



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 Mapimí*



**Nombre del Consultor:**

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

**Periodo del Reporte:**

*01 al 28 de Febrero de 2010*

Morelia, Michoacán  
22 de Marzo 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

Cesar Moreno García  
Técnico del SIG  
CONANP-SEMARNAT



“© CNES 200\_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>	15
Polígono oficial	15
Imágenes de satélite	15
Modelo Digital de Elevación (MDE)	16
<i>Metodología</i>	18
Rectificación de imágenes de satélite	18
Clasificación de imágenes de satélite	19
Áreas de cambio	21
Tasa de Transformación	23
<i>Resultados</i>	24
Imágenes de satélite	24
Uso del Suelo y Vegetación	28
Áreas de Cambio	37
Matriz de Cambio 2000 - 2005	37
Matriz de Cambio 2005 - 2009	37
Tasa de Transformación del Hábitat.	44
<i>Conclusiones</i>	45
<i>Bibliografía</i>	46

## 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 173 áreas naturales de carácter federal que cubren una superficie de 25, 376 599 Ha (12.91% 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 *“Diagnóstico de la efectividad de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) Federales para prevenir el cambio en el uso del suelo y la vegetación”* (Cordero et. al., 2009). 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 (Maderas del Carmen, 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 trabajo tiene como área de interés la Reserva de la Biósfera Mapimí, la cual esta ubicada en la parte sur del Bolsón de Mapimí, ésta constituye un área representativa de los ecosistemas desérticos del norte de México, como parte del Desierto Chihuahuense.

En 1978 con la construcción del laboratorio del desierto en la RBM, se comprobó la importancia de proteger en las zonas desérticas frágiles la diversidad de especies animales, vegetales y el aprovechamiento controlado de los recursos naturales; por lo que se determinó la necesidad de redelimitar el área natural protegida y recategorizarla como Reserva de la Biósfera.

En noviembre del año 2000 mediante la publicación en el Diario Oficial de la Federación se decreta como Reserva de la Biósfera de Mapimí con una superficie de 342, 387-99-17.225 hectáreas, con el propósito de asegurar su equilibrio y la continuidad a los procesos ecológicos; salvaguardar la diversidad genética de las especies existentes; planear y administrar integralmente el cuidado y uso adecuado de los recursos naturales de la región; asegurar su aprovechamiento sustentable; establecer un campo propicio para la realización de actividades educativas, recreativas, de investigación científica, del estudio de ecosistemas y

su equilibrio, proteger las condiciones ambientales para armonizar y optimizar su desarrollo.

Con el paso del tiempo y a través de los trabajos de investigación realizados por el Instituto de Ecología A.C., la RBM se ha convertido en una valiosa fuente de información sobre diversas comunidades y especies del Desierto Chihuahuense, cubriendo aspectos de ecología vegetal y animal, hidrología y edafología por lo que puede ser considerada como la más importante reserva ecológica de este desierto.

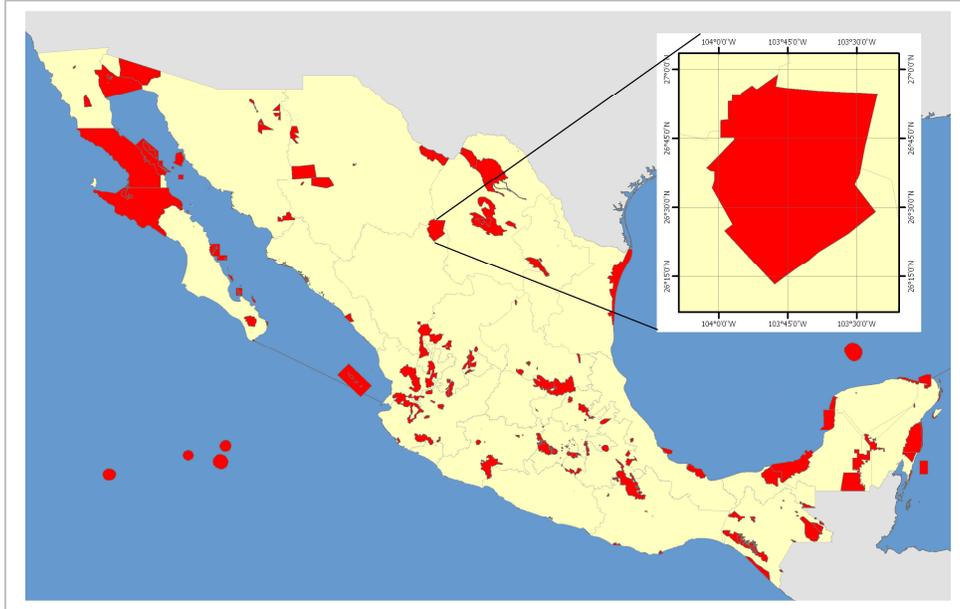
## Objetivo

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

## Área de Estudio

La Reserva de la Biósfera Mapimí (RBM) se localiza al norte de la altiplanicie central mexicana dentro del denominado Bolsón de Mapimí que comprende gran parte de la riqueza desértica del norte del país. Se encuentra al noreste del estado de Durango abarcando parte de los municipios de Mapimí y Tlahualillo, en el estado de Chihuahua comprende el municipio de Jiménez y en el estado de Coahuila abarca parte del municipio de Sierra Mojada (Figura 1).

Figura 1. Localización de la Reserva de la Biósfera Mapimí



El área forma parte de la Provincia Fisiográfica de Sierras y Llanuras del Norte localizada en medio de la Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental. En esta zona encontramos grandes extensiones de sierras bajas y abruptas en cuyas separaciones encontramos amplias llanuras con material aluvial las cuales también son conocidas como bolsones. La mayor parte del paisaje de la RBM presenta vastas extensiones de relieve monótono a una altitud que varía de 1,080 a 1,470 m.s.n.m. Este tipo de paisaje forma un continuo con las bajadas con una pendiente reducida menor a 8% y con planicies con pendientes menores a 1%; así como elementos del relieve como lomas y cerros aislados.

El relieve dentro de la reserva es poco abrupto principalmente de origen volcánico dentro de los que podemos mencionar el Cerro San Ignacio con una altitud de 1,480 m.s.n.m., y la Sierra de la Campana con 1,800 m.s.n.m. El rasgo geográfico más característico del área es el Bolsón de Mapimí, el cual consiste en la presencia de formaciones arenosas que llegan a ocupar grandes superficies cubiertas por dunas o extensas planicies de arena, como es el caso de la parte norte de la Reserva.

Hacia la zona oriental de la Reserva, prevalece la presencia de rocas calizas del Cretácico, compuestas por caliza-lutitas y caliza-conglomerados; mientras que en la zona septentrional se encuentran extensos campos dominados por dunas con material de tipo arenisca del Cretácico Superior o del Terciario Inferior; las zonas central y occidental se encuentran conglomerados y rocas volcánicas del Terciario constituyendo elevaciones sobre una planicie extensa de limolita cubierta por aluviones recientes (Formación Las Quiotentas), así como un graben tectónico que se extiende con una orientación norte-sur a través de la parte occidental del área de la RBM compuesto de sedimentos Pleistocénicos y recientes.

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), el clima del área corresponde al tipo BWhw(e), árido, semicálido, con lluvias de verano y de amplitud térmica extremosa, con un periodo de estiaje que se alarga por 9 meses. La temperatura media anual es de 20.8 °C, corresponde a un clima cálido con una fuerte variación estacional, con rangos que varían de una mínima de 3.9°C durante el mes de enero (mes más frío) a una máxima de 37.41 °C en junio (mes más caluroso).

La precipitación media anual en el área es de 264 mm, con una máxima de 512 mm y una mínima de 80 mm con un promedio anual de 40 días de lluvia, estas precipitaciones se presentan sobre todo entre los meses de junio a septiembre y representan 71% del total anual.

Los días con heladas son relativamente frecuentes durante la temporada invernal: 37 días en promedio anual repartidos de noviembre a abril. Las heladas únicamente son nocturnas ya que las temperaturas se vuelven generalmente positivas durante el día en esta época del año.

Los suelos que se han desarrollado en la RBM, en su mayoría pertenecen a depósitos aluviales y coluviales que se encuentran en las partes bajas en las llanuras y arroyos mientras que en las serranías y pendientes más altas podemos localizar suelos poco desarrollados, debido a la presencia de rocas consolidadas

de origen volcánico. De acuerdo con la clasificación de la FAO-UNESCO, en el área se presentan suelos de tipo Regosol, Xerosol, Yermosol y Vértilsol.

Estos tipos de suelo se pueden encontrar asociados formando grupos o no, es así que encontramos las siguientes variedades:

- *Regosol Calcáreo*. Suelos que se desarrollan sobre roca consolidada (rocas calcáreas o volcánicas) y son superficiales predegosos ó rocosos, se localizan en zonas de relieve con pendientes fuertes, escarpes, mesas y lomas poco evolucionadas y ricas en elementos gruesos.
- *Regosol calcáreo y Xerosol*. Son suelos desarrollados sobre depósitos coluviales, situados sobre todo dentro de las zonas de piedemonte con pendientes medias. Estos suelos son más profundos y evolucionados que los anteriores, con color pardo claro y en ellos dominan elementos pedregosos y gravosos. Su textura va de limo-arenosos a arcillosos.
- *Xerosol y Yermosol lúvico*. Son suelos evolucionados con profundidad media y una textura que va de mediana a fina. Se presenta con frecuencia acumulaciones secundarias de yeso o de carbonatos de calcio, son suelos poco salinos. Estos suelos se presentan tanto en las partes altas como bajas y sus características varían de acuerdo con esta distribución, es así que los suelos de las partes altas son gravosos, limosos, no salinos ni sódicos, mientras que en las áreas bajas los suelos son no gravosos, limosos a arcillosos, salinos y sódicos. En la zona septentrional tenemos suelos arenosos, pardo-rojizos, salinos y sódicos.
- *Vertisol Salino*. Corresponden a los suelos de las vegas, de textura arcillosa, salinos y sódicos a excepción de las partes más altas; en las cercanías de la Laguna de Palomas existen suelos de arcilla expansiva.
- *Yermosol lúvico, gípsico y Solonchak*. Estos suelos se encuentran en las planicies y generalmente presentan diversos grados de salinidad, su fase salina es gípsica o sódica. Solonchak dentro de las zonas más bajas. Son de textura arcillosa y con capas de yeso secundario.
- *Regosol*. Se presentan en dunas de arena de cuarzo y en áreas planas intermedanasas con suelos no salinos ni sódicos, catalogados como Yermosoles cálcicos y háplicos de color pardo rojizo, con textura limo-arcillo-arenosa.
- *Yermosol gípsico*. Se presentan en dunas de arena yesífera son capas de yeso secundario. Estos suelos tienen una textura mediana a gruesa y no presentan salinidad.

Sobre este tipo de suelos se han desarrollado varios tipos de vegetación, los cuales corresponden a matorrales *xerófilos*, *micrófilos* y *chaparrales* de distintas composiciones a manera de mosaicos con vegetación holófito en las partes más bajas (planicies). Su composición y fisonomía varía con la topografía y tipo de suelo. Hasta el año 2006 se tenían registradas alrededor de 403 especies de plantas, entre las que destacan las familias de las asteráceas, gramíneas, cactáceas y leguminosas.

Para la zona se han reconocido las siguientes unidades de vegetación: *matorral desértico rosetófilo* constituido por elementos arbustivos caracterizados por tener hojas distribuidas en forma de roseta; se pueden presentar en colonias en coexistencia con otras especies de características similares.

También se encuentra *vegetación halófila*, la cual, esta representada por especies arbustivas de 50cm a 2m de altura; generalmente corresponde a aquellas que presentan hojas micrófilas, que constituyen comunidades muy homogéneas en sitios de topografías planas, bajas y con altas concentraciones de sales. Existe además otro tipo de vegetación conocida como *vegetación de desiertos arenosos*, la cual es del tipo que prevalece en espacios abiertos con un sustrato arenoso; está constituida por una mezcla de diversas especies vegetales en donde predominan las arbustivas espinosas, inermes y crasas, entre otras.

Por otra parte existe *pastizal natural* mismo que se encuentra representado por vegetación conformada por especies de herbáceas perennes y anuales. Por su parte el *matorral desértico micrófilo* se encuentra constituido por elementos arbustivos caracterizados primordialmente por tener hojas pequeñas.

Dentro del área tenemos presentes dos tipos de matorral, estos son: *matorral subinermes* el cual contiene una vegetación arbustiva dominada por especies frecuentemente desprovistas de espinas; en una proporción baja se asocia con arbustos espinosos. Y finalmente el *matorral espinoso* en el cual predominan especies arbustivas que cubren con espinas sus tallos y ramas.

## 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 Biósfera Mapimí

Satélite	Path	Row	Fecha	Resolución (metros)	Número de bandas
ETM	30	41	28-nov-00	30	6
				15	1
ETM	30	42	28-Nov-00	30	6
				15	1

Se tomó como base el polígono de la ANP RBM, para conocer cuántas imágenes de satélite SPOT serían necesarias para este trabajo, mismas que fueron solicitadas a la Estación de Recepción México del satélite SPOT (ERMEXS) a través de la Subdirección de Área a cargo del Sistema de Información Geográfica de la CONANP como gestor oficial. Un total de 8 imágenes fueron solicitadas y utilizadas para el cubrimiento completo del área de estudio (Tabla 2).

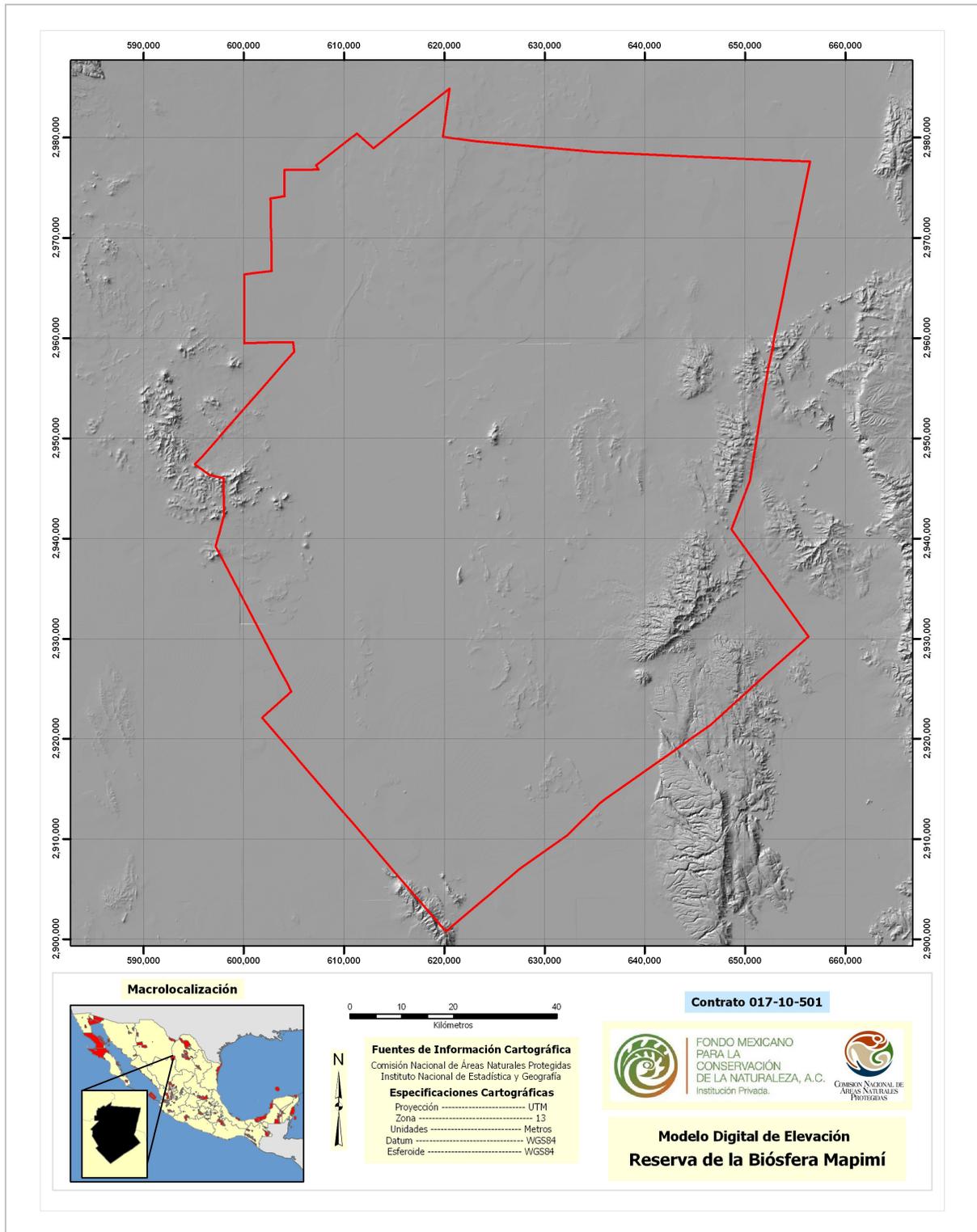
Tabla 2.- Imágenes de satélite SPOT para La Reserva de la Biósfera Mapimí

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT	575	296	05-jul-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	575	297	05-jul-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	576	296	29-may-04	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	576	297	08-jun-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	575	296	04-feb-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	575	297	10-jul-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	576	296	14-ene-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	576	297	14-ene-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A

### **Modelo Digital de Elevación (MDE)**

La figura 2 muestra el MDE para la RBM.

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



## Metodología

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

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

### ***Rectificación de imágenes de satélite***

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

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

Una vez 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 georeferida, 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 mm<sup>2</sup> 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											O		
	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 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:

$\delta$  = 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 trabajó en una combinación de falso color RGB de las bandas 4, 2, 6 que corresponde al Infrarrojo cercano, Rojo e infrarrojo medio. El compuesto muestra en tonos verde a los matorrales, las tonalidades que van de rosas a violetas al pastizal halófilo y la vegetación de desiertos arenosos (Figura 3).

Por su parte en las imágenes SPOT de los años 2005 y 2009 el falso color es RGB de las bandas 4, 1, 3 y corresponde al infrarrojo medio, verde e infrarrojo cercano respectivamente (Figura 4 y 5).

Figura 3.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4 2 6

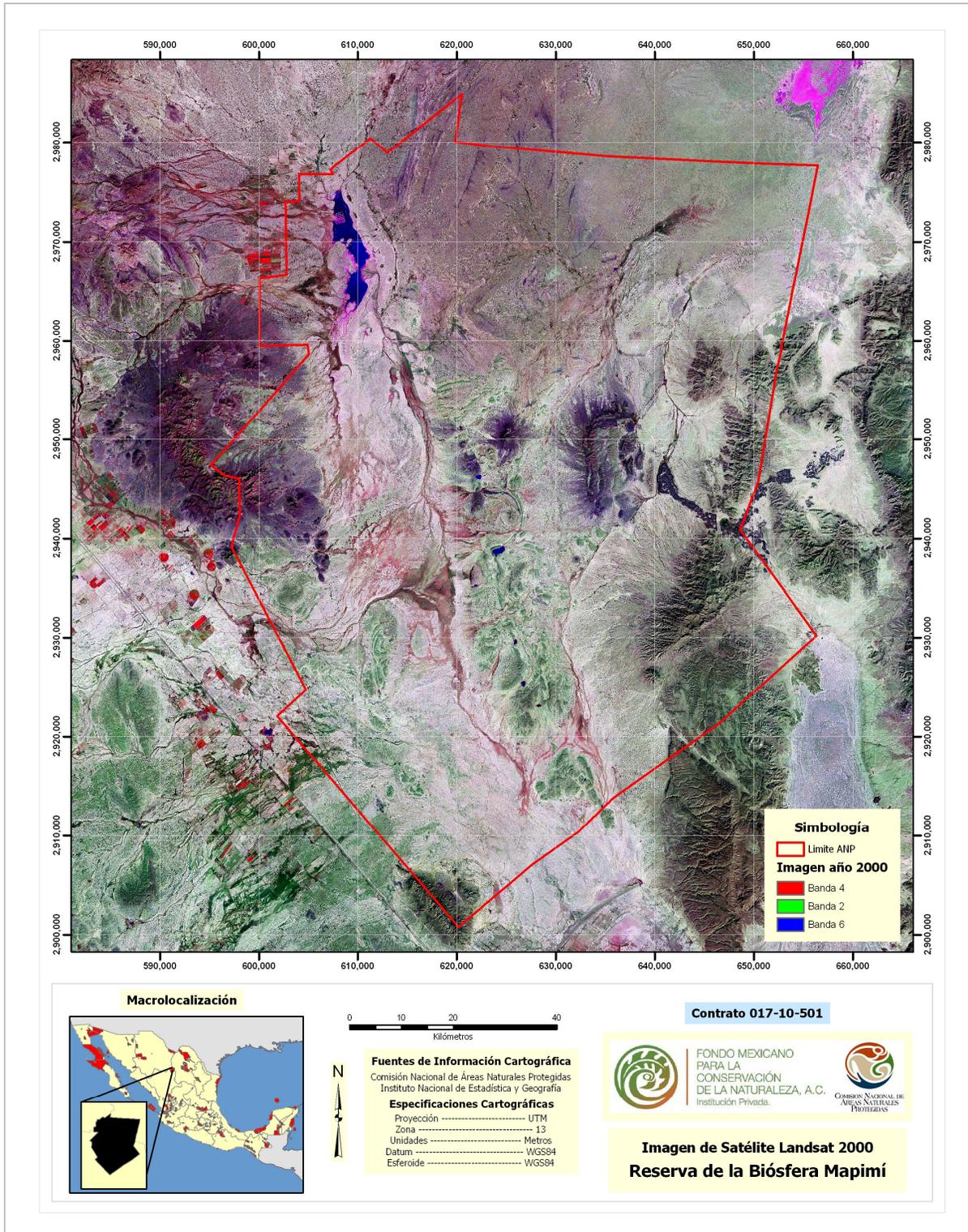


Figura 4.- Imágenes de Satélite SPOT 2005, falso color RGB 4 1 3

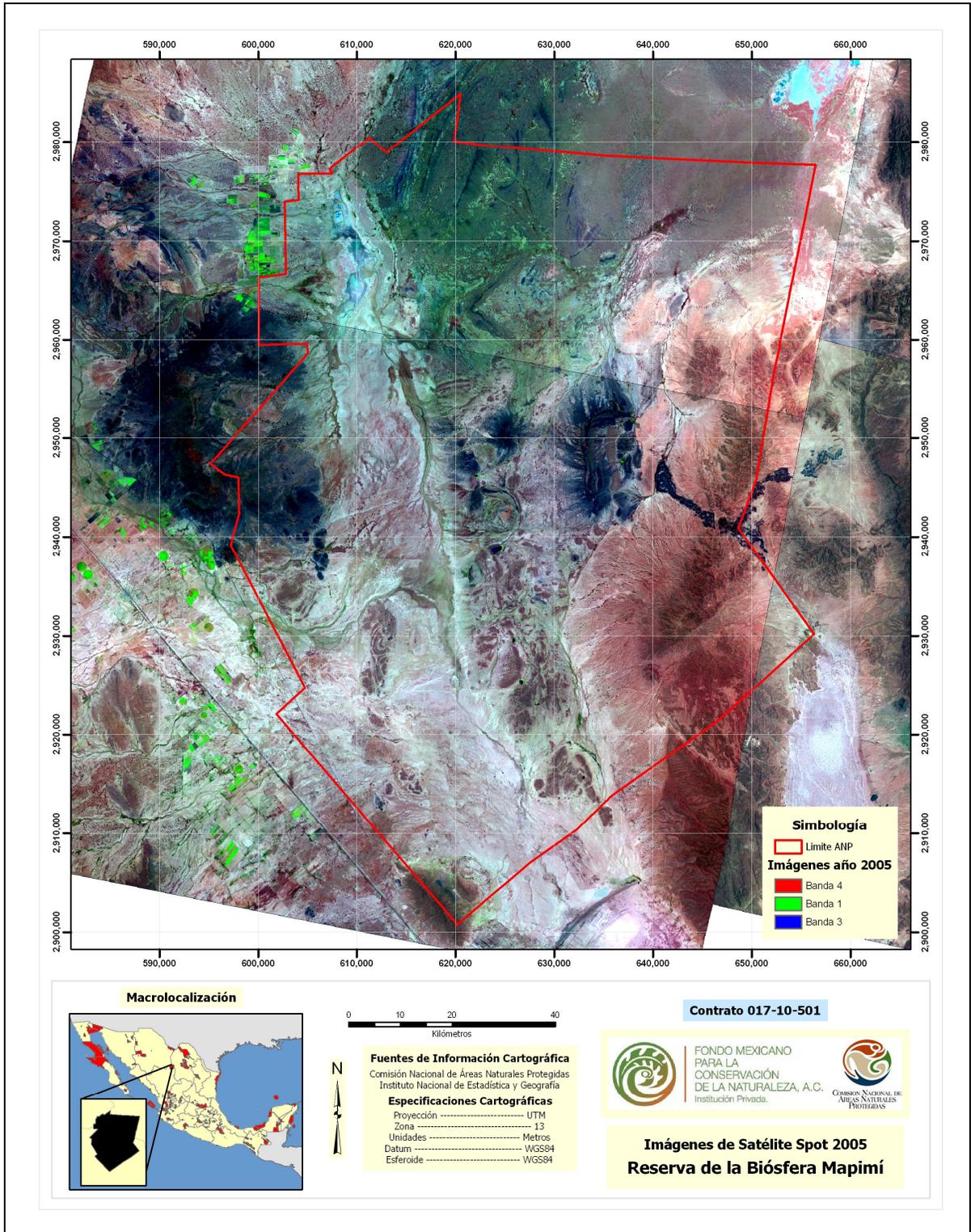
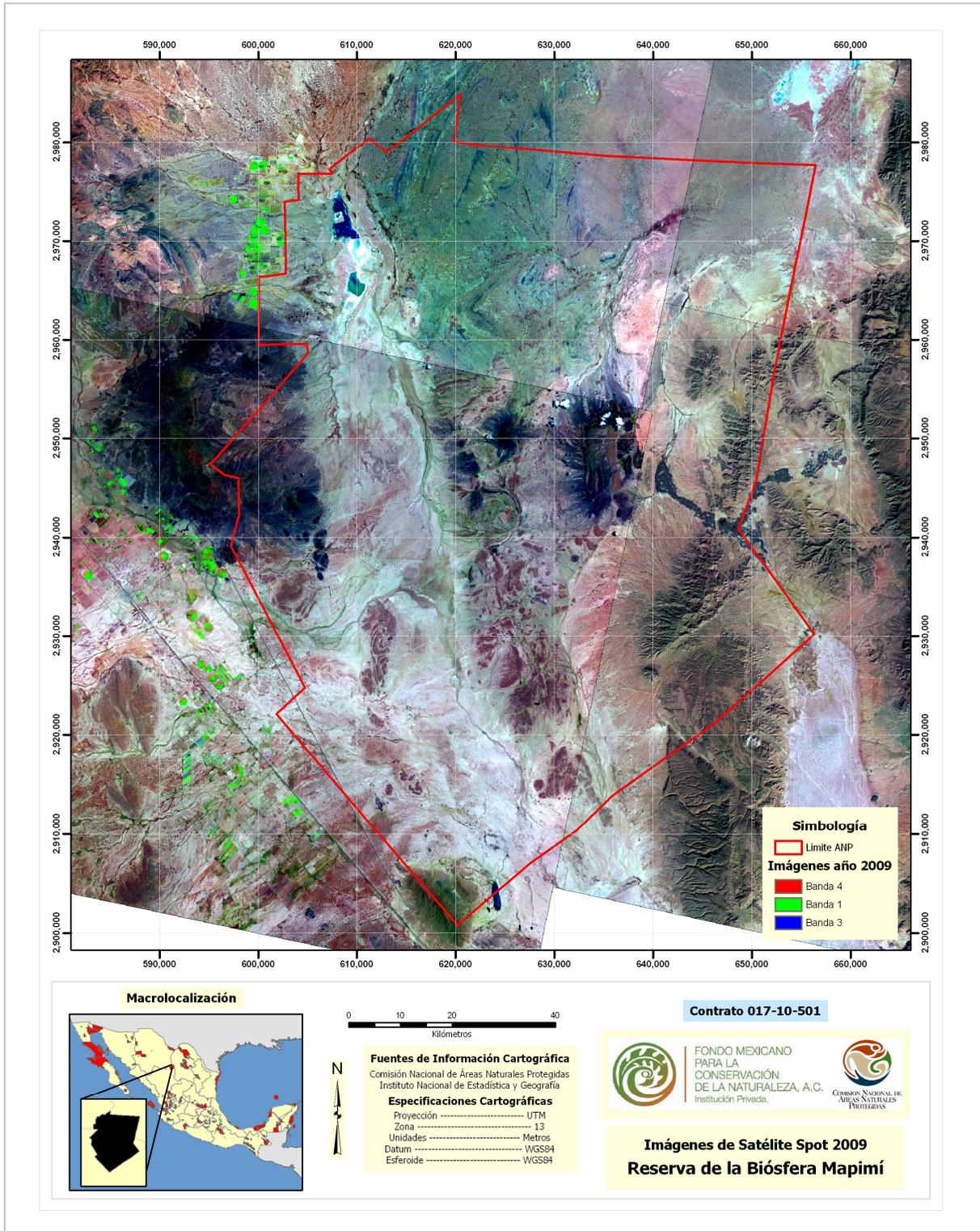


Figura 5.- Imágenes de Satélite SPOT 2009, falso color RGB 4 1 3



### Uso del Suelo y Vegetación

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la reserva de la biosfera Mapimí para cada año, 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 (Ha) Reserva de la Biósfera Mapimí						
Uso de Suelo y Vegetación	2000		2005		2009	
	HA	%	HA	%	HA	%
<b>FORESTAL</b>						
Área sin Vegetación Aparente	618	0.18	1,265	0.37	1,216	0.36
Matorral Desértico Micrófilo	94,061	27.47	93,921	27.43	93,920	27.43
Matorral Desértico Rosetófilo	87,269	25.49	87,269	25.49	87,269	25.49
Mezquital	152	0.04	152	0.04	152	0.04
Pastizal Halófilo	34,646	10.12	34,602	10.11	34,592	10.10
Pastizal Natural	15	0.00	23	0.01	23	0.01
Vegetación de Desiertos Arenosos	53,072	15.50	53,072	15.50	53,058	15.50
Vegetación Halofila	40,854	11.93	40,958	11.96	40,841	11.93
Matorral Desértico Micrófilo/vs	26,631	7.78	26,503	7.74	26,282	7.68
Matorral Desértico Rosetófilo/vs	631	0.18	649	0.19	649	0.19
<b>Subtotal</b>	<b>337,950</b>	<b>98.70</b>	<b>338,415</b>	<b>98.84</b>	<b>338,004</b>	<b>98.72</b>
<b>NO FORESTAL</b>						
Área Agrícola	640	0.19	821	0.24	956	0.28
Asentamientos humanos	41	0.01	41	0.01	41	0.01
Infraestructura	112	0.03	112	0.03	112	0.03
Pastizal Inducido	1,792	0.52	1,934	0.56	2,164	0.63
Salinera	275	0.08	301	0.09	301	0.09
<b>Subtotal</b>	<b>2,860</b>	<b>0.84</b>	<b>3,209</b>	<b>0.94</b>	<b>3,573</b>	<b>1.04</b>
<b>OTROS</b>						
Cuerpo de Agua	1,580	0.46	766	0.22	813	0.24
<b>Subtotal</b>	<b>1,580</b>	<b>0.46</b>	<b>766</b>	<b>0.22</b>	<b>813</b>	<b>0.24</b>
<b>TOTAL</b>	<b>342,390</b>	<b>100.00</b>	<b>342,390</b>	<b>100.00</b>	<b>342,390</b>	<b>100.00</b>

En el grupo Forestal la superficie va de 337, 950 hectáreas en el año 2000, a 338, 004 hectáreas en el año 2009, estas cantidades corresponden al 98.70% y 98.72% respectivamente; de superficie cubierta. Por otra parte, en el grupo No Forestal la superficie va de 2, 860 hectáreas en el año 2000 a 3, 573 hectáreas en el año 2009; cifras que corresponden al 0.84% y 1.04% respectivamente. Los cuerpos de agua presentan una superficie de 1, 580 hectáreas (0.46%) en el año 2000 misma que disminuye para el año 2009 en donde presenta únicamente 813 hectáreas (0.24%).

Dentro del este grupo Forestal, el tipo de vegetación dominante es el matorral desértico micrófilo con 94, 061 hectáreas (27.47%) para el año 2000, y 93, 920 hectáreas (27.43%) en el año 2009. Le sigue el matorral desértico rosetófilo con 87, 269 hectáreas (25.49%) durante todo el periodo.

En el grupo No forestal, el pastizal inducido presenta una superficie de 1, 792 hectáreas en el año 2000, lo que representa 0.52%; mientras que para el año 2009, ocupa una superficie de 2, 164 hectáreas que representan el 0.63%. Le sigue en importancia las actividades agrícolas, con una superficie que va de 640 hectáreas (0.19%) en el año 2000 a 956 hectáreas (0.28%) en el año 2009. Por su parte, los asentamientos humanos apenas presentan una superficie de 41 hectáreas (0.01%) durante el periodo completo.

A continuación se presentan los siguientes mapas en donde podemos observar los grupos Forestal y No Forestal en los años 2000, 2005 y 2009 (Figuras 6, 7 y 8); en ellos el color verde representa a las áreas forestales, mientras que el color amarillo corresponde a las áreas no forestales las cuales se distribuyen en su mayoría hacia la porción noroeste (NW) y suroeste (SW) de la reserva.

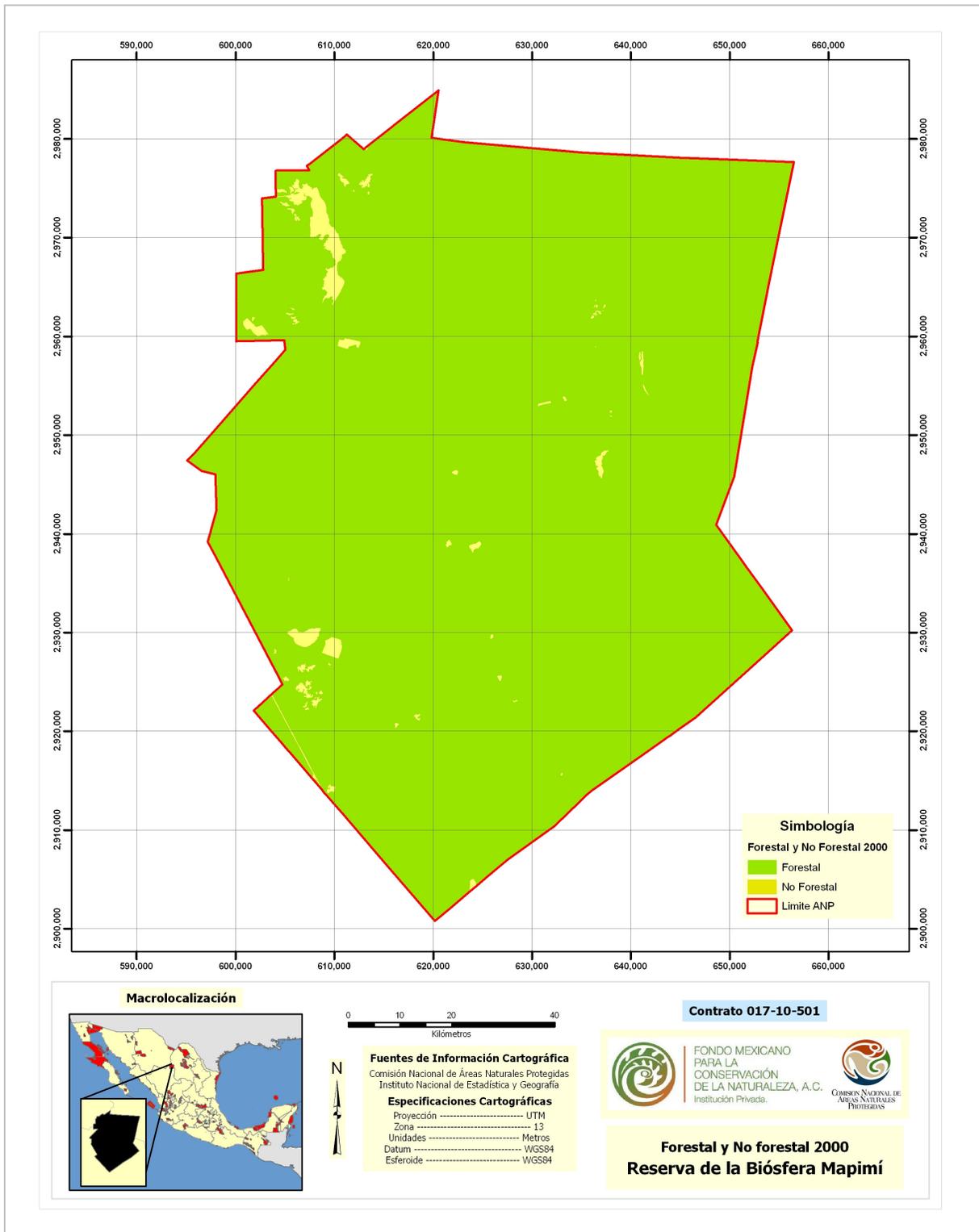


Figura 6.- Grupos Forestal-No Forestal años 2000

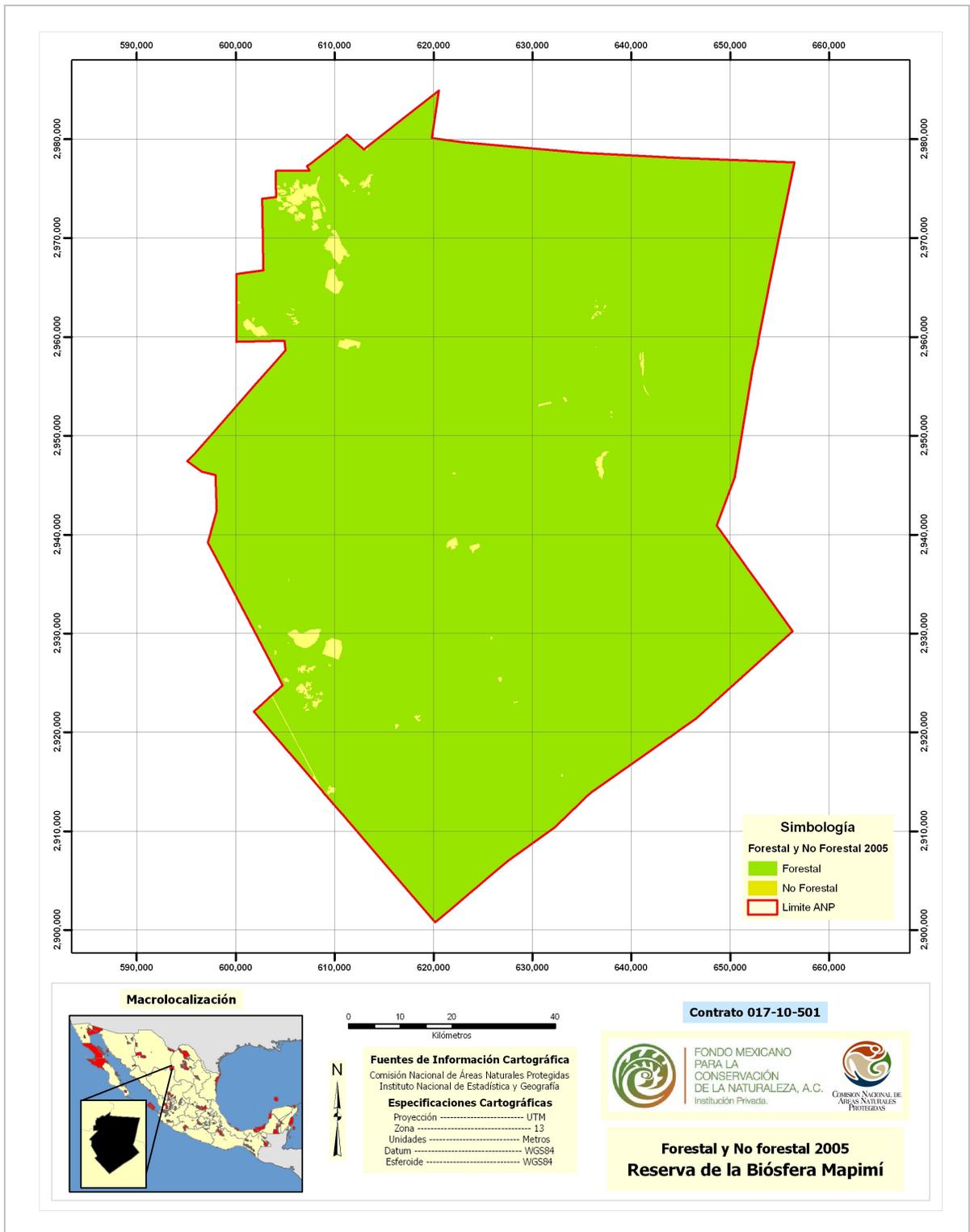


Figura 7.- Grupos Forestal-No Forestal años 2005

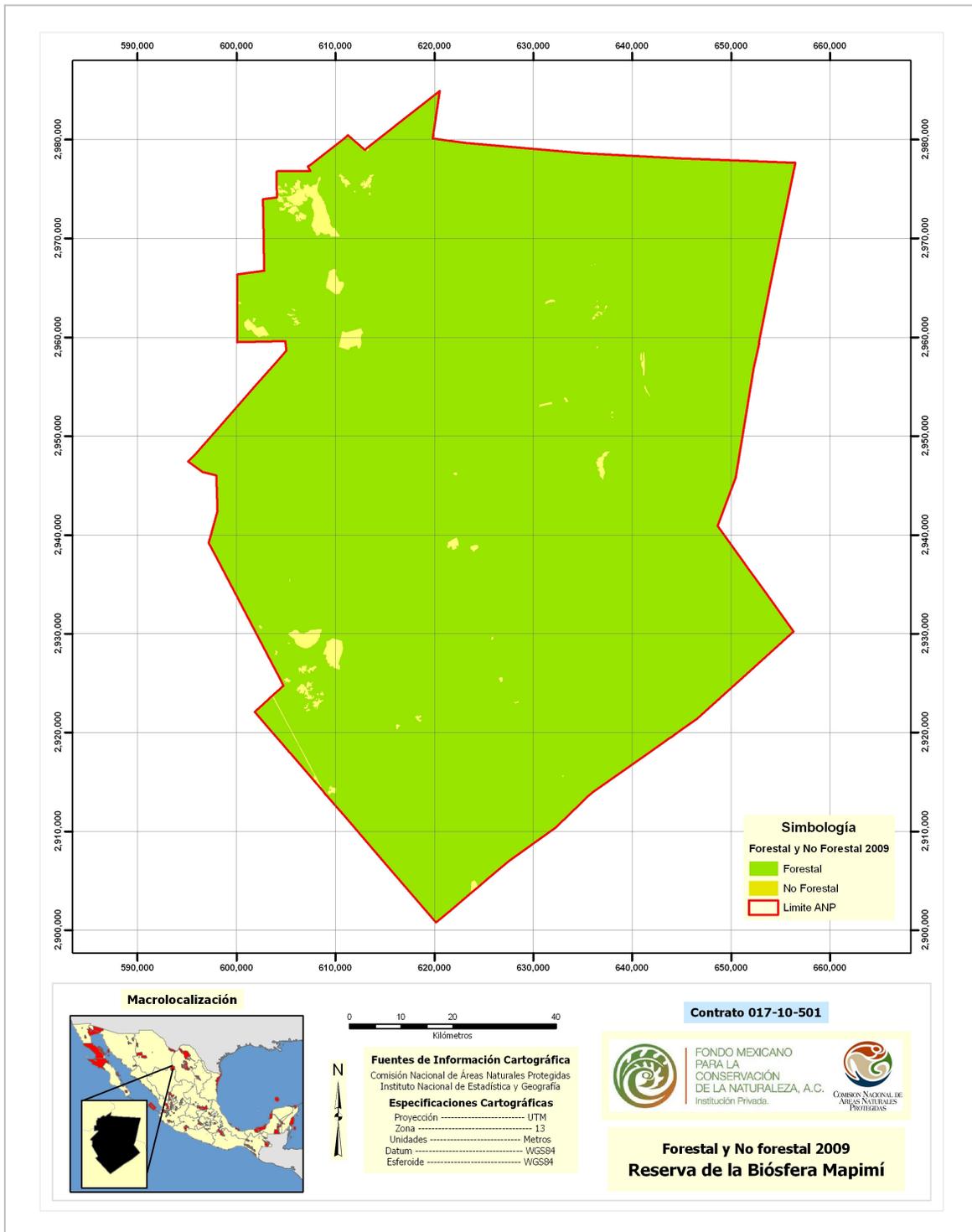


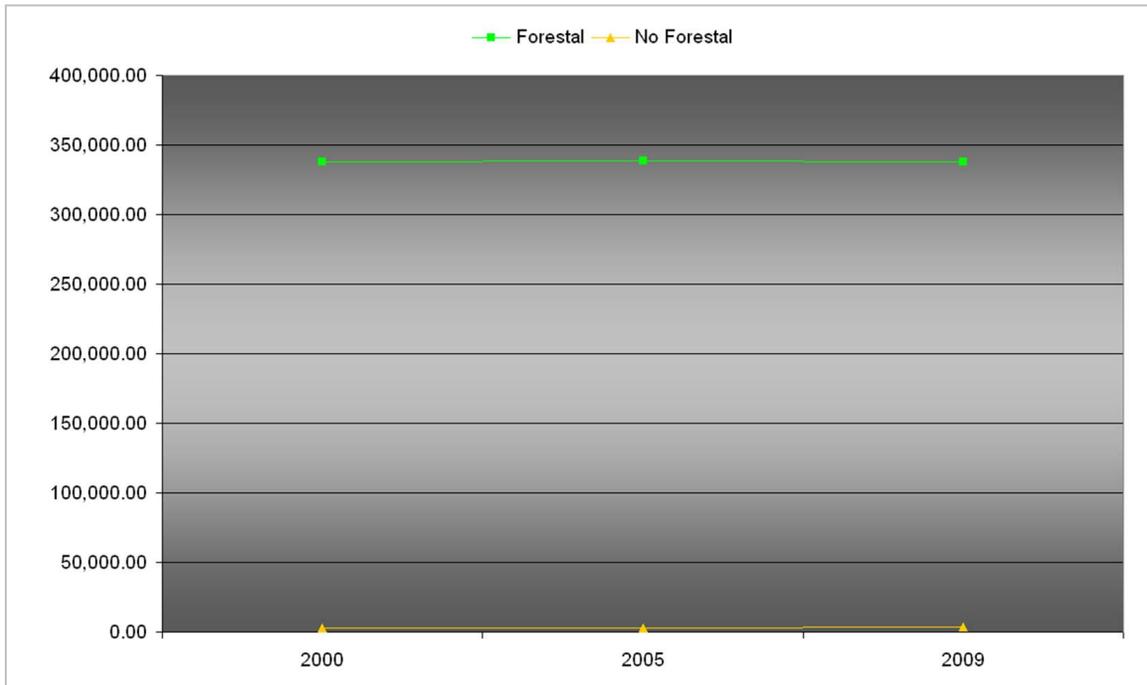
Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal años 2009

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 9. En la figura se observa que en 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	337, 950	2, 860
2005	338, 415	3, 209
2009	338, 004	3, 573

Figura 9. 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, 2004, 2007 (Fig. 10, 11 y 12).

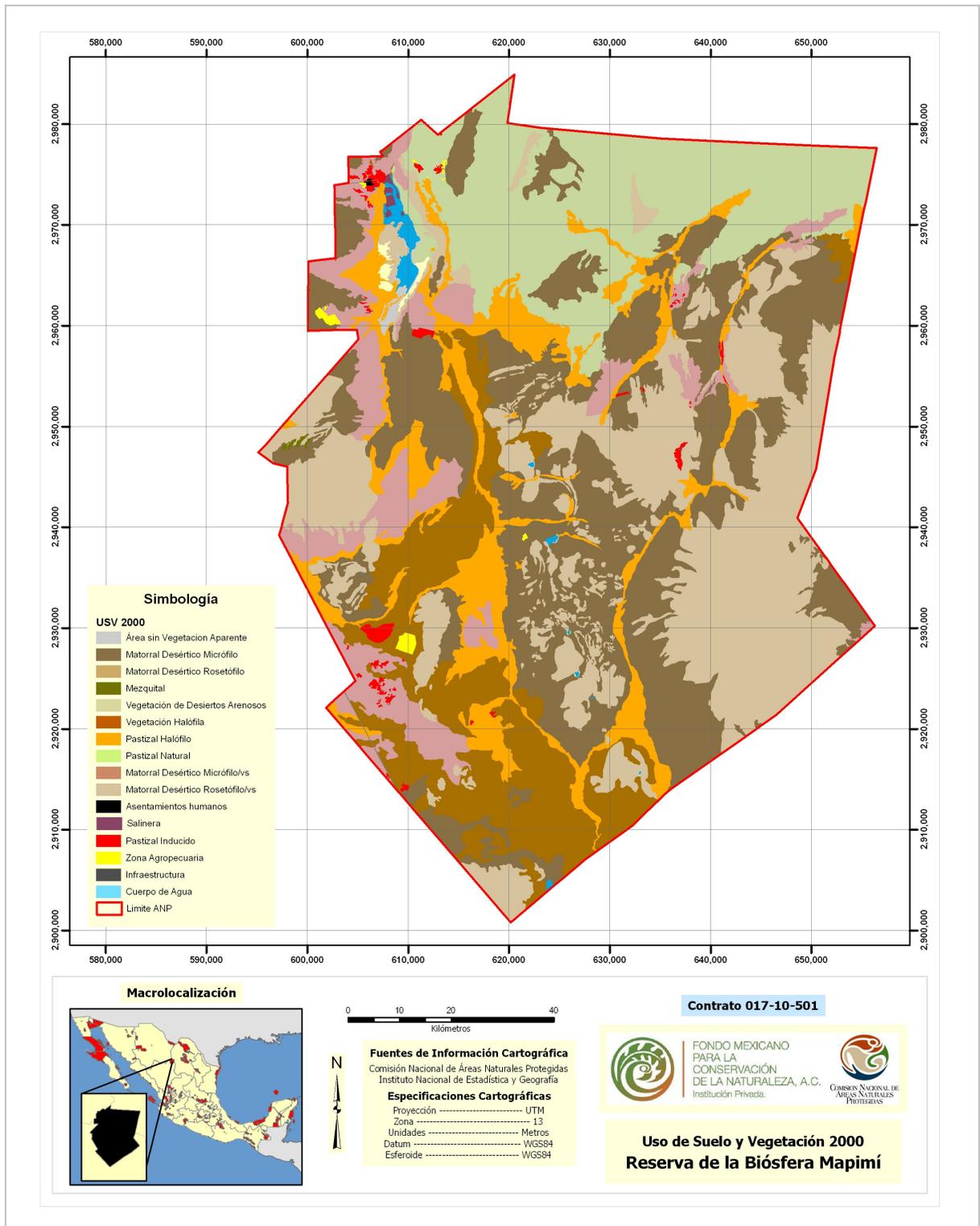


Figura 10- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

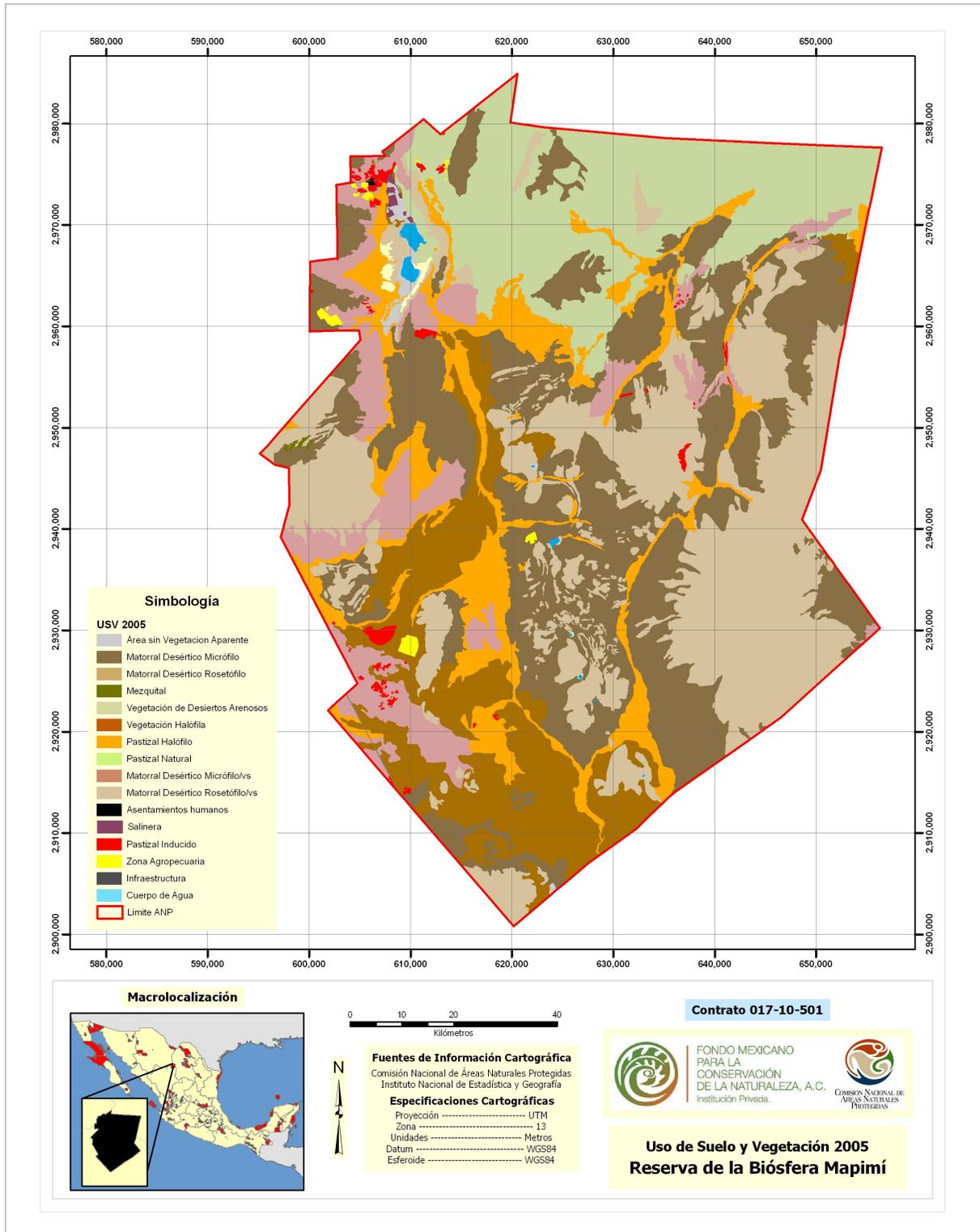


Figura 11.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2005

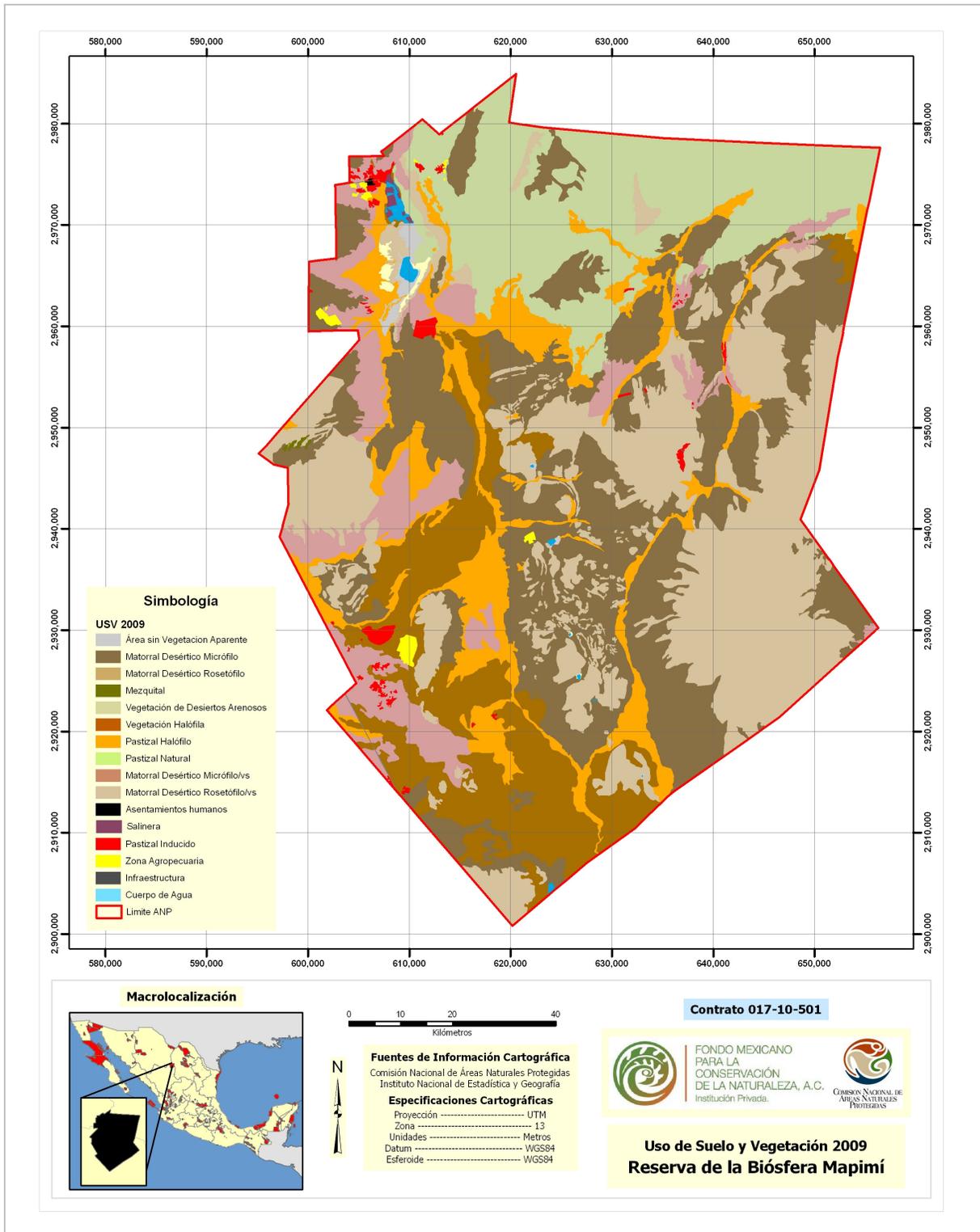


Figura 12.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2009

### **Áreas de Cambio**

Con la elaboración de matrices de cambio se obtuvo la superficie transformada de entre 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 13).

#### **Matriz de Cambio 2000 - 2005**

La tabla (5) muestra los cambios ocurridos entre el periodo 2000-2005, se aprecia que en toda al área las transformaciones que se presentan son por deforestación, perturbación, revegetación y cambios en el nivel de los cuerpos de agua.

Las clases que presentaron deforestación son cuatro, en todos los casos hubo prácticas de desmonte para la práctica agrícola y por la presencia de pastizal inducido. La clase que más superficie perdió es matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria con una superficie de 299 Ha, seguida de la clase matorral desértico micrófilo que perdió 72 Ha, mientras que el pastizal halófilo vio disminuida su superficie 53 Ha.

La perturbación se presentó únicamente en la clase matorral desértico micrófilo la cual perdió 68 hectáreas. En cuanto a la revegetación tenemos 3 hectáreas que pasaron de la clase pastizal inducido hacia matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria. Asimismo, los cambios en el nivel de los cuerpos de agua afectaron sobre todo a la clase área sin vegetación aparente con 33 hectáreas. Finalmente se tiene el valor de 18 hectáreas que en este periodo presentan rotación de área agrícola hacia la clase pastizal inducido.

#### **Matriz de Cambio 2005 - 2009**

Durante este periodo los cambios prácticamente se presentan como deforestación, siendo la clase matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria la que más fue afectada perdiendo 232 Ha, seguida de la vegetación

halófila con 116 Ha. perdidas. En ambos casos las superficies fueron transformadas en área con uso agrícola y pecuario (Tabla 6). También sufrieron perdida forestal, aunque en menor intensidad, las clases matorral desértico micrófilo (2 Ha.), pastizal halófilo (10 Ha.) y vegetación de desiertos arenosos (14 Ha.).

Por su parte los cambios en el nivel de los cuerpos de agua se presentan con 450 hectáreas afectando sobre todo a la clase área sin vegetación aparente. Mientras que 11 hectáreas de pastizal inducido presentaron revegetación, pasando a la clase matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria. Finalmente se presento rotación de 5 hectáreas con pastizal inducido hacia área agrícola.



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

	Área sin Vegetación Aparente	Matorral Desértico Microfílo	Matorral Desértico Rosetófilo	Mezquital	Pastizal Halófilo	Pastizal Natural	Vegetación de Desiertos Arenosos	Vegetación Halofila	Matorral Desértico Microfílo/vs	Matorral Desértico Rosetófilo/vs	Area Agrícola	Asentamientos humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Salinera	Cuerpo de Agua	Total 2005
Matriz de Cambio Mapimi: 2005-2009	816	93,920	87,269	152	34,592	23	53,058	40,841	26,271	649	821	41	112	1,917	301	363	1,265
Área sin Vegetación Aparente																	449
Matorral Desértico Microfílo											2						93,921
Matorral Desértico Rosetófilo																	87,269
Mezquital																	152
Pastizal Halófilo																	34,602
Pastizal Natural																	23
Vegetación de Desiertos Arenosos											0						53,072
Vegetación Halofila											115						40,958
Matorral Desértico Microfílo/vs											14						26,503
Matorral Desértico Rosetófilo/vs																	649
Área Agrícola																	821
Asentamientos humanos																	41
Infraestructura																	112
Pastizal Inducido																	1,917
Salinera																	301
Cuerpo de Agua																	363
	400										0					3	766

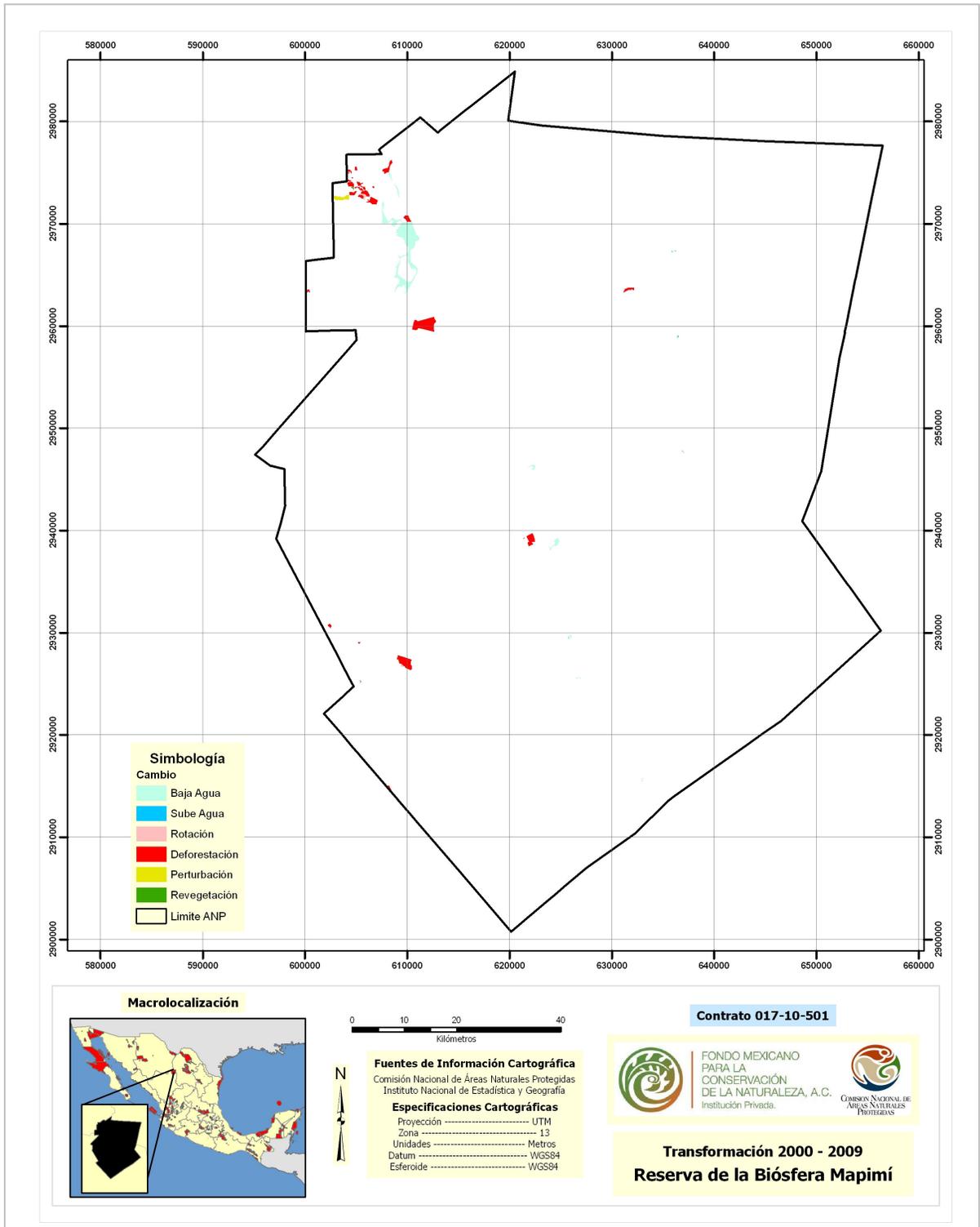


Figura 13.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2009

Durante el periodo 2000-2005, los cambios se deben principalmente a variaciones en el nivel que presentan los cuerpos de agua, siendo los tipos de vegetación más afectados, las áreas sin vegetación aparente con 647 hectáreas, y la vegetación halófila con 105 hectáreas. Por su parte las áreas agrícolas impactan directamente al matorral desértico micrófilo y al matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria, los cuales en conjunto perdieron 163 hectáreas durante el periodo 2000-2005. Finalmente los pastizales inducidos afectaron principalmente a las clases pastizal halófilo y matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria perdiendo éstas 53 y 97 hectáreas respectivamente. En total durante este periodo se transformaron 465 hectáreas (tabla 7).

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

Matriz de Cambio Mapimí 2000-2005	Área Agrícola	Asentamientos humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Salinera	Cuerpo de Agua
Área sin Vegetación Aparente						647
Matorral Desértico Micrófilo	-64			-8		
Matorral Desértico Rosetófilo						
Mezquital						
Pastizal Halófilo				-53		9
Pastizal Natural						8
Vegetación de Desiertos Arenosos						
Vegetación Halofila				-1		105
Matorral Desértico Micrófilo/vs	-98			-97		
Matorral Desértico Rosetófilo/vs						19
Subtotal	-163	0	0	-160	0	787
Total de cambio en el periodo HA	465					
Total por año HA	93					

Para el periodo comprendido del año 2005 a 2009, los pastizales inducidos son los que aumentaron su superficie en mayor medida, siendo el matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria el que resulto más afectado ya que perdió 207 hectáreas, le sigue en importancia la vegetación de desiertos arenosos con una pérdida de 14 Ha. y el pastizal halófilo con 10 Ha. Asimismo las áreas agrícolas impactaron directamente sobre la vegetación halófila misma que perdió una superficie de 115 hectáreas durante el periodo, le sigue en importancia el matorral desértico micrófilo con vegetación secundaria el cual perdió 14 hectáreas. En total el cambio durante este periodo fue de 411 hectáreas (tabla 8).

Tabla 8.- Superficie Forestal afectada por No forestal en el periodo 2004-2007

Matriz de Cambio Mapimí 2005-2009	Área Agrícola	Asentamientos humanos	Infraestructura	Pastizal Inducido	Salinera	Cuerpo de Agua
Área sin Vegetación Aparente						-48
Matorral Desértico Micrófilo	-2					
Matorral Desértico Rosetófilo						
Mezquital						
Pastizal Halófilo				-10		
Pastizal Natural						
Vegetación de Desiertos Arenosos	0			-14		
Vegetación Halofila	-115			-1		
Matorral Desértico Micrófilo/vs	-14			-207		
Matorral Desértico Rosetófilo/vs						
Subtotal	-130	0	0	-232	0	-48
Total de cambio en el periodo HA	-411					
Total por año HA	-103					

**Tasa de Transformación del Hábitat.**

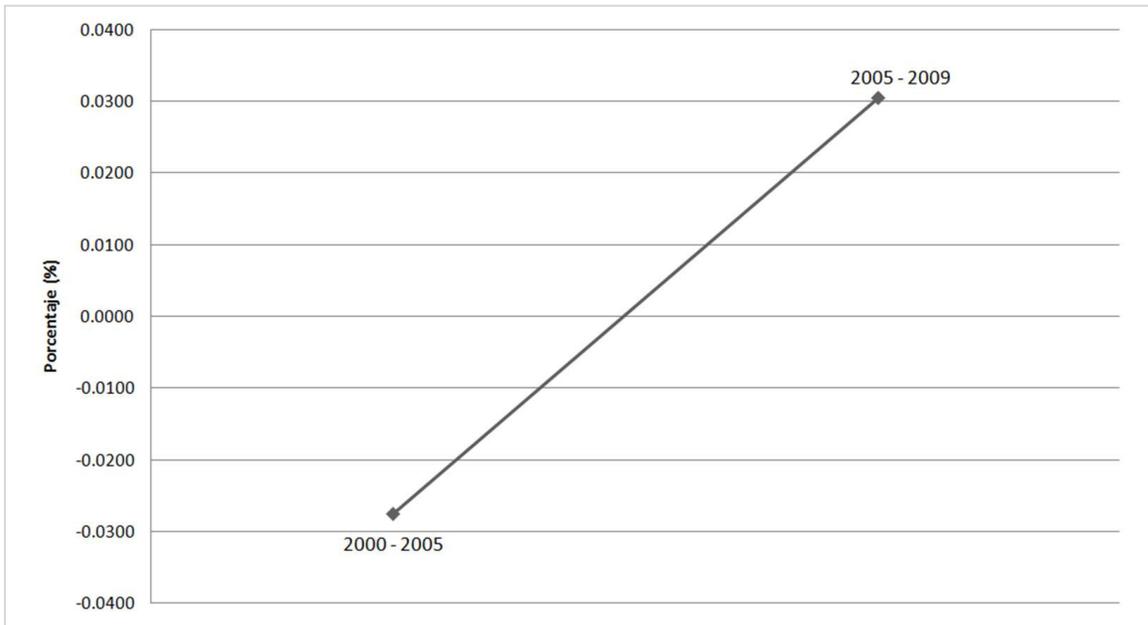
La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2009 para la reserva de la biosfera Mapimí es de -0.0017 que corresponde a una superficie de 53.84 hectáreas (tabla 9). Para el periodo 2000 – 2005, hubo un cambio de 464.80 hectáreas, que corresponde a una tasa del -0.0275. Mientras que para el periodo 2005 – 2009 fueron modificadas 410 hectáreas con una tasa de transformación de 0.0304.

Tabla 9.- Tasa de transformación del hábitat

Período	s1	s2	Cambio(HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio
2000-2005	337,950.14	338,414.94	464.80	5	-0.000275	-0.027492
2005-2009	338,414.94	338,003.98	-410.96	4	0.000304	0.030373
2000-2009	337,950.14	338,003.98	53.84	9	-0.000018	-0.001770

En la gráfica (fig. 14) se muestra como ha sido el comportamiento de los valores durante el periodo de estudio. Los valores por debajo de cero indican que existió cierta recuperación.

Figura 14.- Tasa de transformación de la Reserva de la Biosfera Mapimí



## 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 tiene que la reserva de la Biósfera Mapimí tiene una tasa de transformación de -0.001770%, casi imperceptible. Durante un periodo de 9 años obtuvo 53.8 hectáreas.

En términos generales la cobertura forestal para el periodo tiene un ligero aumento ya que pasa de 98.70% a 98.72%, mientras que la cobertura No forestal en su conjunto tiene un aumento de 0.20%. Durante este periodo la reserva tuvo cambios en el nivel de los cuerpos de agua, esto modificó la superficie que esta clase ocupó con 1580 hectáreas (0.46%) en el año 2000, a tan sólo 813 hectáreas (0.24%) en el año 2009.

En la Reserva de la Biósfera Mapimí (RBM), de acuerdo con el Programa de Manejo se cuenta con 9 zonas de manejo (entre Protección, Uso Restringido, Aprovechamiento Especial, Uso Público, Asentamientos Humanos y Aprovechamiento Sustentable de los Recursos Naturales) por lo que el proceso de deforestación observado en los datos obtenidos en este trabajo, pudiera pertenecer a actividades de manejo.

Se concluye que es necesario darle seguimiento a la determinación de la tasa de transformación en la reserva y comparar los datos con información sobre las actividades de manejo, lo que permitiría en un futuro establecer una posible relación entre ambas.

## ***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, 2006. Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biósfera Mapimí Primera edición. México. 179pp.

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.

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

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

García, E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. 2ª. Edición. México, UNAM.

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

Moreno García, Cesar; 2009. Estudio sobre el Cambio de Uso del Suelo en la Reserva de la Biósfera de Mapimí 2000-2007. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Región Noreste y Sierra Madre Oriental. México. 60 pags.

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

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>