



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 Sierra de Manantlán



Nombre del Consultor:

*PIMAIG Procesamiento Integración Manejo
y Análisis de Información Geográfica S.A. de C.V.*

Periodo del Reporte:

01 al 30 de Mayo de 2010

Morelia, Michoacán
30 de Junio 2010

Coordinación

Jorge Carranza Sánchez
Subdirección de Área
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

Héctor Martín Cruz Rojas
Técnico del SIG
CONANP-SEMARNAT



“© CNES .2004-2010, 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>	17
Polígono oficial	17
Imágenes de satélite	17
Modelo Digital de Elevación (MDE)	18
<i>Metodología</i>	20
Diseño de la leyenda	20
Rectificación de imágenes de satélite	22
Clasificación de imágenes de satélite	23
Áreas de cambio	25
Tasa de Transformación	27
<i>Resultados</i>	28
Imágenes de satélite	28
Uso del Suelo y Vegetación	32
Áreas de Cambio	41
Matriz de Cambio 2000 - 2005	41
Matriz de Cambio 2005 - 2009	41
Tasa de Transformación del Hábitat.	46
<i>Conclusiones</i>	47
<i>Bibliografía</i>	48

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 (FANP, 2008).

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 2008, el FANP en coordinación con la CONANP llevaron a cabo la contratación del Dr. Víctor Sánchez Cordero para desarrollar el trabajo titulado "*Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico*". (Sánchez *et. al.*, 2008). 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 presente documento tiene como área de interés la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), misma que fue establecida por decreto federal en marzo de 1987, con el fin de proteger la diversidad biológica y promover el uso sostenible de los recursos naturales de esta zona montañosa ubicada hacia el sur de Jalisco y el noroeste de Colima. En el año de 1988, la Sierra de Manantlán se incorporó a la Red Internacional de Reservas del Programa del Hombre y la Biosfera (MAB) de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

Los antecedentes en la creación de la Reserva de la Biosfera en la Sierra de Manantlán nos refieren a el descubrimiento de una especie endémica de teocintle o pariente silvestre del maíz a finales de la década de 1970, por parte de científicos de las universidades de Guadalajara y Wisconsin, se demostró la importante riqueza biológica y su importancia para la conservación, lo que llevo a proponer la creación de un área protegida en la Sierra de Manantlán.

El Instituto de Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad (IMECBIO) de la Universidad de Guadalajara, elaboró el documento referente al Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Este origen de la RBSM, marcado tanto por los intereses en la conservación de la biodiversidad y la protección del ambiente, como por la búsqueda de alternativas

para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales como base del desarrollo de comunidades campesinas, ha sido determinante en la orientación del proyecto y la adopción del enfoque de reservas de la biosfera

Objetivo

- ◆ Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán para el periodo 2000 a 2009.

Área de Estudio

La Sierra de Manantlán se localiza al sureste del estado de Jalisco y noroeste del estado de Colima, comprende una sección de la Sierra Madre del Sur cerca de su confluencia con el eje Neovolcánico Transversal y la Sierra Madre Occidental. Se ubica entre la ciudad de Autlán al norte y la zona costera al sur (a unos 50km en línea recta del puerto de Manzanillo) (figura 1).

Su extensión es de 139, 577-12-50 hectáreas y ocupa terrenos de los municipios de Autlán, Casimiro Castillo, Tolimán y Tuxcacuesco, del estado de Jalisco, y Comala y Minatitlán, del estado de Colima.

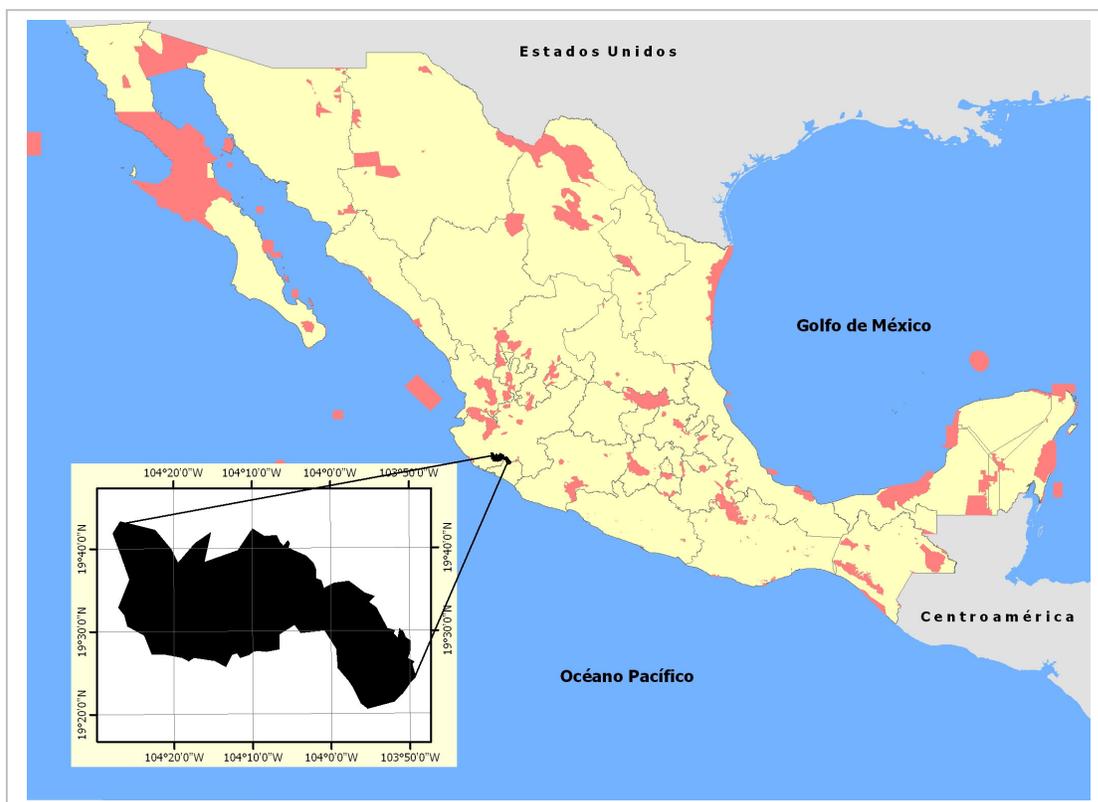


Figura 1. Localización del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen

La Sierra de Manantlán presenta un relieve complejo y accidentado. Se divide en dos grandes unidades fisiográficas: la porción occidental, que es la más extensa y con mayores altitudes, y la parte oriental, formada por el Cerro de Enmedio y Cerro Grande. La porción occidental tiene un gradiente altitudinal que va de los 400 a los 2,860 msnm. La parte más baja corresponde al valle de la Resolana (Casimiro Castillo), que se localiza el oeste de la Reserva. Los puntos más altos son el Cerro de las Capillas, el Cerro El Muñeco y el Alto de San Jerónimo, todos con una altitud alrededor de los 2,800 m.

El relieve es complejo, fuertemente disectado por fracturamientos causas y barrancas con pendientes muy inclinadas, grandes cantiles y cordones delgados. En la parte más alta de la porción central aparecen una zona de lomeríos y planos

(Llano de San Miguel, Neverías, El Guízar, La Lupe, Mesa del Chayote). Se encuentran también planicies aluviales en los valles de los arroyos de Cuzalapa, El Tecolote, La Yerbabuena y Manantlán; exceptuando a la primera, todas son de pequeña extensión.

La porción oriental está formada por dos montañas de origen calcáreo. La de menor extensión es el Cerro de Enmedio, que se levanta abruptamente de los 700- 1,000 m hasta los 2,000-2,300 m, entre el arroyo Cerro Blanco y el Paso Real o de Toxín. La de Mayor extensión, conocida como Cerro Grande, es un domo de aproximadamente 25 km de largo por 15 km de ancho, cuyas partes más bajas se encuentran a 600 m de altitud y su punto más alto a 2,500m. Las laderas de Cerro Grande y del Cerro de En medio son de fuertes pendientes con una red paralela de barrancos. Las mesetas en las partes altas de estas montañas, presentan un fuerte desarrollo kárstico, con dolinas, depresiones y un impresionante sistema de cavernas que incluye a la quinta caverna vertical más profunda del continente.

Con respecto del clima, la RBSM se encuentra en el extremo norte de la región intertropical. El clima de esta región está influido por varios factores, además de su ubicación latitudinal, como son la cercanía a la costa, el efecto del relieve –sombra orográfica- y la amplitud del gradiente altitudinal; lo que da lugar a condiciones de variación ambiental que explican en parte la elevada biodiversidad regional y la presencia, en un espacio relativamente restringido, de numerosas formaciones vegetales que incluyen desde bosques tropicales hasta los de clima templado-frío.

De acuerdo con Martínez-Rivera et al. (1991 en CONANP, 2000), la Reserva presenta dos grupos climáticos, A y C (cálidos y templados subhúmedos) y seis subgrupos climáticos: A, A(C), (A)Ca, (A)Cb, Ca, y Cb. Con respecto a la temperatura, la zona más caliente corresponde al área comprendida entre los poblados de Casimiro Castillo, Hermenegildo Galeana y Tecomates. En Casimiro Castillo se presenta la temperatura media más alta con 27.2°C. Las zonas más

frías, con temperaturas medias menores de 16°C, corresponden al Cerro Bufas, en la Sierra de Cacoma, y al Cerro San Miguel, Capillas, Cerro de Enmedio y los Picachos (Cerro Grande) en la Sierra de Manantlán.

En términos generales la RBSM presenta una temperatura media anual que oscila entre los 16 y 22°C, con excepción de la zona suroeste, en donde se presentan valores que llegan a los 26°C. El mes más caliente corresponde a junio y el más frío a enero. Durante junio las temperaturas medias oscilan entre 20 y 26°C, con valores mayores a 28°C cerca de Casimiro Castillo. En enero, las temperaturas oscilan de los 14 a 20°C.

Por su parte, la mayor precipitación, por arriba de 1,700mm, corresponde a las áreas comprendidas en el sureste de la Sierra de Manantlán (Cuautitlán y parte de la subcuenca de Cuzalapa), y a la comprendida al suroeste de la Sierra de Cacoma. La zona seca se localiza al norte de la sierra de Manantlán, dentro de los municipios de Autlán, El Grullo, Tuxcacuesco, Venustiano Carranza, Tolimán y Zapotitlán, con valores menores a 80mm, disminuyendo hasta debajo de los 600mm en los dos municipios.

El mes más lluvioso se presenta de manera diferente de acuerdo con la zona. Para las estaciones climatológicas ubicadas al norte y noreste de la Sierra, éste corresponde al mes de julio, mientras que para las ubicadas hacia la costa, incluyendo la estación de Manantlán, el mes más lluvioso es septiembre, coincidiendo con la época de mayor influencia de ciclones. El mes más seco es abril, aunque en Apazulco, La Cofradía, Las Piedras y Venustiano Carranza se presenta en marzo. EL periodo de lluvias es de aproximadamente cuatro meses, de mediados de junio a principios de octubre, y el estiaje ocurre entre febrero y mayo.

La Sierra tiene una enorme importancia por la aportación constante de grandes volúmenes de agua hacia los valles bajos, aún en épocas de sequía,

debido a la incidencia frecuente de nubosidad. La humedad captada por la masa forestal se condensa y, en forma de precipitación indirecta, llega hasta los cauces superficiales o subterráneos, que son aprovechados en los valles aledaños, antes de desembocar finalmente en los tres ríos de la región.

La RBSM se encuentra enclavada en las regiones hidrológicas 15 y 16, dentro de las cuencas de los ríos Ayuquila-Armería, Marabasco y Purificación. La sierra se divide en 15 subcuencas en las que se presentan aproximadamente 2,440 corrientes. De éstas, sólo 34 son caudales permanentes: 18 en la parte norte y 16 en la sur. Sin embargo, el macizo montañoso de Cerro Grande, por ser de naturaleza Kárstica, no representa cauces de agua superficiales, excepto por algunos arroyos intermitentes en las laderas bajas.

La importancia de la Sierra como abastecedora de agua se ve resaltada si se considera el número de personas que se benefician directamente. Por ejemplo, las cabeceras municipales de Casimiro Castillo, El Grullo y El Limón, y otras localidades en dichos municipios obtienen agua de la Sierra de Manantlán. Además, la cuenca del Río Marabasco, que nace en la Sierra, provee totalmente a los municipios de Cuatitlán, Cihuatlán y Minatitlán, y parcialmente a los de Manzanillo y Armería. En las ciudades de Colima, Villa de Álvarez y Comala, miles de personas se benefician del manantial de Zacualpan, que surge en las faldas del Cerro Grande.

Asimismo, la Sierra de Manantlán refleja la complejidad geológica de la Sierra Madre del Sur, que es considerada como la provincia morfo-tectónica más compleja y con mayor diversidad de tipos de rocas en el país. La porción occidental está formada por rocas ígneas intrusivas (ácidas, intermedias y granito) en las laderas bajas hacia el sur y norte, y por rocas ígneas extrusivas (ácidas, intermedias, riolita, andesita, basalto, toba y brecha volcánica) en las partes altas, ocupando la mayor superficie. Los valles presentan material aluvial.

En la porción oriental predominan las calizas con arenisca-conglomerado y suelos aluviales, producto de la erosión de las laderas de las montañas, hacia el margen del río Ayuquila-Armería. En la parte oeste de Cerro Grande las calizas entran en contacto con las rocas ígneas de la Sierra de Perote.

Durante el Terciario, la actividad volcánica provocó la formación de rocas extrusivas -derivadas de erupciones- que cubren actualmente la mayor parte de la Sierra. Esto, junto con los procesos tectónicos, dio lugar a un mayor levantamiento altitudinal de la Sierra. Por otra parte, los procesos erosivos dieron lugar a la formación de rocas sedimentarias, como las areniscas entre Cerro Grande y el río Ayuquila-Armería, y a los suelos aluviales de los valles, que son geológicamente los terrenos más jóvenes de la Sierra.

En lo que respecta a la vegetación de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, de acuerdo a con Vázquez *et al.* (1995) y Jardel (1992) reconocen 13 tipos de cubierta vegetal, basándose para su denominación en los trabajos de Rzedowski (1978) y Rzedowski y McVaugh (1966): bosque de Pinus, bosque de Pinus y Quercus, bosque de Quercus (subdividido en caducifolio y subperennifolio), bosque de abies, bosque de galería, matorral subtropical, vegetación sabanoide de *Byrsonima* y *Curatella*, pastizales, agricultura y áreas erosionadas o “sin cubierta vegetal”. Varios trabajos han sido realizados sobre la vegetación de la Sierra de Manantlán.

Sin embargo para la elaboración de la cartografía de uso de suelo y vegetación que incumben a este documento, se consideró la clasificación de INEGI Series 3 y 4, mismas que se mencionan en el apartado correspondiente a la metodología.

La variada y compleja cubierta vegetal de la Sierra de Manantlán alberga una gran riqueza florística. Su flora vascular está compuesta por más de 2,900 especies pertenecientes a 981 géneros y 181 familias, que representan alrededor del 35-40% de la flora vascular del estado de Jalisco y aproximadamente el 10%

de la de México. En hongos se han reportado 32 familias, 44 géneros y alrededor de 200 especies. Tanto la riqueza de especies como otros aspectos de la flora de la Reserva pueden considerarse únicos. Además de la frecuencia de elementos endémicos que caracteriza a las zonas montañosas, la Sierra de Manantlán forma parte de una zona de transición biogeográfica.

La fauna silvestre es uno de los componentes importantes de la alta diversidad biológica de la Sierra de Manantlán. Entre los valores principales del área destacan, además de la gran riqueza de especies, sus características, sus características biogeográficas únicas, la presencia de especies endémicas, en peligro de extinción o con valor de uso.

Mamíferos se tienen reportadas 110 especies de mamíferos pertenecientes a 21 familias, lo que representa el 64% de las especies en el estado de Jalisco y el 25% de las especies de mamíferos mexicanos. Por otra parte se tienen reportadas 336 especies de aves, pertenecientes a 44 familias, lo que representa el 70% de las especies de aves terrestres en el estado de Jalisco y el 36% de las especies en la República Mexicana. La comunidad de aves de la Reserva incluye 36 especies endémicas de México, mientras que son consideradas especies en peligro de extinción al Choncho o cojolite, la guacamaya verde, el perico guayabero y el águila real.

En cuanto a los reptiles y anfibios, se tienen reportadas 85 especies de reptiles y anfibios pertenecientes a 15 familias. Este grupo ha sido poco estudiado aunque se sabe que existen 13 especies endémicas para la región occidente y centro de México. En la reserva se encuentran 4 especies consideradas amenazadas o en peligro de extinción que son: la *Boa constrictor*, *Crotalus lannomi* (endémica), *Ctenosaura pectinata* y *Heloderma horridum*.

Por su parte se han reportado al menos 16 especies de peces pertenecientes a 8 familias. Trece especies son nativas y cuatro de éstas son

endémicas a la región. La Sierra de Manantlán y su región de influencia son el límite biogeográfico para tres de las ocho familias de peces de la región: *Characidae*, de afinidad neotropical, e *Ictaluridae* y *Catostomidae*, de afinidad neártica.

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 2000 para el área de estudio (Tabla 1).

Tabla 1.- Imágenes Landsat ETM para la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán

Satélite	Path	Row	Fecha	Resolución (metros)	Número de bandas
ETM	29	46	03-nov-99	30	6
				15	1
ETM	29	47	05-dic-99	30	6
				15	1

Se tomó como base el polígono del ANP Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, 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 4 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 Sierra de Manantlán

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT	578	311	17-dic-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	579	311	30-jul-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	578	311	24-dic-08	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	579	311	28-nov-08	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 Sierra de Manantlán. El modelo se elaboró a partir del Modelo Digital de Elevación de INEGI.

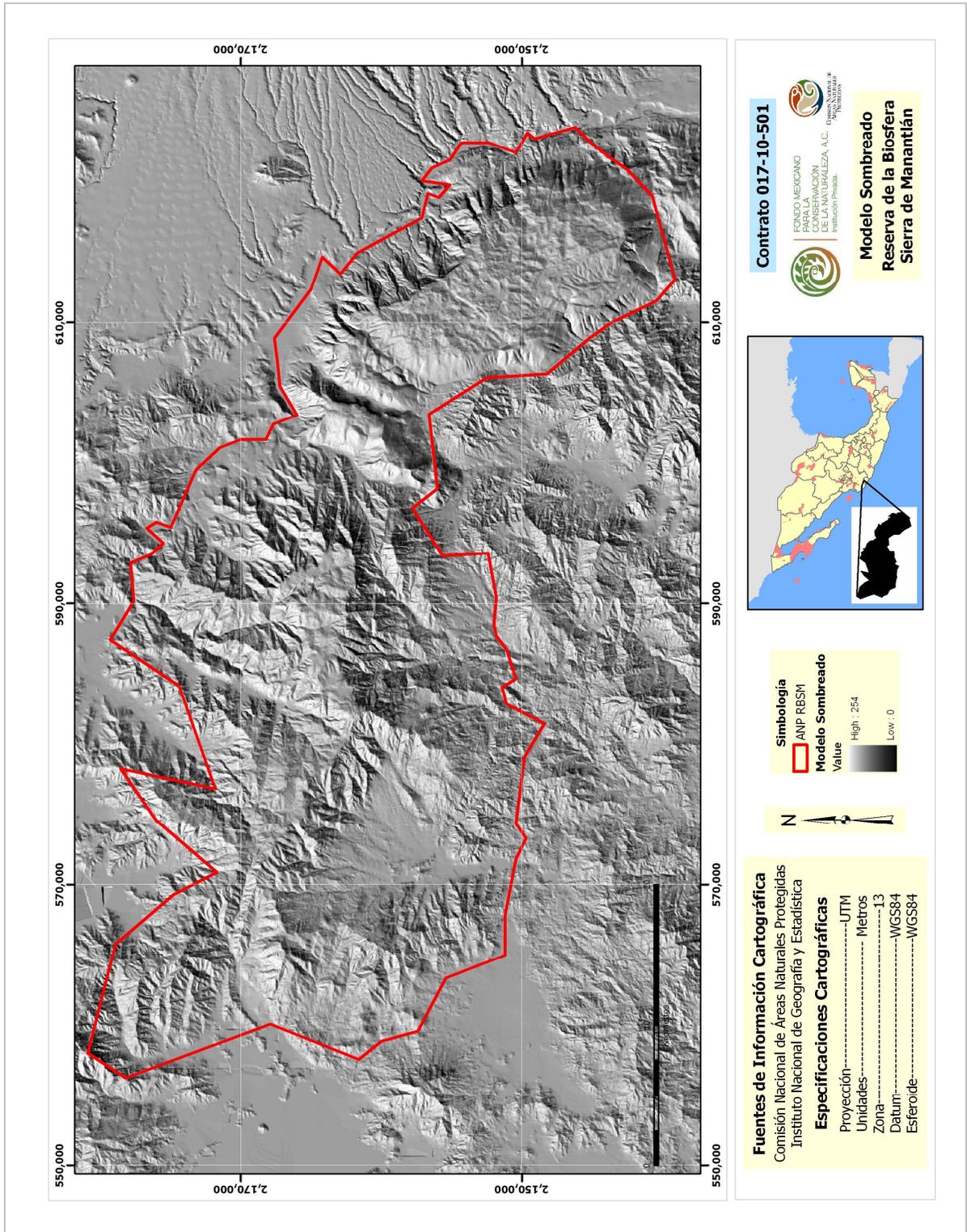


Figura 3.- Modelo Sombreado INEGI, 1:50,000

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”; así como “Área arqueológica”, “Área Roturada” y “Preson”, en algunos casos. 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 7 tipos de vegetación primaria, 6 tipos de vegetación asociada a vegetación secundaria, 4 tipos de uso del suelo, y los cuerpos de agua. Las diferentes clases se describen a continuación:

LEYENDA
Área Sin Vegetación Aparente
Bosque Mesófilo de Montaña
Bosque de Encino
Bosque de Encino-Pino
Bosque Pino-Encino
Selva Mediana Subcaducifolia
Bosque Mesófilo de Montaña/vs
Bosque de Encino/vs
Bosque de Encino-Pino/vs
Bosque Pino-Encino/vs
Selva Mediana Subcaducifolia/vs
Selva Baja Caducifolia/vs
Vegetación Riparia
Área Agrícola
Pastizal
Asentamientos Humanos
Infraestructura
Área Impactada por Incendio
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 otros conceptos de vegetación. La ausencia de vegetación puede ser determinada por condiciones naturales como clima muy árido o salinas.

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.

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

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

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

Selva Mediana Subcaducifolia.- Comunidad vegetal arbórea de 15 a 20 m de altura. Del 50% al 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.- Área ocupada por vías de comunicación, zonas industriales, aeropuertos, etc.

Área Impactada por Incendio.- Incendios o quemas agrícolas.

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

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

Diseño de la Matriz de Transición. Los datos se ordenan de mayor a menor grado de antropización de la cubierta, excepto el agua. B = Vegetación Primaria (Bosque-Selvas 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-13 Norte.

La imagen Landsat ETM del año 2000, se trabajó 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 áreas 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 4, 3, 2 y corresponde al infrarrojo medio, infrarrojo cercano, y rojo respectivamente. En diferentes tonos de marrón a café en la imagen se aprecia la vegetación de bosques, y en tonos rosas a violetas las áreas agrícolas, mientras que en tonos cyan a blancos las áreas urbanas y suelo desnudo (Figuras 6 y 7).

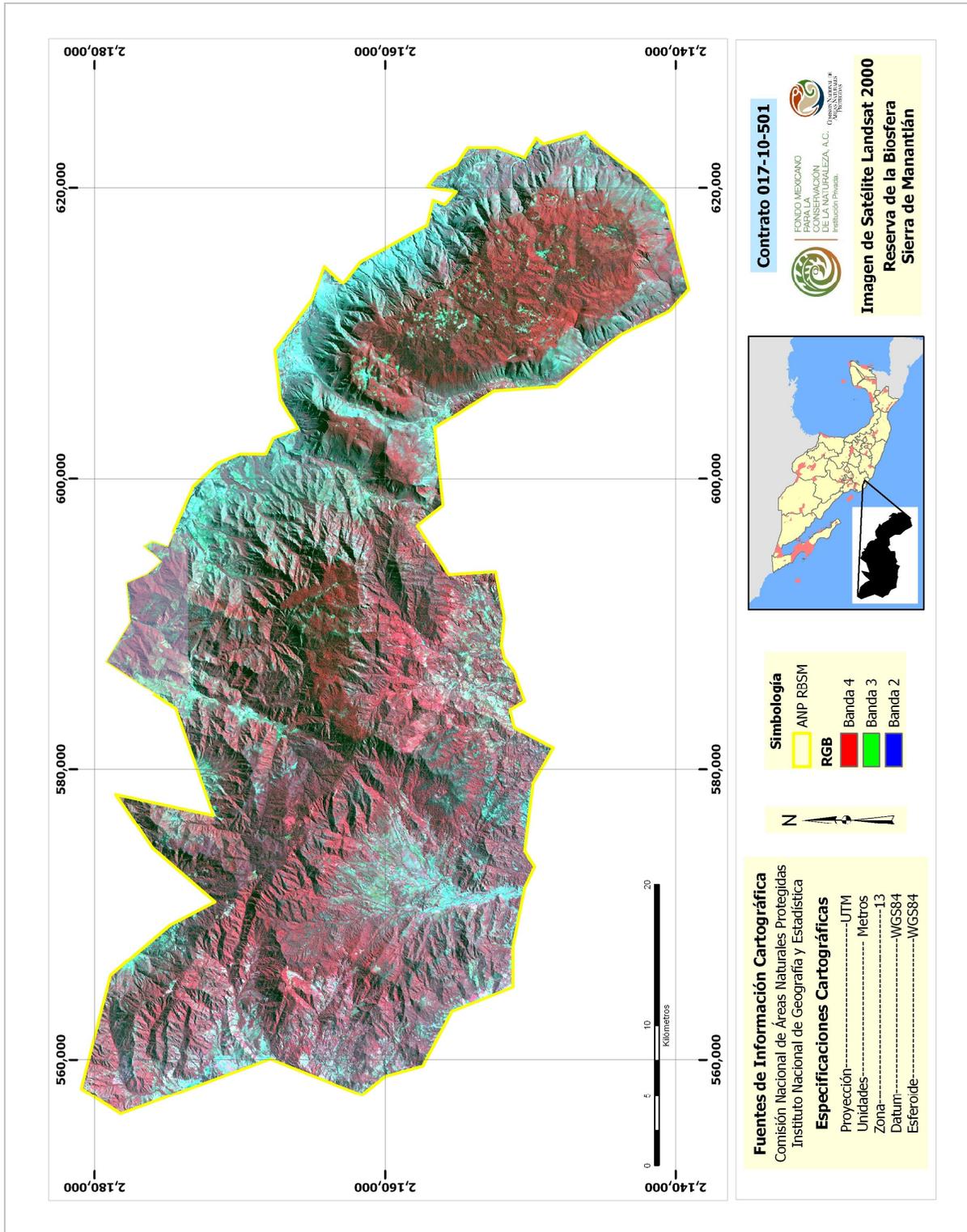


Figura 5.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4 3 2

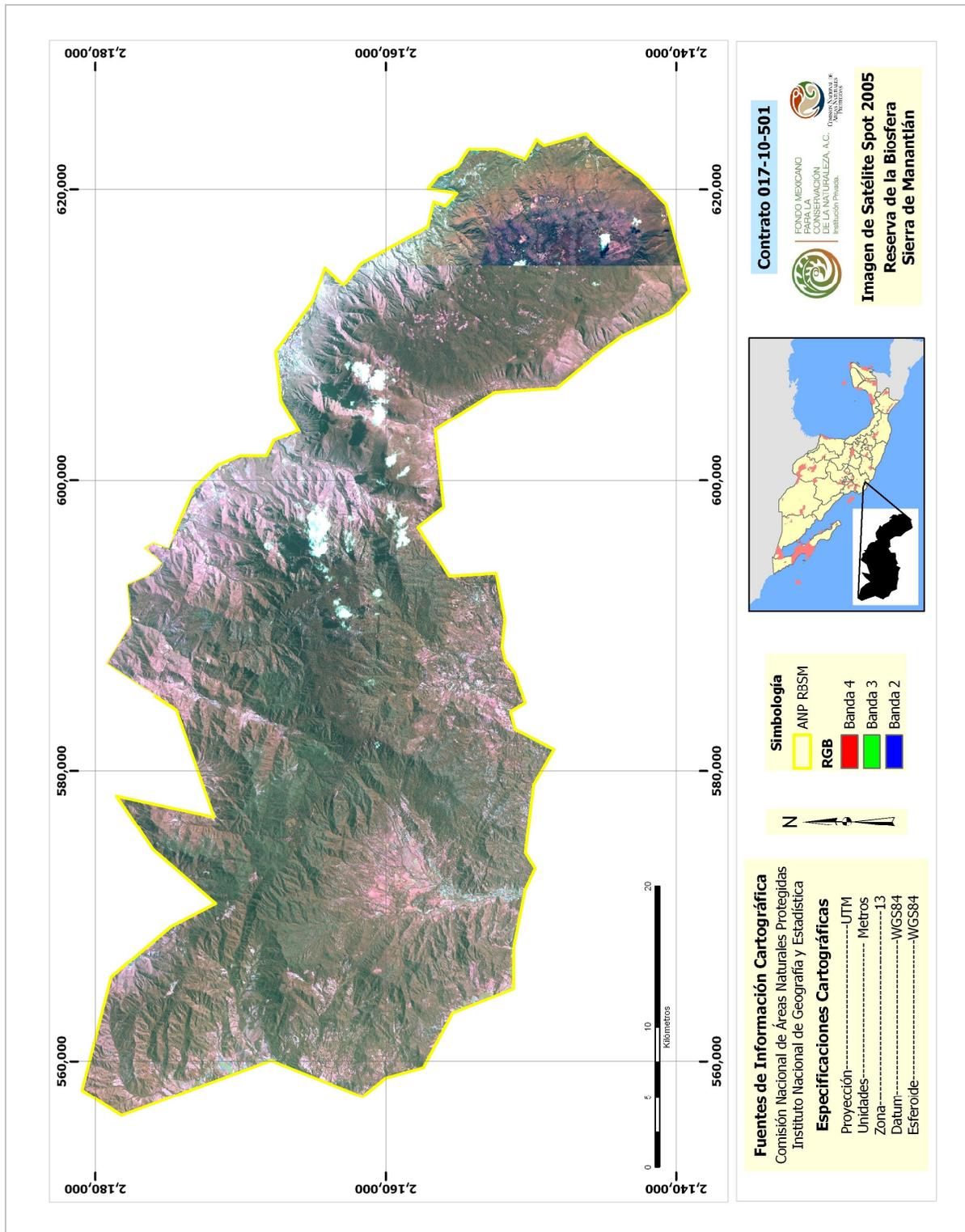


Figura 6.- Imágenes de Satélite SPOT 2005, falso color RGB 4 3 2

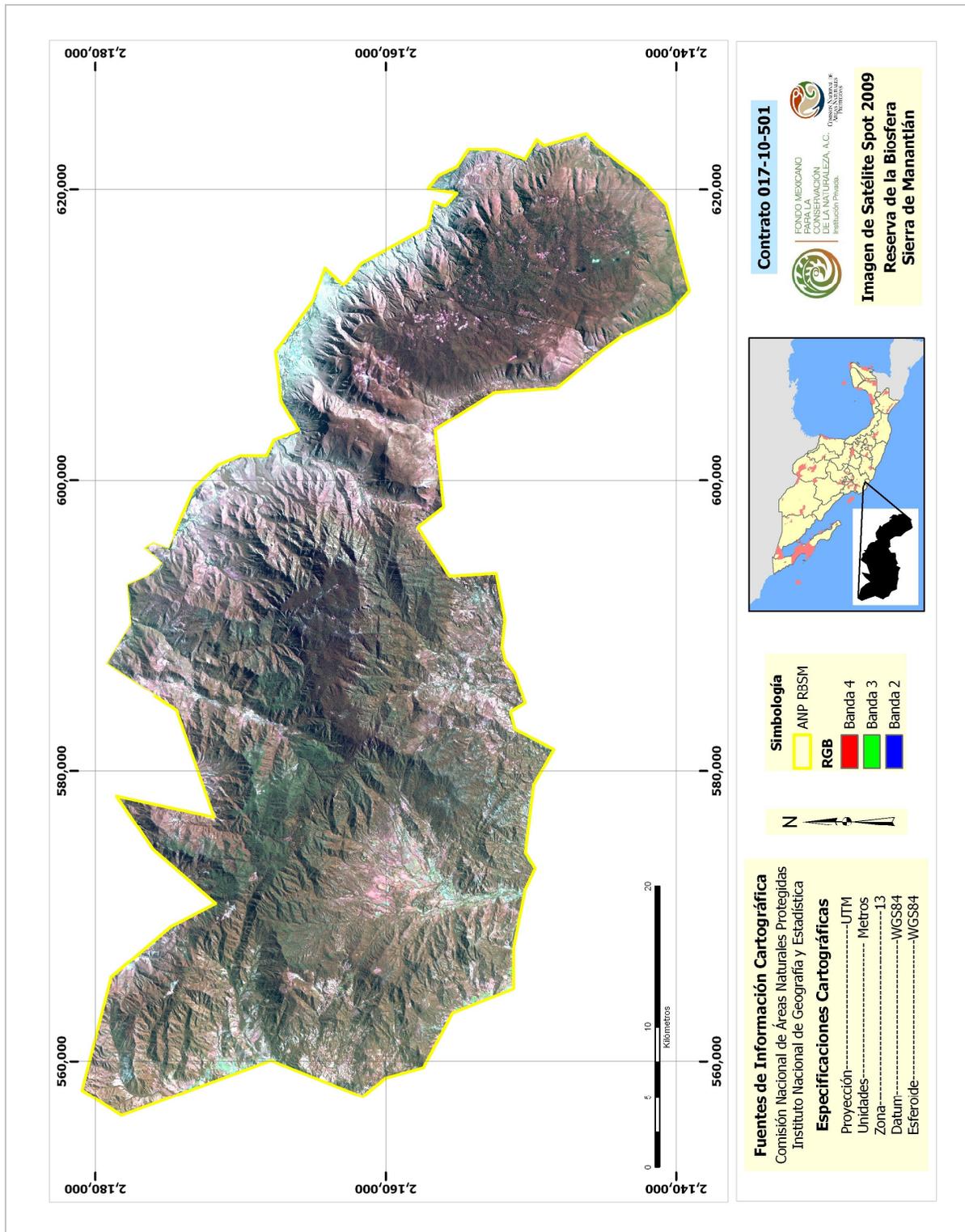


Figura 7.- Imágenes de Satélite SPOT 2009, falso color RGB 4 3 2

Uso del Suelo y Vegetación

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, a continuación se mostrarán 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 Sierra de Manantlán						
Uso de Suelo y Vegetación	2000	%	2005	%	2009	%
FORESTAL						
Area Sin Vegetación Aparente	201	0.14	201	0.14	201	0.14
Bosque de Encino	24,213	17.35	24,200	17.34	24,168	17.32
Bosque de Encino-Pino	4,881	3.50	4,775	3.42	4,775	3.42
Bosque de Pino-Encino	16,070	11.51	16,068	11.51	16,056	11.50
Bosque Mesófilo de Montaña	9,131	6.54	9,125	6.54	9,119	6.53
Selva Mediana Subcaducifolia	1,502	1.08	1,502	1.08	1,493	1.07
Vegetación Riparia	939	0.67	939	0.67	936	0.67
Bosque de Encino/vs	26,605	19.06	26,347	18.88	26,242	18.80
Bosque de Encino-Pino/vs	2,754	1.97	2,754	1.97	2,752	1.97
Bosque de Pino-Encino/vs	7,355	5.27	7,362	5.27	7,361	5.27
Bosque Mesófilo de Montaña/vs	88	0.06	88	0.06	86	0.06
Selva Baja Caducifolia/vs	19,366	13.88	19,395	13.90	19,201	13.76
Selva Mediana Subcaducifolia/vs	6,506	4.66	6,389	4.58	6,294	4.51
Subtotal	119,611	85.70	119,146	85.37	118,684	85.04
NO FORESTAL						
Area Agrícola	5,820	4.17	5,833	4.18	5,908	4.23
Area Impactada por Incendio	33	0.02	105	0.08	112	0.08
Asentamientos Humanos	335	0.24	335	0.24	336	0.24
Infraestructura	1	0.00	1	0.00	2	0.00
Pastizal	13,673	9.80	14,054	10.07	14,432	10.34
Subtotal	19,862	14.23	20,327	14.56	20,790	14.90
OTROS						
Cuerpo de Agua	95	0.07	95	0.07	95	0.07
Subtotal	95	0.07	95	0.07	95	0.07
Total	139,569	100	139,569	100	139,569	100

En el grupo Forestal la superficie al inicio del periodo, en el año 2000, es de 119, 611 hectáreas, superficie que disminuyo hacia el año 2009 en donde presentó 118, 684 ha; estas cantidades corresponden al 85.70% y 85.04% respectivamente; de superficie total. Por su parte, en el grupo No Forestal se presentó una superficie de 19, 862 hectáreas durante el año 2000 la cual aumento a 20, 790 hectáreas hacia el año 2009; cifras que corresponden al 14.23% y 14.90% respectivamente. Los cuerpos de agua presentan una superficie de 95 hectáreas misma que se mantuvo durante todo el periodo.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es el bosque de encino con vegetación secundaria, esta clase cubre una superficie de 26, 605 hectáreas (19.06%) para el año 2000, y de 26, 242 hectáreas (18.80%) en el año 2009. Le sigue el bosque de encino con una superficie de 24, 213 hectáreas (17.35%) en el año 2000 y, 24, 168 hectáreas (17.32%) para el año 2009.

En el grupo No forestal, la clase pastizal es la que cubre mayor superficie en el área, esta clase presentó 13, 673 hectáreas en el año 2000, lo que representa el 9.80% de la superficie total del área; y 14, 432 hectáreas (10.34%) para el año 2009. Otra clase que sobresale de entre las demás de este grupo, son las áreas agrícolas; con una superficie de 5, 820 ha (4.17%) para el año 2000 y de 5, 908 hectáreas (4.23%) 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.

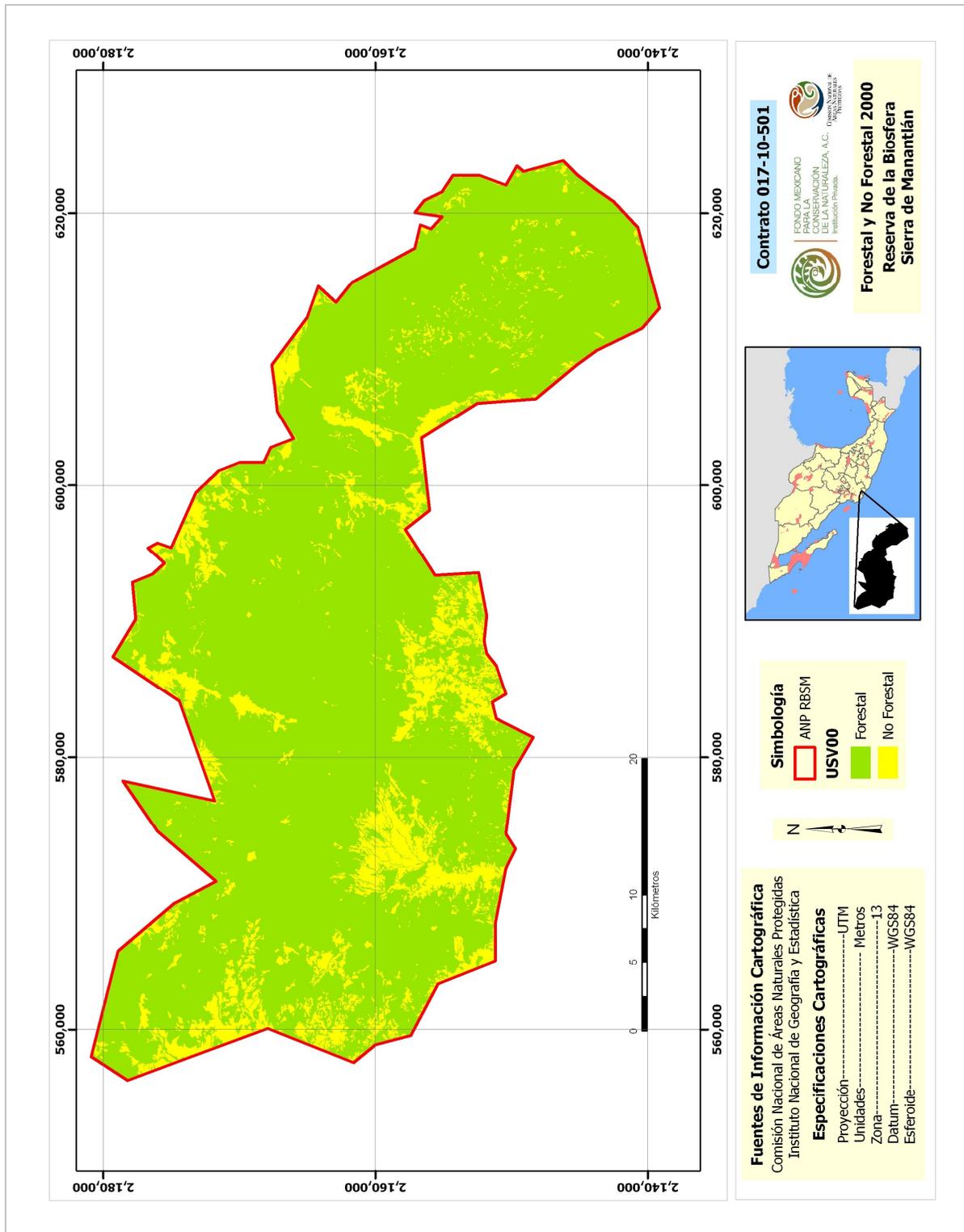


Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal año 2000

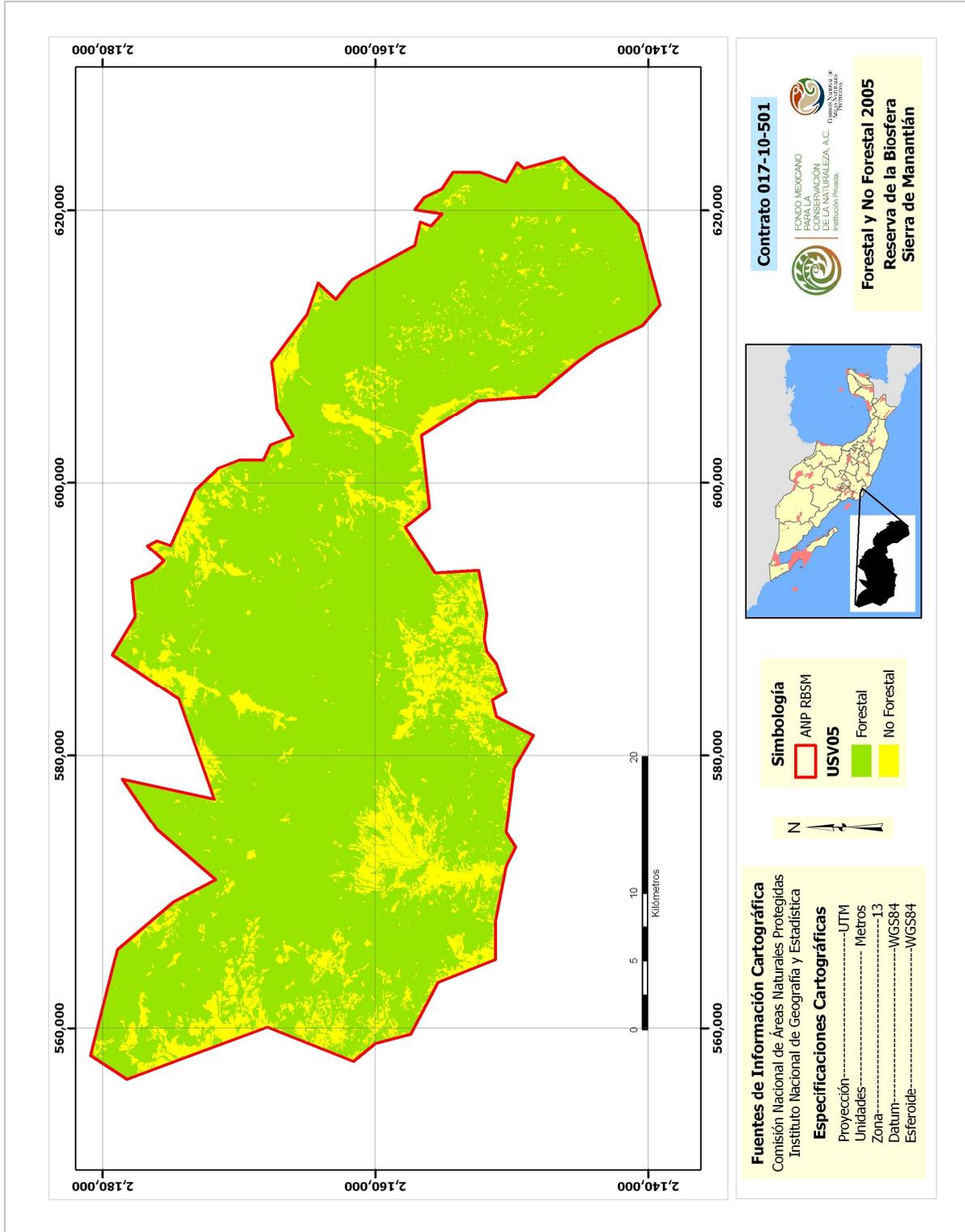


Figura 9.- Grupos Forestal-No Forestal año 2005

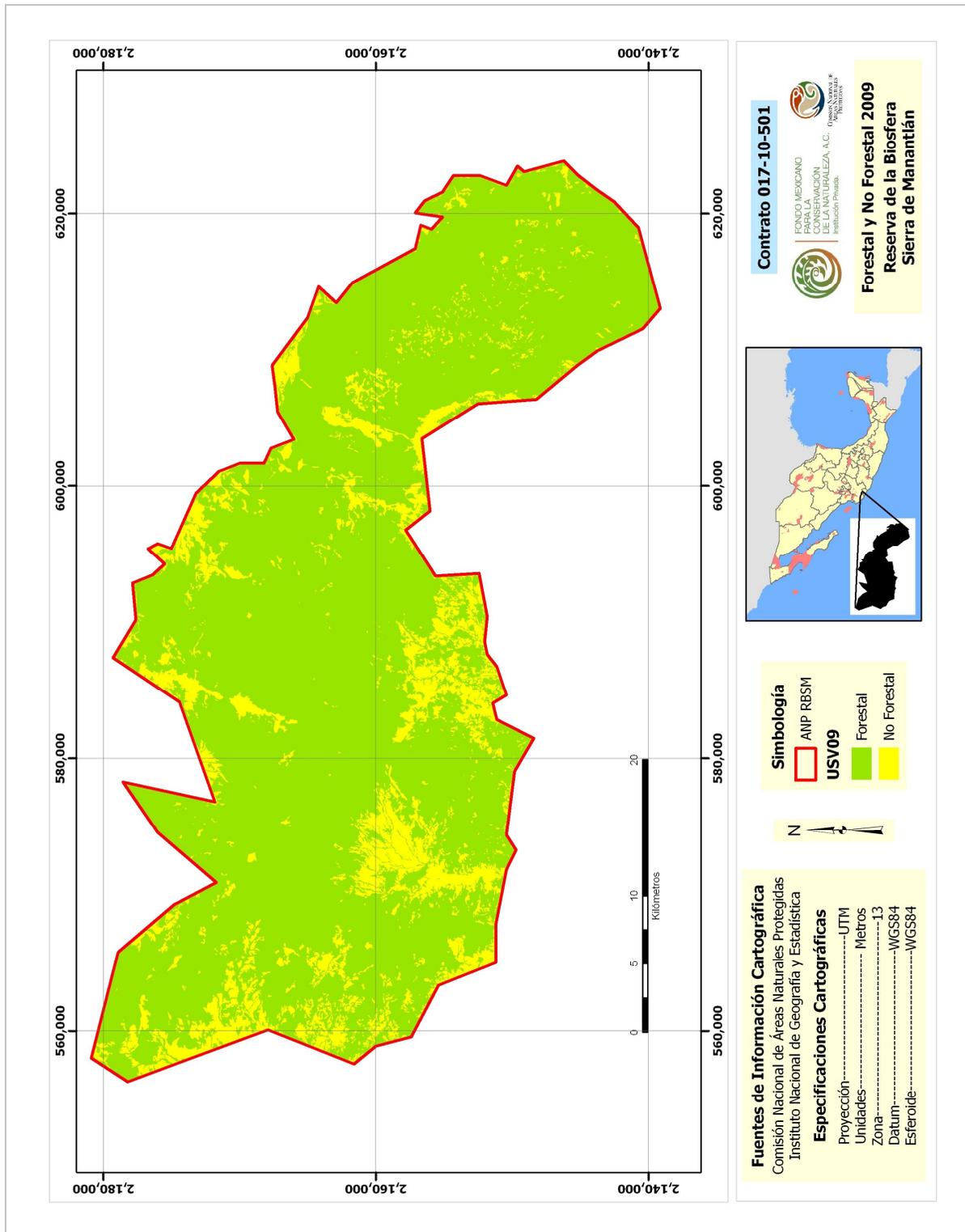


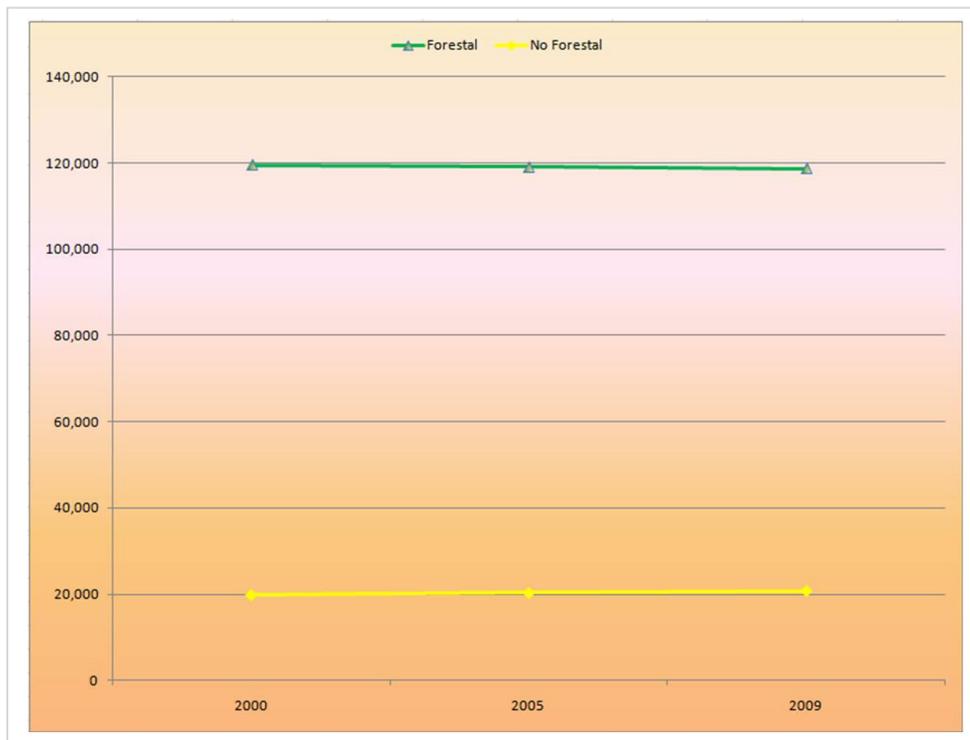
Figura 10.- Grupos Forestal-No Forestal año 2010

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	119,611	19,862
2005	119,146	20,327
2009	118,684	20,790

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).

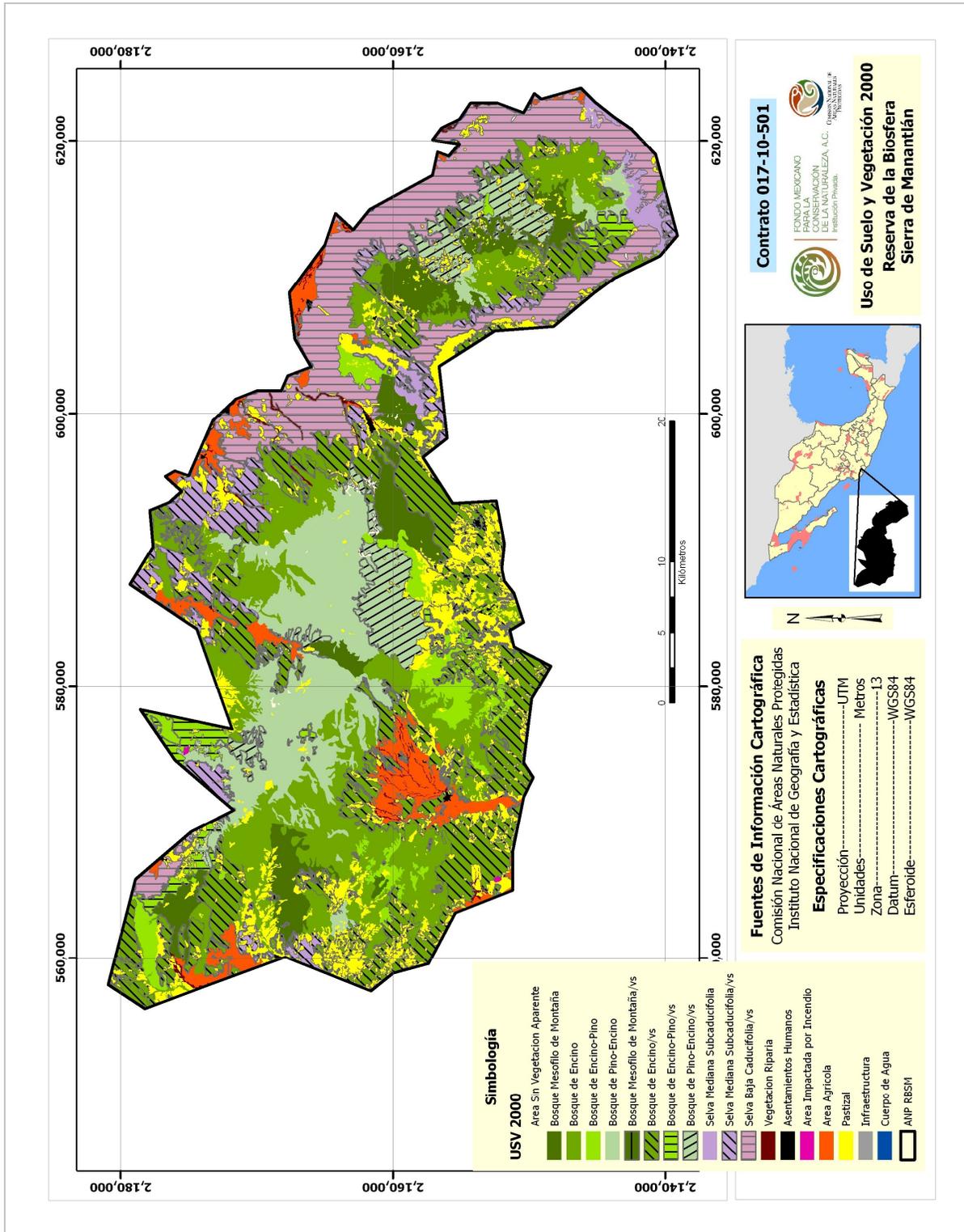


Figura 12- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

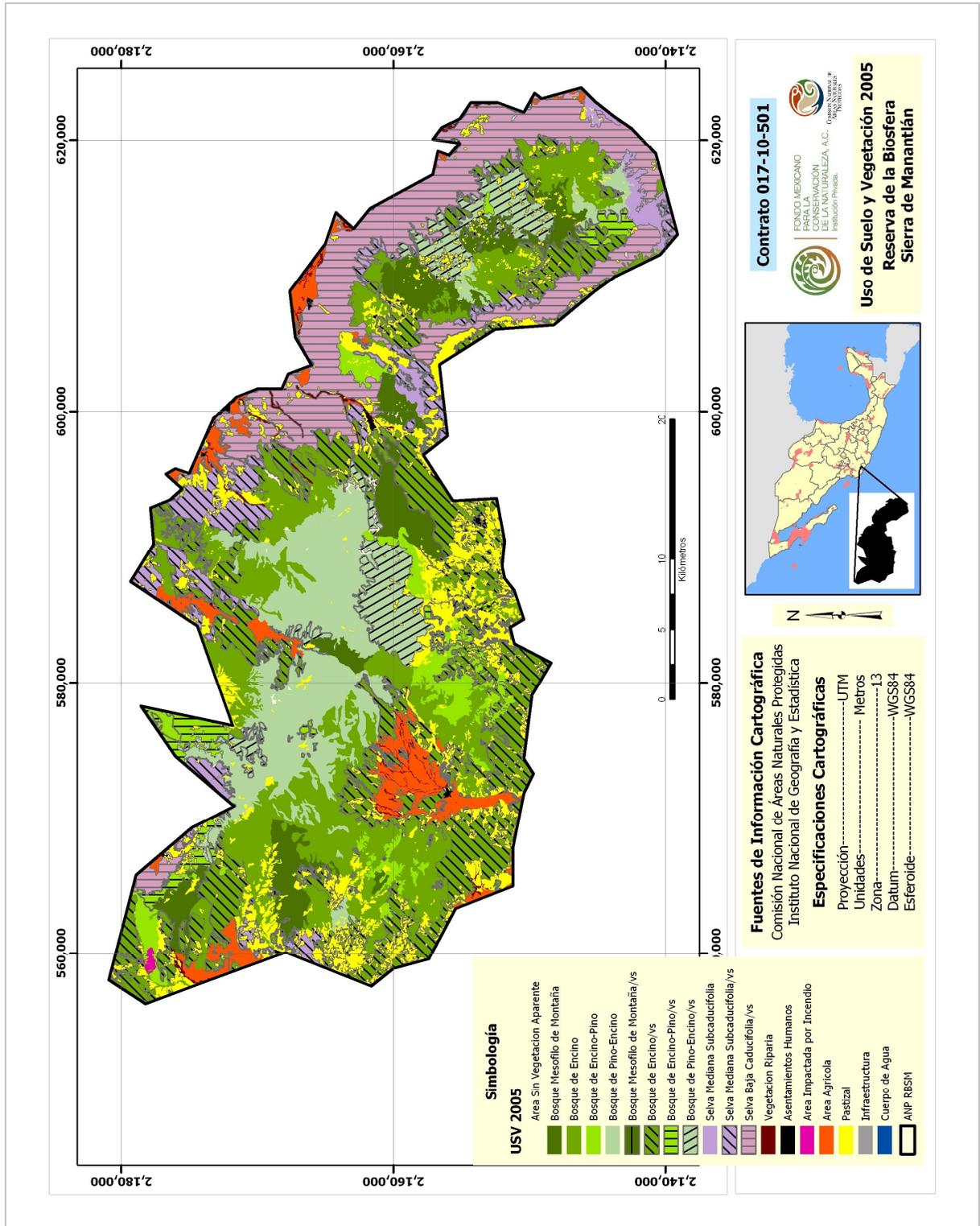


Figura 13.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2005

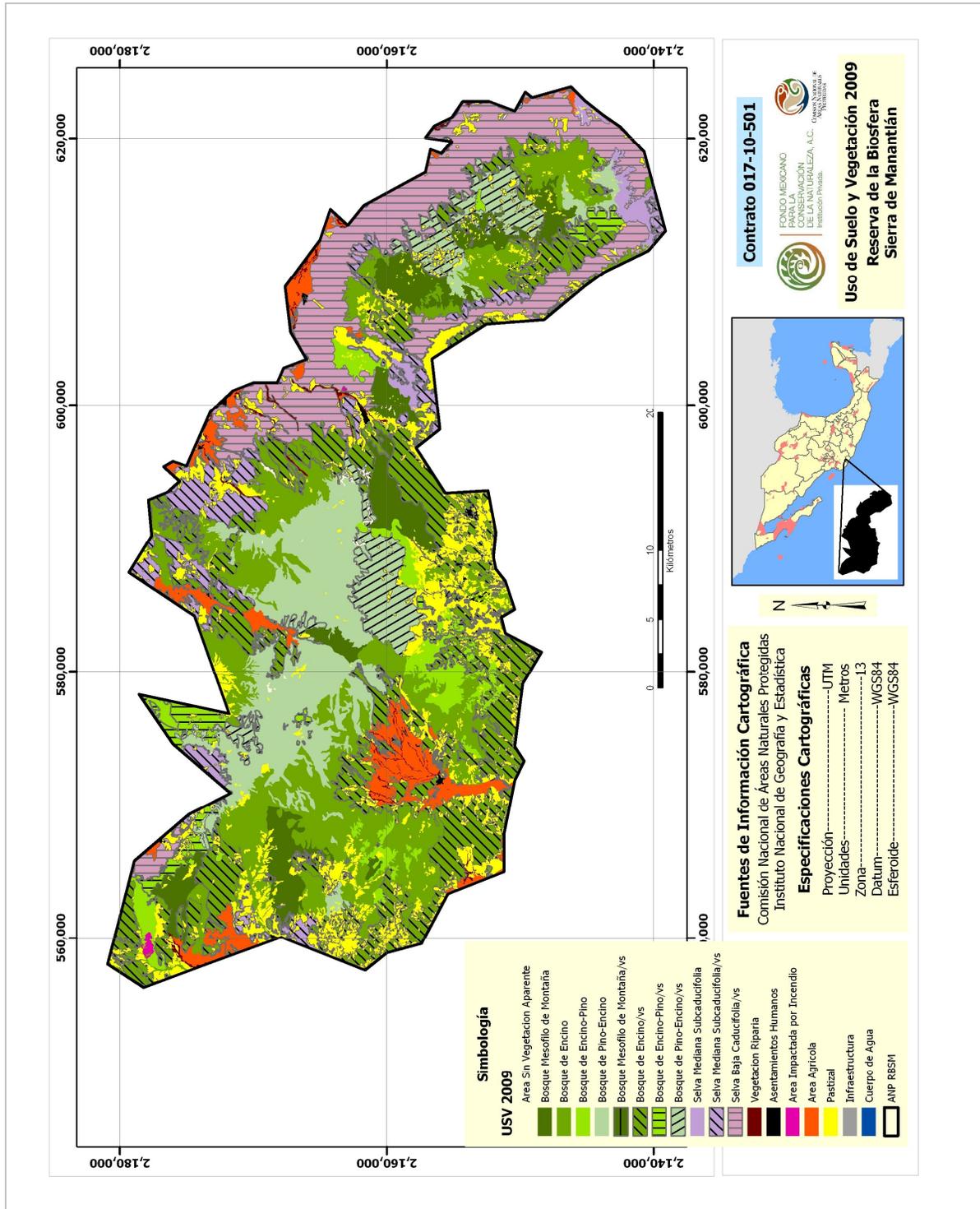


Figura 14.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2010

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 donde 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 ocho, mismas que fueron afectadas por prácticas de desmonte para la introducción pastizal. La clase que más superficie perdió es el bosque de encino con vegetación secundaria la cual perdió 274 Ha, seguido de la clase selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria con una superficie de 161 Ha, y el bosque de pino-encino con 105 Hectáreas, aunque en este caso se debió a un incendio. Por su parte la clase que más revegetación tuvo durante este periodo es selva baja caducifolia con vegetación secundaria con 59 ha.

Matriz de Cambio 2005 - 2009

En este periodo los procesos de deforestación y revegetación fueron los que se presentaron. Las clases que resultaron afectadas fueron diez, sobre todo por actividades agrícolas y la introducción de pastos. La clase selva baja caducifolia con vegetación secundaria fue la que más superficie perdió con 245 hectáreas, seguida del bosque de encino con 144 Ha perdidas y la selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria que perdió 113 hectáreas. Al igual que en el periodo anterior, la clase selva baja caducifolia con vegetación secundaria tuvo una superficie con proceso de revegetación de con 54 ha.

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

Matriz de Cambio Sierra de Manantlán 2000-2005	Area Sin Vegetacion Aparente	Bosque de Encino	Bosque de Encino-Pino	Bosque de Pino-Encino	Bosque Mesofilo de Montaña	Selva Mediana Subcaducifolia	Vegetacion Riparia	Bosque de Encino/Vs	Bosque de Encino- Pino/Vs	Bosque de Pino- Encino/Vs	Bosque Mesofilo de Montaña/Vs	Selva Baja Caducifolia/Vs	Selva Mediana Subcaducifolia/Vs	Area Agricola	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal	Cuerpo de Agua	Total 2000
Area Sin Vegetacion Aparente	201																			201
Bosque de Encino		24,200																13		24,213
Bosque de Encino-Pino			4,775												105					4,881
Bosque de Pino-Encino				16,068														3		16,070
Bosque Mesofilo de Montaña					9,125													6		9,131
Selva Mediana Subcaducifolia						1,502														1,502
Vegetacion Riparia							939													939
Bosque de Encino/Vs								26,331										267		26,605
Bosque de Encino-Pino/Vs									2,754											2,754
Bosque de Pino-Encino/Vs										7,345								10		7,355
Bosque Mesofilo de Montaña/Vs											88									88
Selva Baja Caducifolia/Vs												19,336						21		19,366
Selva Mediana Subcaducifolia/Vs													6,346					161		6,506
Area Agricola														5,818				0		5,820
Area Impactada por Incendio																		10		33
Asentamientos Humanos																335				335
Infraestructura																	1			1
Pastizal																		13,563		13,673
Cuerpo de Agua																			95	95
Total 2005	201	24,200	4,775	16,068	9,125	1,502	939	26,347	2,754	7,362	88	19,395	6,389	5,833	105	335	1	14,054	95	139,589

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

Matriz de Cambio Sierra de Manantlán 2005-2009		Area Sin Vegetacion Aparente	Bosque de Encino	Bosque de Encino- Pino	Bosque de Pino- Encino	Bosque Mesofilo de Montaña	Selva Mediana Subcaducifolia	Vegetacion Riparia	Bosque de Encino/Vs	Bosque de Encino- Pino/Vs	Bosque de Pino- Encino/Vs	Bosque Mesofilo de Montaña/Vs	Selva Baja Caducifolia/Vs	Selva Mediana Subcaducifolia/Vs	Area Agricola	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal	Cuerpo de Agua	Total 2005
Area Sin Vegetacion Aparente		201																			201
Bosque de Encino		24,168							15										17		24,200
Bosque de Encino-Pino																					4,775
Bosque de Pino-Encino				4,775															11		16,068
Bosque Mesofilo de Montaña					16,056	9,119													6		9,125
Selva Mediana Subcaducifolia							1,493												9		1,502
Vegetacion Riparia								936													939
Bosque de Encino/Vs									26,202										119		26,347
Bosque de Encino-Pino/Vs										2,752									2		2,754
Bosque de Pino-Encino/Vs											7,361								1		7,362
Bosque Mesofilo de Montaña/Vs												86							3		88
Selva Baja Caducifolia/Vs													19,150						214		19,395
Selva Mediana Subcaducifolia/Vs														6,277					109		6,389
Area Agricola													4	5,828							5,833
Area Impactada por Incendio															105						105
Asentamientos Humanos																	335				335
Infraestructura																		1			1
Pastizal													46	17					13,942		14,054
Cuerpo de Agua																				95	95
Total 2009		201	24,168	4,775	16,056	9,119	1,493	936	26,242	2,752	7,361	86	19,201	6,294	5,908	112	336	2	14,432	95	139,569

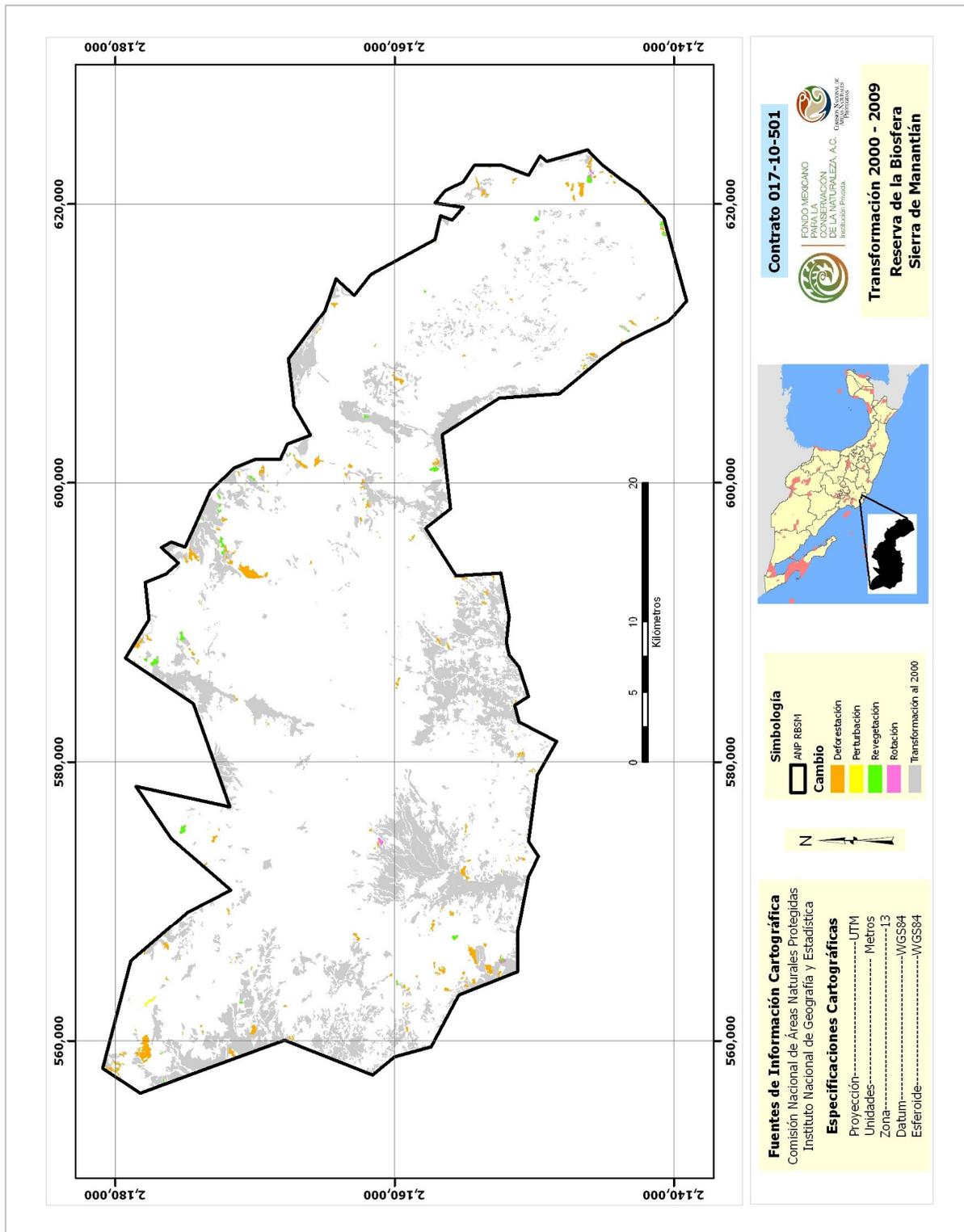


Figura 15.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2009

Durante el periodo 2000 – 2005, un total de 465 hectáreas fueron transformadas, a un ritmo de 93 ha por año (tabla 7). En este periodo el bosque de encino con vegetación secundaria es quién resulto más afectado.

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

Matriz de Cambio Sierra de Manantlán 2000-2005	Area Agrícola	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal
Area Sin Vegetacion Aparente		6			
Bosque de Encino					-13
Bosque de Encino-Pino		-88			
Bosque de Pino-Encino					-3
Bosque Mesofilo de Montaña					-6
Selva Mediana Subcaducifolia					
Vegetacion Riparia					
Bosque de Encino/vs	-7				-256
Bosque de Encino-Pino/vs					
Bosque de Pino-Encino/vs					-10
Bosque Mesofilo de Montaña/vs					
Selva Baja Caducifolia/vs	-6				35
Selva Mediana Subcaducifolia/vs					-117
Subtotal	-13	-82	0	0	-370
Total de cambio en el periodo HA		-465			
Total por año HA		-93			

Por su parte en el periodo 2005 – 2009, se transformaron un total de 463 hectáreas; 116 ha por año. La superficie forestal de la Selva Mediana Subcaducifolia con vegetación secundaria es la que presentó mayor afectación por procesos de deforestación.

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

Matriz de Cambio Sierra de Manantlán 2005-2009	Area Agrícola	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal
Area Sin Vegetacion Aparente					
Bosque de Encino					-17
Bosque de Encino-Pino					
Bosque de Pino-Encino			-1		-11
Bosque Mesofilo de Montaña					-6
Selva Mediana Subcaducifolia					-9
Vegetacion Riparia	-3				
Bosque de Encino/vs	-25				-96
Bosque de Encino-Pino/vs					-2
Bosque de Pino-Encino/vs					-1
Bosque Mesofilo de Montaña/vs					-3
Selva Baja Caducifolia/vs	-18	-7		-1	-168
Selva Mediana Subcaducifolia/vs	-4				-92
Subtotal	-50	-7	-1	-1	-403
Total de cambio en el periodo HA		-463			
Total por año HA		-116			

Tasa de Transformación del Hábitat.

La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2009 para la RBSM es de 0.086, valor que corresponde a una superficie de -927.73 hectáreas. Para el periodo 2000 – 2005, hubo una transformación en -465.23 hectáreas con una tasa de 0.078. Finalmente para el periodo 2005 – 2009 la tasa de transformación fue de 0.097 correspondiente a -462.50 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	119,611	119,146	-465.23	5	0.00078	0.078
2005-2009	119,146	118,684	-462.50	4	0.00097	0.097
2000-2009	119,611	118,684	-927.73	9	0.00086	0.086

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 Sierra de Manantlán



Conclusiones

De acuerdo con los datos que fueron obtenidos a través de la clasificación y procesamiento de las imágenes de satélite Spot y Landsat, se obtuvo que la tasa de transformación para el periodo 2000 – 2009 es de apenas 0.086, que corresponde a una superficie de cambio de -927.73 ha en todo el periodo. En términos generales la cobertura forestal en el área presenta un aumento sobre todo por la presencia de lugares en donde se presentó cierta revegetación.

Desde el punto de vista de la conservación de la naturaleza, la RBSM es un área natural protegida con una gran biodiversidad, y es de suma importancia para el estado de Jalisco y Colima; de ahí la importancia de continuar con la realización de este tipo de trabajos, en donde se procure dar seguimiento a la obtención de un valor de tasa de transformación y reforzarlos con información de otros aspectos que de un panorama más actual del área.

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.

CONANP, 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Primera edición. México. 203pp.

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. Techniques for combining landsat and ancillary data for digital classification improvement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol. 48 pp 123-130.

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

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

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.

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

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

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

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

Referencias Web

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

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

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