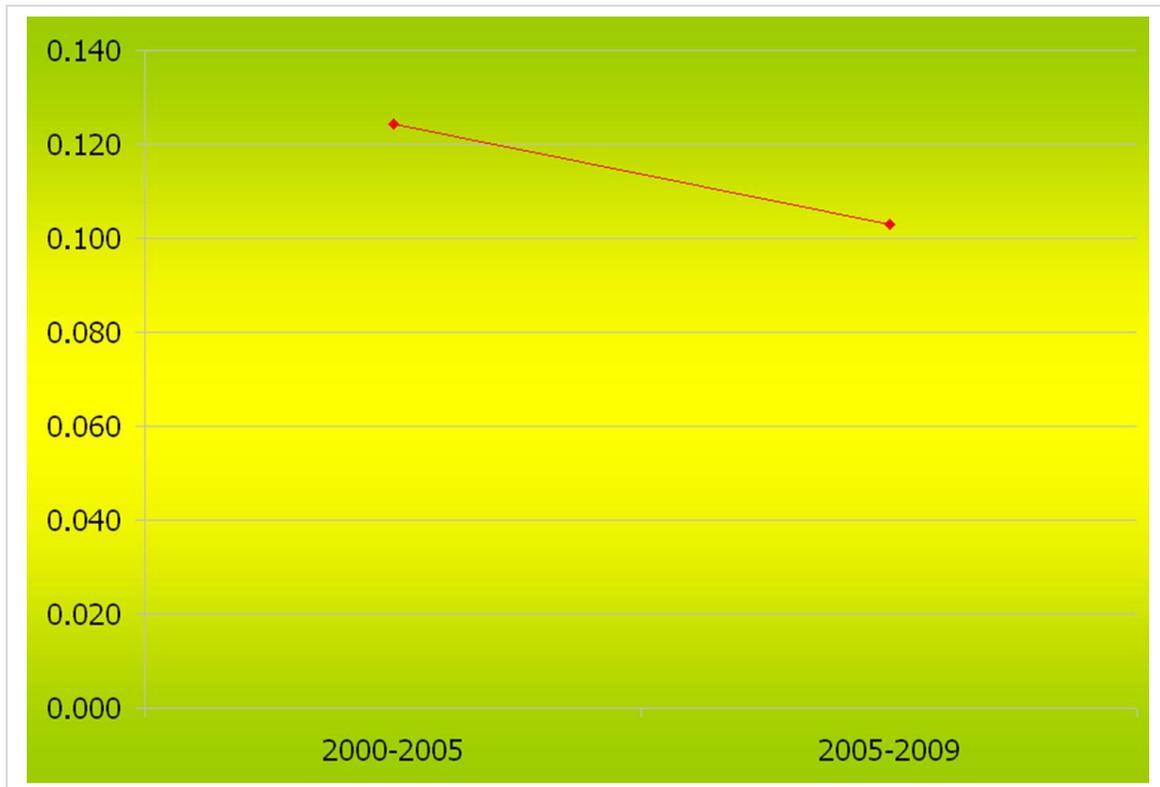
La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2009 para la RBSM es de 0.115, valor que corresponde a una superficie de -1, 483 hectáreas. Durante el periodo 2000 – 2005, hubo una transformación en -894 hectáreas con una tasa de 0.124; valores relativamente menores respecto del siguiente periodo (2005 – 2009) en donde la tasa de transformación fue de 0.103 correspondiente a -589 Ha (tabla 9).

Tabla 9.- Tasa de transformación del hábitat

Período	s1	s2	Cambio(HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual
2000-2005	144,292.31	143,398.52	-893.79	5	0.00124194	0.124
2005-2009	143,398.52	142,809.06	-589.46	4	0.00102925	0.103
2000-2009	144,292.31	142,809.06	-1,483.25	9	0.00114742	0.115

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 La Sepultura



Conclusiones

De acuerdo con los datos que fueron obtenidos, el valor de la tasa de transformación para el periodo 2000 – 2009 es de 0.115, que corresponde a una superficie de cambio de -1, 483.25 ha en un periodo de 9 años. En términos generales la cobertura forestal en el área presenta una ligera disminución debido a la apertura de áreas para su uso agrícola y pastoril. Esta situación concuerda con las características de deterioro ambiental que se mencionan en el Programa de Manejo correspondiente, en él se indica que esta pérdida de áreas forestales se debe en gran medida a los usos inadecuados del suelo, presentando tasas

ERROR: stackunderflow
OFFENDING COMMAND: ~

STACK: