



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”

Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas



Área de Protección de Flora y Fauna
CUATROCIÉNEGAS

Nombre del Consultor:

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

Periodo del Reporte:

01 al 30 de Junio 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



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

“SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2010.

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

Índice

<i>Introducción</i>	4
<i>Antecedentes</i>	7
<i>Objetivo</i>	10
<i>Área de Estudio</i>	10
<i>Material</i>	14
Polígono oficial	14
Imágenes de satélite	14
Modelo Digital de Elevación (MDE)	15
<i>Metodología</i>	17
Rectificación de imágenes de satélite	17
Clasificación de imágenes de satélite	22
Áreas de cambio	24
Tasa de Transformación	26
<i>Resultados</i>	27
Imágenes de satélite	27
Uso del Suelo y Vegetación	31
Áreas de Cambio	40
Matriz de Cambio 2000 - 2005	40
Matriz de Cambio 2005 - 2009	40
Tasa de Transformación del Hábitat.	45
<i>Conclusiones</i>	46
<i>Bibliografía</i>	47

Introducción

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

En la actualidad son 174 áreas naturales de carácter federal que cubren una superficie de 25, 511, 016.55 Ha (13% del territorio nacional). Las ANP, son el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

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

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

Durante el año 1998 el Global Environment Facility (GEF) evaluó un grupo de fondos ambientales a nivel mundial como parte de un estudio sobre el éxito de fondos patrimoniales en medio ambiente. Los resultados de este análisis abrieron las puertas para un segundo donativo entre 1999 y 2002. El primer donativo pasó a ser conocido como SINAP 1 y el segundo como SINAP 2, ya que ambos proyectos apoyan al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El FANP cuenta con un sistema de monitoreo diseñado en 1999, que ha permitido evaluar los avances anuales con base en cuatro indicadores generales del proyecto, así como indicadores de cada área protegida (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 (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 Cuatrociénegas**
- 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 el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila, El Valle de Cuatrociénegas es considerado el humedal más importante dentro del Desierto Chihuahuense y uno de los humedales más importantes en México. En este valle subsisten una gran cantidad de especies endémicas, arroyos permanentes y áreas inundadas donde se concentra el agua de los manantiales, conocida localmente como lagunas.

Además cuenta con otros recursos relevantes, como son los afloramientos de yeso, que en algunas partes se presentan como campos de dunas, las cuales son las segundas en extensión en América donde se localizan algunas especies gypsófilas endémicas del sitio.

El antecedente más reciente en cuanto a trabajos que tienen que ver con la caracterización del uso del suelo y la vegetación en el APFF Cuatrociénegas, es el trabajo desarrollado por la asociación civil MESOMAYA, en el año 2007. En él se analizó la cobertura de uso del suelo y vegetación para el APFF Cuatrociénegas, en dos periodos recientes utilizando para ello imágenes de satélite SPOT, y fotografía aérea digital.

Objetivo

- Determinar la tasa de transformación del hábitat para el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila, durante el periodo 2000 - 2009.

Área de Estudio

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, con una superficie de 84,347-47-00 ha, está ubicada en la parte central del estado de Coahuila, a 80 km al oeste de la ciudad de Monclova. Se localiza entre las coordenadas 26° 45' 00" y 27° 00' 00" Latitud Norte; 101° 48' 49" y 102° 17' 53" Longitud Oeste. Es parte del municipio de Cuatrociénegas de Carranza, Coahuila. (Figura 1).

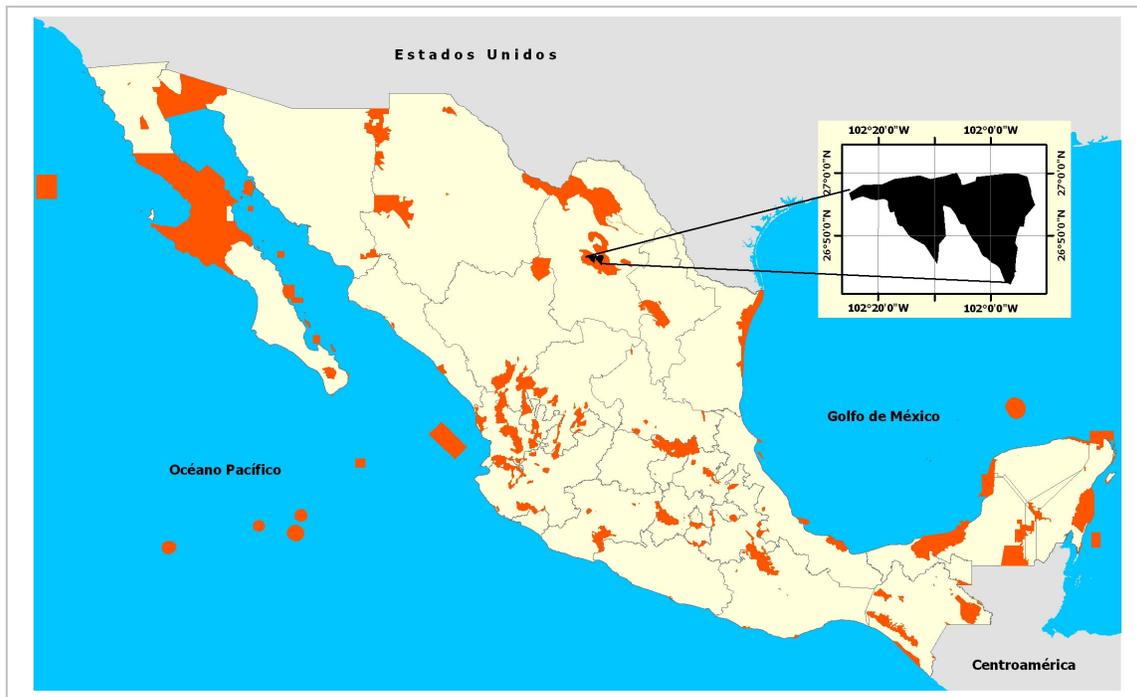


Figura 1. Localización del APFyF Cuatrociénegas

Fisiográficamente forma parte de la Provincia de la Sierra Madre Oriental y dentro de esta a la Subprovincia denominada Sierras y Llanuras Coahuilenses. En esta Subprovincia predominan sierras de roca caliza de origen Mesozoico y de origen sedimentario marino, que fueron sometidas a esfuerzos corticales de tensión y compresión, y dieron origen a levantamientos serranos abruptos compuestos de rocas calizas, que se alternan con valles intermontanos orientadas de noroeste a sureste, en su mayoría escarpadas y más bien pequeñas. Sus ejes estructurales están bien definidos y se presentan especialmente en el sur anticlinales alargados con los lomos erosionados.

En los terrenos de las extensas llanuras al oeste del estado de Coahuila y algunas en la parte central, se presentan climas muy secos, semicálidos, con lluvias predominantemente en verano con temperaturas altas e inviernos frescos. El INEGI (1988), considera para esta región un clima muy seco semicálido, con muy bajo porcentaje de lluvias invernales. Se caracteriza por una fuerte variación en su temperatura, las escasas precipitaciones pluviales que predominan anualmente varían entre 100 y 440 mm, se presentan en su gran mayoría en verano, manifestándose en escasos aguaceros y es relativamente común la condición de sequía. La media mensual más alta llega a rebasar los 30 °C, y la mínima es menor a los 12 °C.

El Valle de Cuatrociénegas es parte de la Región Hidrológica Bravo-Conchos, dentro de la Cuenca Presa Falcón-Río Salado, correspondiendo a la Subcuenca Río Salado-Nadadores. Así mismo, el Valle se encuentra dentro de la zona geohidrológica llamada Cuatrociénegas-San Miguel, en la cual se han identificado dos fuentes de agua subterráneas. En el valle existen numerosos cuerpos de agua conocidos localmente como pozas, los cuales brotan de manantiales, sus diámetros van desde menos de un metro hasta más de cien, las profundidades de los mismos van desde 50 centímetros hasta 18 metros. La mayor parte de los manantiales se ubican en las faldas de la Sierra de San Marcos y Pinos, formando alrededor de 200 pozas dentro del valle.

En la Subprovincia de las Sierras y Llanuras Coahuilenses, dominan los litosoles, de color pardo y textura media, asociados a otros suelos (rendzinas) más profundos y oscuros que subyacen a material calcáreo y se ubican en las regiones más altas. También se encuentran a los litosoles asociados con regosoles calcáreos. En las bajadas de algunas sierras como La Madera, dominan xerosoles de textura media y le siguen en dominancia el regosol calcáreo. Las llanuras del sur de la Subprovincia, frecuentemente tienen pisos rocosos, en estas dominan los xerosoles háplicos y cálcicos limitados por fases líticas y petrocálcicas que ocasionalmente cuentan con superficies gravosas o pedregosas. En las sierras que rodean el ÁPFF, predominan los suelos rocosos de tipo litosol, suelos someros con profundidades de 5 a 10 cm. Por su origen, los suelos en su mayoría presentan gran cantidad de sales disueltas del tipo carbonatos, sulfatos y yesos.

El Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, está en el límite entre dos Provincias Geológicas, el Golfo de Sabinas y la Plataforma de Coahuila, donde la Sierra de La Fragua sirve como parteaguas. El Valle está rodeado por altas montañas, resultado de plegamientos, algunos de ellos, especialmente la Sierra de San Marcos y Pinos, presenta una gran cantidad de fracturas que posiblemente sean las que permitan la recarga de los manantiales. El agua de la lluvia atraviesa la formación La Peña hasta llegar a la formación Cupido, existen fracturas en el material arcilloso que permitan que el agua tienda a salir.

La vegetación se encuentra repartida entre pastizal halófilo y vegetación acuática en el piso de la cuenca; en las dunas de yeso se albergan especies endémicas de plantas gypsófilas, también matorral xerófilo y matorral submontano en las partes más elevadas. Por efecto de su clima y suelos, presenta al igual que la mayor parte del estado asociaciones vegetales características del desierto Chihuahuense, las cuales se describen a continuación:

Matorral desértico rosetófilo. Se localiza en las partes bajas de la sierra y hasta una altitud de 1,100 msnm. Se caracteriza por diferentes especies de agaves, como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), yucas (*Yucca* spp.), sotoles (*Dasyliirion* spp.), además de ocotillo (*Fouqueria splendens*), sangre de drago (*Jatropha dioica*) y candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*).

Matorral desértico micrófilo. Se presenta principalmente en las bajadas de la sierra. Las especies que lo caracterizan son: gobernadora (*Larrea tridentata*), ocotillo (*Fouqueria splendens*), nopal (*Opuntia bradtiana*), sangre de drago (*Jatropha dioica*), (*Koeberlinia spinosa*), mezquite (*Prosopis glandulosa*) y huizache (*Acacia greggii*).

Matorral desértico de transición. Conforman una banda estrecha entre el matorral desértico micrófilo y el pastizal halófilo. Las especies más abundantes son: huizache (*Acacia greggii*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), saladillo (*Suaeda mexicana*), (*Allenrolfea occidentalis*), rodadora (*Salsola iberica*) y algunos zacates como *Atriplex canescens* y *Sporobolus* sp. Es importante mencionar que dentro de éstos tipos de vegetación se encuentra una gran abundancia de cactáceas.

Vegetación halófila. Estos tipos de vegetación están formados por un conjunto de hierbas, generalmente bajos de hojas pequeñas y carnosas, con alturas menores de un metro, asociadas en muchas ocasiones con especies características del pastizal halófito; resistentes a suelos con gran concentración de sales y mal drenaje. Dominan las especies de gramíneas, principalmente *Distichlis spicata*, *Clappia suaedaefolia*, *Suaeda mexicana*, *Sporobolus airoides* y *Quenopodial*; en el que predominan *Salicornia* sp., *Atriplex canescens*, *Cynodon dactylon* y *Atriplex acanthocarpa*, el mezquite (*Prosopis glandulosa*) suele estar presente en cualquiera de los dos tipos de vegetación.

Vegetación gypsófila. Se localiza al suroeste del valle, en los alrededores del sistema fluvial Churince. Las especies más comunes son: yuca (*Yucca*

treculeana), mezquite (*Prosopis glandulosa*), sotol (*Dasyllirion palmeri*), nopal (*Opuntia spp.*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), efedra (*Ephedra trifurca* y *Sedum sp.*) y algunas especies de compuestas.

Vegetación acuática y semiacuática. Distribuida ampliamente en el valle asociada a cuerpos de agua, alrededor de la Sierra de San Marcos y Pinos. Compuesta principalmente por *Nymphaea ampla* y spp. En las orillas de los ríos, lagunas, pozas y manantiales son comunes los tules (*Typha dominguensis*), y otras especies como *Eleocharis sp.* y *Juncus torreyi*.

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

Material

Polígono oficial

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

Imágenes de satélite

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

Tabla 1.- Cubrimiento de Imágenes Landsat ETM para la Reserva de la Biosfera El Triunfo

Satélite	Path	Row	Fecha	Resolución (metros)	Número de bandas
ETM	29	41	04-abr-2000	30	6
				15	1

Se tomó como base el polígono del ANP Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, 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 5 imágenes fueron solicitadas y utilizadas para el cubrimiento completo del área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2.- Imágenes de satélite SPOT para el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT	578	296	02-dic-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	579	296	30-jun-05	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	578	296	24-dic-08	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	579	297	25-ene-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	579	296	07-abr-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A

Modelo Digital de Elevación (MDE)

La figura 2 muestra el modelo sombreado para el área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas. El modelo se elaboró a partir del Modelo Digital de Elevación de INEGI.

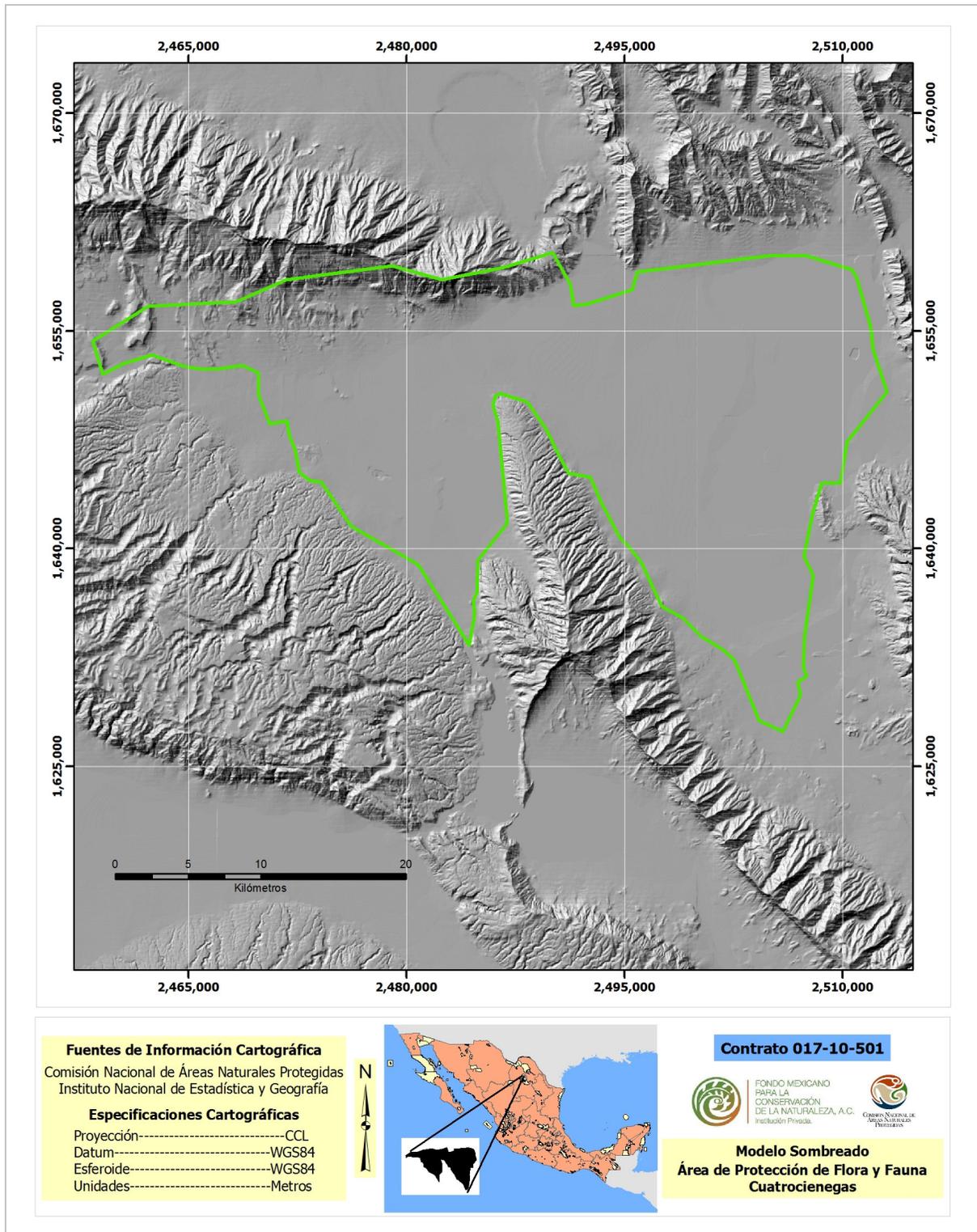


Figura 2.- Modelo Sombreado INEGI, 1:50,000

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 manejarán únicamente como “Área agrícola” y “Pastizal”, asimismo se incluyen las categorías “Asentamiento humano”, “Infraestructura” “Área arqueológica”, “Área Roturada” y “Preson”. Finalmente se adicionó para los casos de vegetación primaria (bosque y selva), la vegetación de tipo secundario.

Las clases utilizadas en la leyenda (figura 3) presentan 7 tipos de vegetación primaria, 2 tipos de vegetación y asociada a vegetación secundaria, 7 tipos de uso del suelo, en donde se incluyen las áreas roturadas, los presones y, a los cuerpos de agua. Las diferentes clases se describen a continuación:

LEYENDA
Área Sin Vegetación Aparente
Matorral Crasicaule
Matorral Desértico Micrófilo
Matorral Desértico Rosetófilo
Matorral Submontano
Mezquital Xerófilo
Mezquital Xerófilo/vs
Pastizal Halófilo
Vegetación Halófila
Vegetación Halófila/vs
Área Agrícola
Pastizal
Área Roturada
Asentamientos Humanos
Infraestructura
Preson
Cuerpo de Agua

Figura 3. 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.

Matorral Crasicaule.- Tipo de vegetación dominada fisiológicamente por cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos que se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país.

Algunas especies son: *Opuntia streptacantha* (nopal cardón), *O. Robusta*, *O. Leucotricha*, *O. Cantabrigiensis*, *O. Tomentosa*, *O. Violacea*, *O. Imbricata* (xoconoxtle), *Myrtillocactus geometrizans* (garambullo), *Cephalocereus senilis* (viejito), *Carnegia gigantea* (sahuaro), *Pachycereus* spp. (cardón), *Neobuxbaumia tetetzo* (teteche), *Stenocereus* spp. (organos, cardón).

Matorral Desértico Micrófilo.- Vegetación arbustiva que generalmente presenta ramificaciones desde la base del tallo, cerca de la superficie del suelo y

con composición, densidad y altura variable, pero casi siempre inferior a 4 m. Se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del país.

Especies representativas: *Larrea tridentata* (Gobernadora), *Flourensia cernua* (Hojasén), *Ambrosia dumosa* (Hierba del Burro), *Prosopis* spp. (Mezquites), *Acacia vernicosa* (Chaparro prieto), *Franseria dumosa* (Hierba del burro), *Mimosa* spp (Uña de gato), *Yucca filifera* (Palma china), etc.

Matorral Desértico Rosetófilo.- Matorral dominado por especies con hojas en roseta, con o sin espinas, sin tallo aparente o bien desarrollado. Se encuentra generalmente sobre xerosoles de laderas de cerros de origen sedimentarios, en las partes altas de los abanicos aluviales o sobre conglomerados en casi todas las zonas áridas y semiáridas del centro, norte y noroeste del país.

Especies representativas: *Agave lechuguilla* (lechuguilla), *Euphorbia antisyphilitica* (candelilla), *Parthenium argentatum* (guayule), *Yucca carnerosana* (palma samandoca), etc.

Matorral Submontano.- Comunidad arbustiva a veces muy densa, formada por especies inermes o a veces espinosas, caducifolias por un breve período del año; se desarrolla entre los matorrales áridos y los bosques de encino y selva baja caducifolia a altitudes de 1500-1700 m, principalmente en laderas bajas de ambas vertientes de la Sierra Madre Oriental, desde Querétaro e Hidalgo hacia el norte, penetrando más allá de la frontera política con los E. U. A.

Especies representativas: *Helietta parvifolia* (barreta), *Neopringlea integrifolia* (corva de gallina), *Cordia boissieri* (anacahuita), *Pithecelobium pallens* (tenaza), *Acacia rigidula* (gavia), *Gochnatia hypoleuca* (ocotillo, olivo), *Karwinskia* spp. (coyotillo, tullidota), *Fraxinus greggi*, *Acacia berlandieri* (guajillo), *Amyris* spp. (limoncillo), *Capparis incana* (vara blanca), *Rhus virens* (lantrisco), *Flourensia laurifolia*, *Zanthoxylum fagara*, *Mimosa leucaneoides*, *Mortonia greggi* (afinador), etc.

Mezquital Xerófilo.- Comunidad vegetal formada por árboles bajos espinosos de mezquites. Se distribuye ampliamente en las zonas semiáridas, principalmente sobre terrenos aluviales profundos, a veces con deficiencia de drenaje. Es común que esta especie se encuentre mezclada con huizaches, palo fierro, palo verde, etc. A veces aparenta ser una comunidad secundaria.

Especies representativas: *Prosopis* spp. (mezquites), *Acacia* spp. (Huizache), *Olneya tesota* (Palo fierro), *Cercidium* spp (Palo verde, Brea).

Pastizal Halófilo.- Comunidad de gramíneas que se desarrolla sobre suelos salinos-sódicos, independientemente el clima; es frecuente en el fondo de las cuencas cerradas de zonas áridas y cerca de las costas.

Especies representativas: *Distichlis spicata* (zacate salado), *Eragrostis obtusiflora* (zacate jihuite), *Spartina spartinae* (zacate espinilla), *Hilaria mutica* (zacate tobozo, sabaneta).

Vegetación Halófila.- La constituyen comunidades vegetales arbustivas o herbáceas que se caracterizan por desarrollarse sobre suelos con alto contenido de sales, en partes bajas de cuencas cerradas de las zonas áridas y semiáridas, cerca de lagunas costeras, en áreas de marismas, etc. Se incluyen en ésta categoría comunidades de gipsófilas, ya que frecuentemente están asociadas. Vegetación arbustiva o herbácea –no con gramíneas- desarrolladas sobre suelos con alto contenido de sales, en zonas áridas o semiáridas.

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.

Área Roturada.- Áreas en donde se utilizó maquinaria para abrir y usarse en alguna actividad, pueden o no existir actividad actualmente.

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

Infraestructura.- Área ocupada por vías de comunicación, zonas industriales, aeropuertos, etc.

Preson.- Contenedores de agua característicos de las áreas desérticas al norte del país.

Rectificación de imágenes de satélite

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

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

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

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

Clasificación de imágenes de satélite

Una vez rectificadas geoméricamente las imágenes multiespectrales se realiza un falso color RGB 1,2,3 (verde, rojo e infrarrojo) resaltando en rojo la vegetación existente, esto permite una mejor evaluación visual de la imagen y su posterior interpretación visual. La observación de las cubiertas vegetales puede apoyarse en el gran contraste cromático que presenta la vegetación vigorosa entre las distintas bandas del espectro, y singularmente entre el visible (alta absorción, baja reflectividad) y el IRC (alta reflectividad) (Hutchinson, 1982; Travaglia, 1990). Por otra parte, se tomaron como base para establecer los campos de entrenamiento correspondientes a las firmas espectrales, el Inventario Forestal Nacional 2000-2001, escala 1:250,000 y la cobertura de Uso de Suelo y Vegetación INEGI Serie III, además de la base con los límites del área de estudio.

La firma espectral se define como un patrón de respuesta característico de los elementos de la superficie terrestre, resultado de su interacción con la energía electromagnética. La base de una clasificación es encontrar áreas del espectro electromagnético en las cuales la naturaleza de esta interacción sea diferente para los materiales dentro de la imagen (Hutchinson, 1982). Las firmas espectrales son verificadas a través de un método gráfico denominado “diagrama de firmas” donde el valor medio de la reflectancia de la respuesta espectral de cada firma es graficado para todas las bandas.

Una vez definidas y evaluadas las firmas espectrales con base a la leyenda de trabajo, se ordenaron los píxeles de la imagen en distintos valores de clases,

usando una regla de decisión a través de una clasificación supervisada. El algoritmo matemático utilizado, es el de Máxima Probabilidad, el cual se basa en la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase particular, a partir de su medias y varianza – covarianza (Bartolucci, 1979; UNIGIS, 2002). La ecuación asume que estas probabilidades son iguales para todas las clases y que las bandas de entrada tienen distribuciones normales.

De la clasificación se obtiene el porcentaje por clase, con la finalidad de establecer a cada categoría la probabilidad indirecta equivalente a la superficie que ocupa en el área de estudio. A través de una variante de la regla de decisión de la máxima probabilidad que se conoce como regla de decisión Bayesiana (Teoría de Probabilidad Bayesiana), este método asemeja la distribución real de los niveles digitales en esa categoría, por lo que nos permite calcular la probabilidad de que un píxel (con un determinado nivel digital) sea miembro de ella (Chuvieco, 2000; Eastman, 1999). El cálculo se realiza para todas las categorías que intervienen en la clasificación, asignando el píxel a 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 cartografiable de 2 mm² a 10,000 metros cuadrados para una escala de 1:50,000.

El tratamiento digital permite realizar operaciones complejas o inaccesibles al análisis visual, sin embargo el análisis visual es una alternativa para modificar la cartografía generada a partir de un análisis digital, identificando clases heterogéneas. Auxiliando la clasificación digital, aislando sectores de potencial confusión sobre la imagen, o estratificando algunos sectores de la imagen para aplicarles tratamientos específicos.

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

Áreas de cambio

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

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

El cruce de los mapas se realizará en Arcinfo. Del mapa de cambio se exporta la base de datos a un archivo *.dbf del cual se obtendrán datos de superficie total por categoría y la diferencia de superficie entre clases de una fecha a otra. De acuerdo con Ramírez y Zubieta (2005), se maneja la siguiente matriz de

que incluye la reagrupación de categorías de acuerdo al tipo de transformación al que hayan sido sometidos dentro del periodo:

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

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

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

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

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

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

Vegetación conservada sin cambio.

Vegetación perturbada sin cambio.

Usos agropecuarios sin cambio.

Otras cubiertas sin cambio.

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

- Deforestación
- 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
- 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

La extensión del área natural se encuentra ocupando 2 zonas UTM (zonas 13 y 14) debido a esto, no es posible proyectar las imágenes en la proyección utm, así que a éstas les fue asignada la proyección Cónica Conforme Lambert (LCC), y su Datum y Esferoide como WGS84.

La imagen Landsat ETM del año 2000, se trabajo con distintas combinaciones que permitieron identificar los diferentes elementos que conforman el área de la Reserva. La figura 3 muestra una combinación 4 3 2, en la cual se aprecian en tonos de verde las coberturas forestales como matorrales, así como las áreas con actividad agrícola y, en colores cyan hacia el blanco las áreas con suelo desnudo.

Por su parte en las imágenes SPOT de los años 2005 y 2009 el falso color es RGB de las bandas 1, 2, 3 y corresponde al rojo, verde e infrarrojo cercano respectivamente. En diferentes tonos de verde la imagen muestra las áreas con matorrales, en tonos de azul encontramos los cuerpos de agua, áreas urbanas y áreas desprovistas de vegetación en tonos blancos al igual que las áreas de cultivo. (Figura 4 y 5).

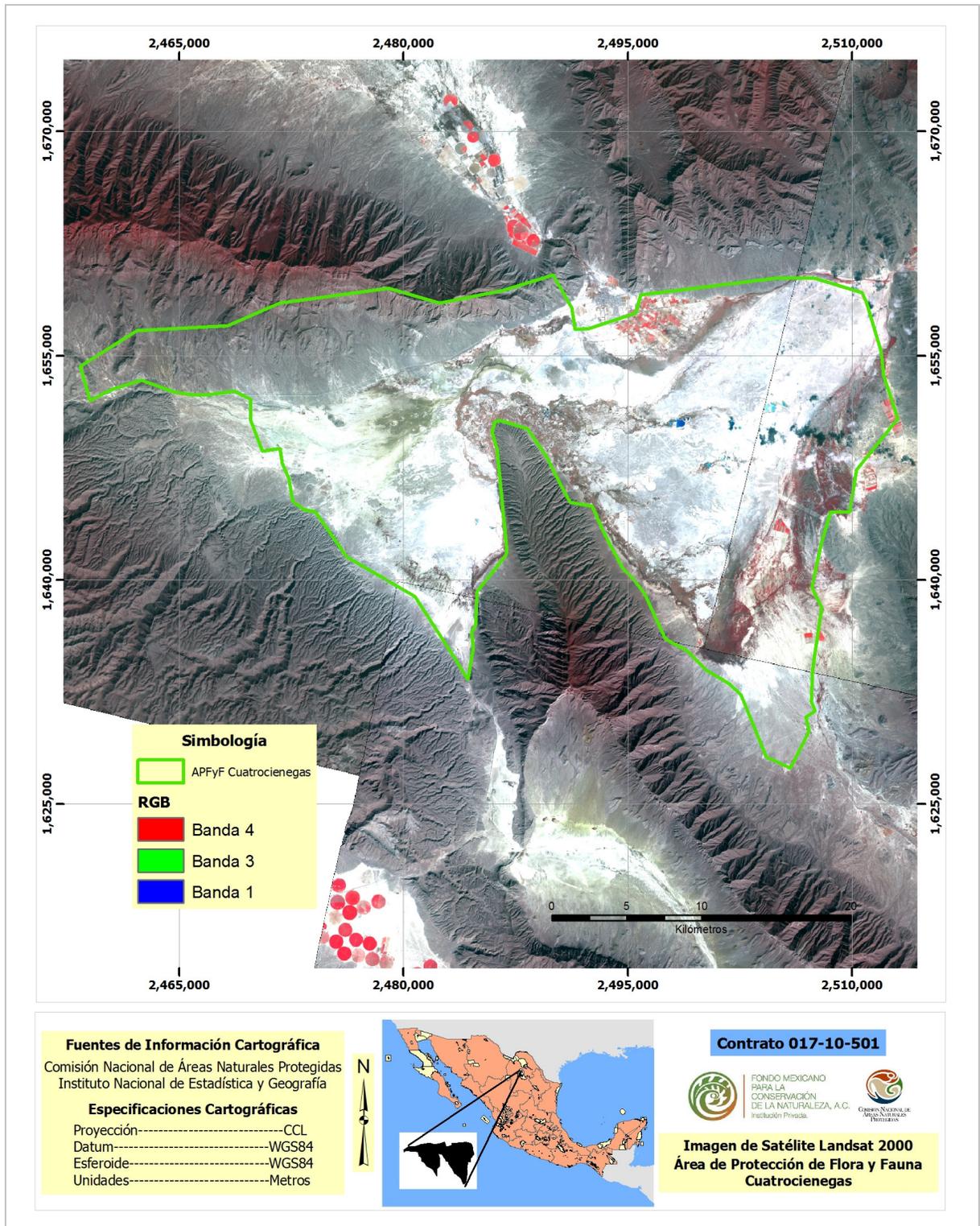


Figura 3.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4 3 1

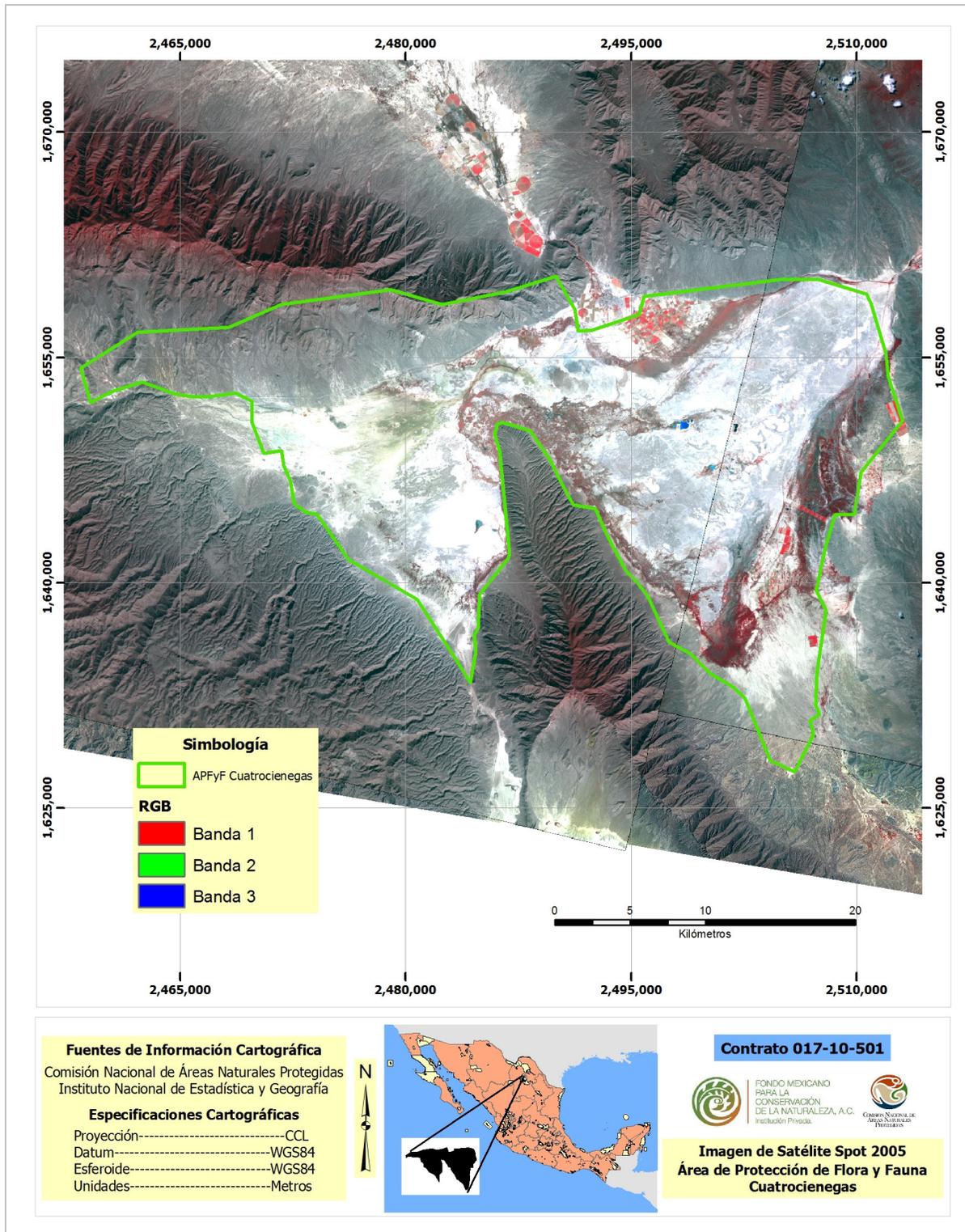


Figura 4.- Imágenes de Satélite SPOT 2005, falso color RGB 1 2 3

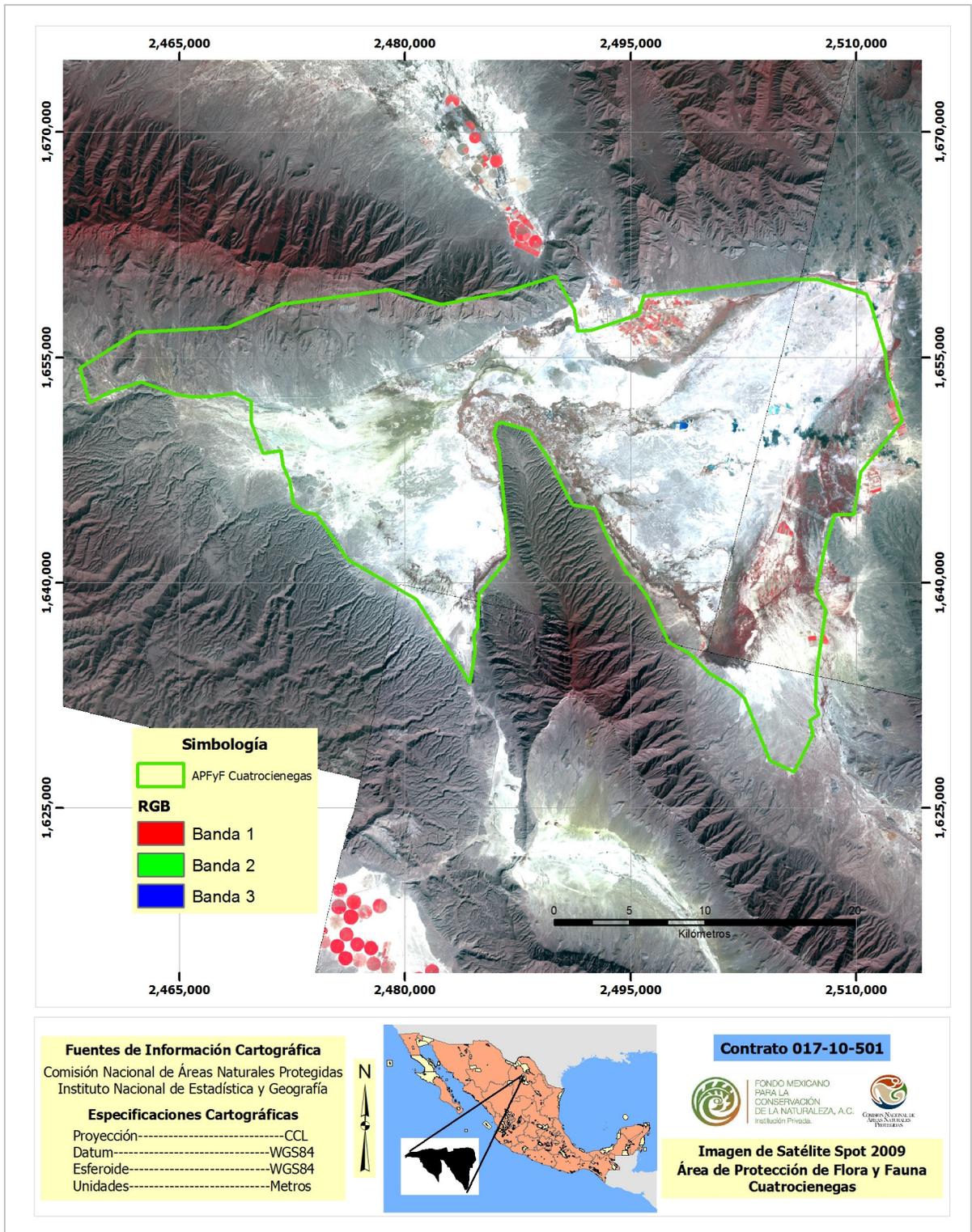


Figura 5.- Imágenes de Satélite SPOT 2009, falso color RGB 1 2 3

Uso del Suelo y Vegetación

Con los mapas de cada fecha listos, fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para el Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, 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

Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas						
Uso de Suelo y Vegetación	2000		2005		2009	
	HA	%	HA	%	HA	%
FORESTAL						
Area Sin Vegetacion Aparente	10,280	12.31	10,239	12.26	10,221	12.24
Matorral Crasicaule	76	0.09	76	0.09	76	0.09
Matorral Desertico Microfilo	10,048	12.03	9,849	11.80	9,657	11.57
Matorral Desertico Rosetofilo	11,873	14.22	11,873	14.22	11,866	14.21
Matorral Submontano	237	0.28	237	0.28	237	0.28
Mezquital Xerofilo	5,378	6.44	5,378	6.44	5,376	6.44
Pastizal Halofilo	8,554	10.25	8,517	10.20	8,513	10.20
Vegetacion Halofila	28,939	34.66	28,932	34.65	28,925	34.64
Mezquital Xerofilo/vs	4,006	4.80	3,970	4.75	3,962	4.74
Vegetacion Halofila/vs	545	0.65	500	0.60	500	0.60
Subtotal	79,938	95.74	79,573	95.30	79,333	95.01
NO FORESTAL						
Area Agricola	2,322	2.78	2,407	2.88	2,446	2.93
Area Roturada	801	0.96	1,081	1.29	1,282	1.54
Asentamientos Humanos	29	0.03	29	0.03	29	0.03
Infraestructura	78	0.09	78	0.09	78	0.09
Pastizal	81	0.10	81	0.10	81	0.10
Preson	8	0.01	8	0.01	8	0.01
Subtotal	3,318	3.97	3,683	4.41	3,923	4.70
OTROS						
Cuerpo de agua	242	0.29	242	0.29	242	0.29
Subtotal	242	0.29	242	0.29	242	0.29
TOTAL	83,498	100	83,498	100	83,498	100

En el grupo Forestal la superficie al inicio del periodo, en el año 2000, es de 79, 938 hectáreas quedando en 79, 333 ha para el año 2009, estas cantidades corresponden al 95.74% y 95.01% de la superficie cubierta respectivamente. Por su parte, el grupo No Forestal presentó una superficie inicial de 3, 318 hectáreas en el año 2000 la cual presento un aumento para el año 2009 quedando en 3, 923 ha; cifras que corresponden al 3.97% y 4.70% respectivamente.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la vegetación halófila, esta clase cubre una superficie de 28, 938 hectáreas (34.66%) para el año 2000, y 28, 925 ha (34.64%) en el año 2009. Le sigue el matorral desértico rosetófilo con 11, 873 hectáreas (14.22%) en el año 2000 y, 11, 866 hectáreas (14.21%) para el año 2009. Además la clase matorral desértico micrófilo, presenta una superficie inicial de 10, 048 ha (12.03%) en el año 2000, misma que disminuyó para el año 2009 quedando con 9, 657 ha (11.57%).

Por su parte, en el grupo No forestal, la clase área agrícola es la que cubre mayor superficie en el área, esta clase presentó 2, 322 hectáreas en el año 2000, lo que representa el 2.78% de la superficie total; y 2, 446 hectáreas (2.93%) para el año 2009. En importancia le sigue la clase área roturada la cual al inicio del periodo contaba con una superficie de 801 ha (0.96%), misma que aumento hacia el final de periodo en el cual presentó 1, 282 hectáreas de 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 6, 7 y 8); en ellos el color verde representa a las áreas forestales, mientras que el color amarillo corresponde a las no forestales.

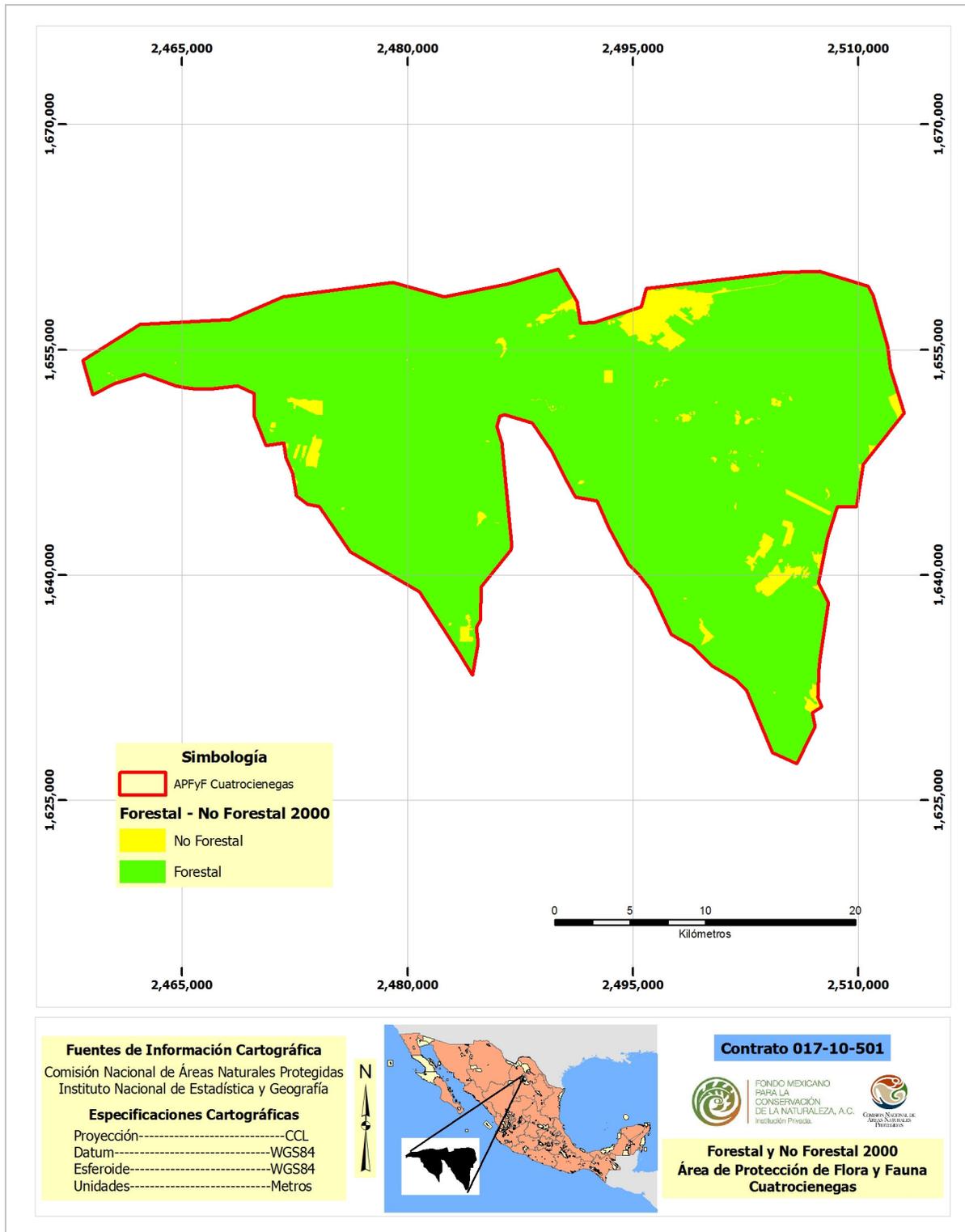


Figura 6.- Grupos Forestal-No Forestal año 2000

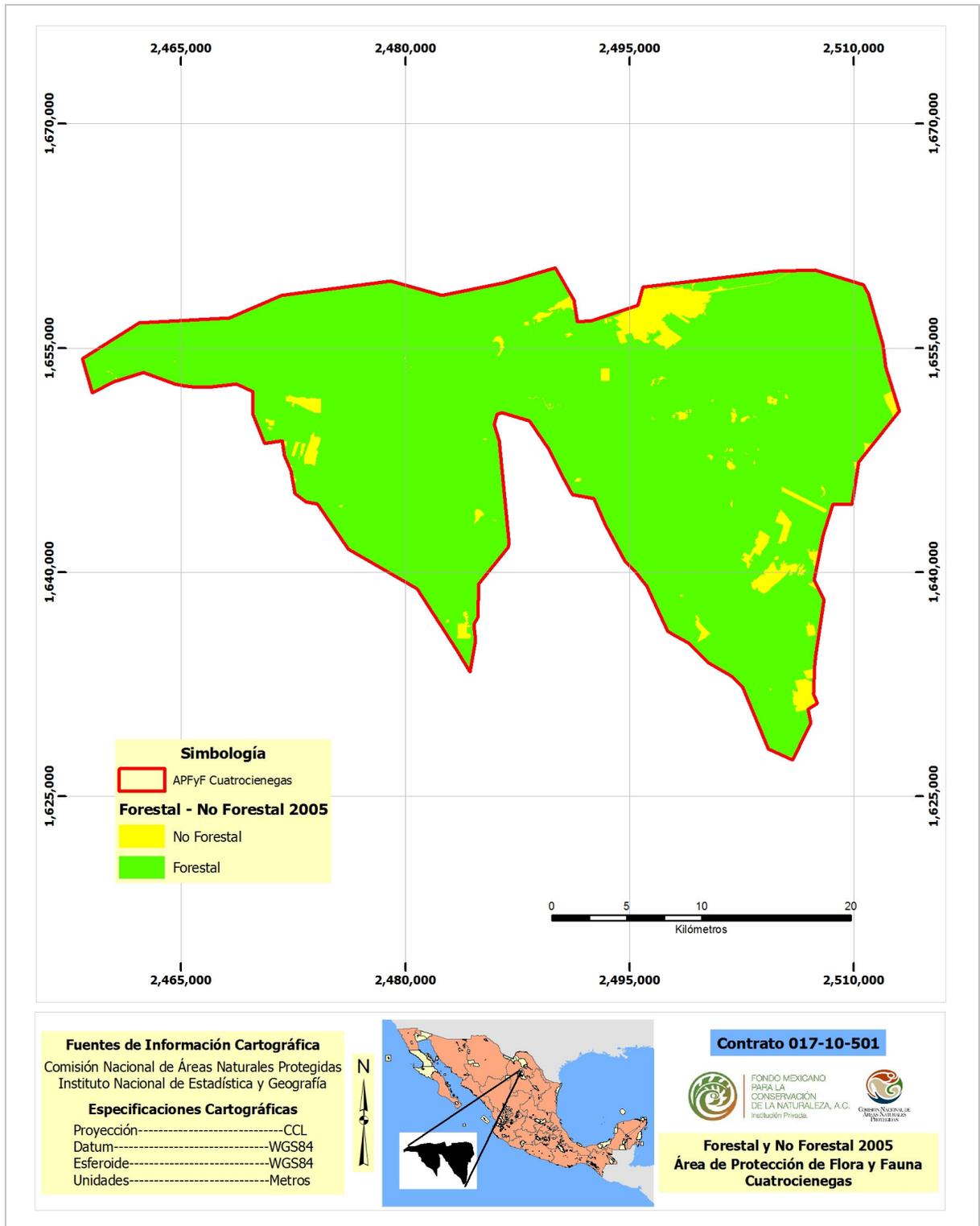


Figura 7.- Grupos Forestal-No Forestal año 2005

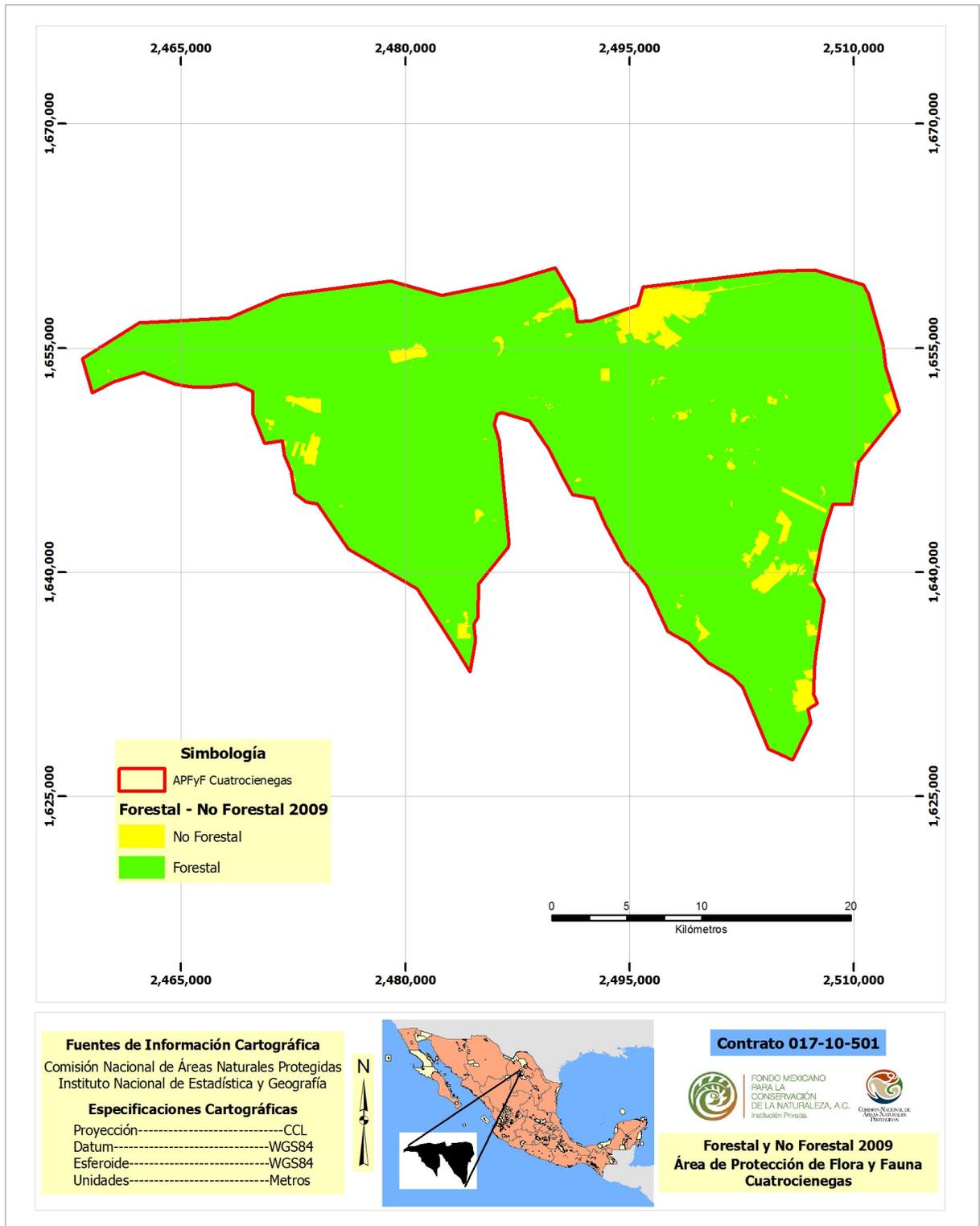


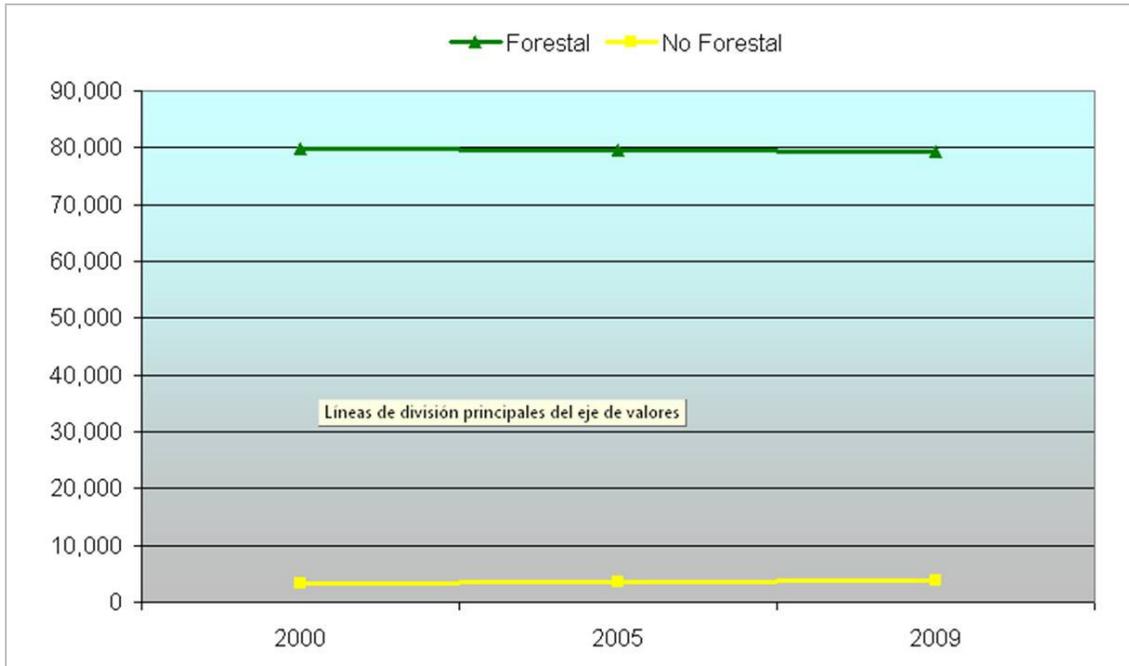
Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal año 2009

La siguiente tabla (4) muestra la superficie de los grupos Forestal y No forestal para los años 2000, 2005 y 2009; esos datos son representados en la figura 9, en donde se observa que durante el periodo la cobertura forestal disminuyó, ante el incremento de la superficie ocupada por el grupo no forestal.

Tabla 4. Superficie Forestal- No Forestal

Años	Forestal (Ha)	No Forestal (Ha)
2000	79, 937.76	3, 318.03
2005	79, 572.73	3, 683.06
2009	79, 332.85	3, 922.93

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, 2005 y 2009 (Fig. 10, 11 y 12).

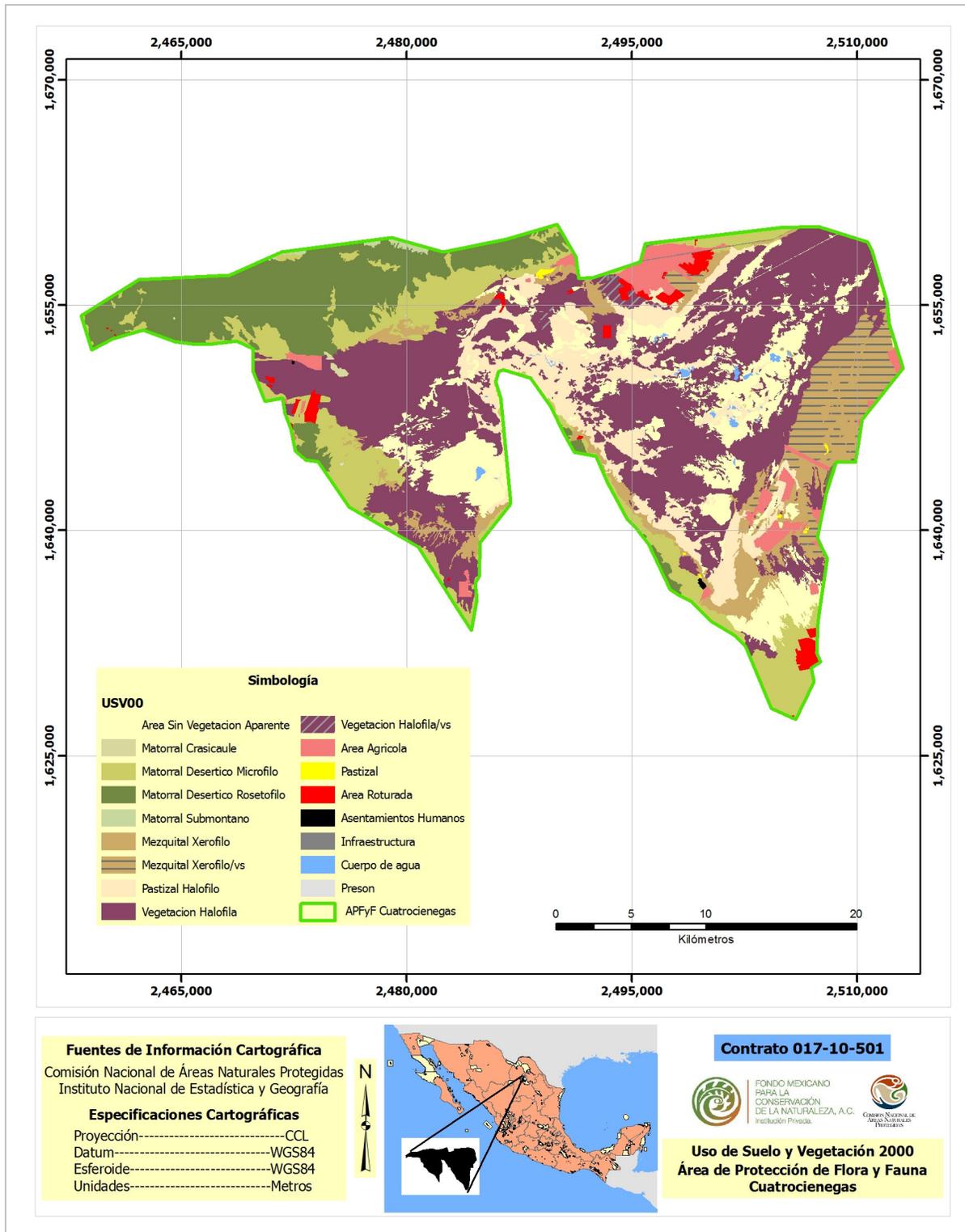


Figura 10- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

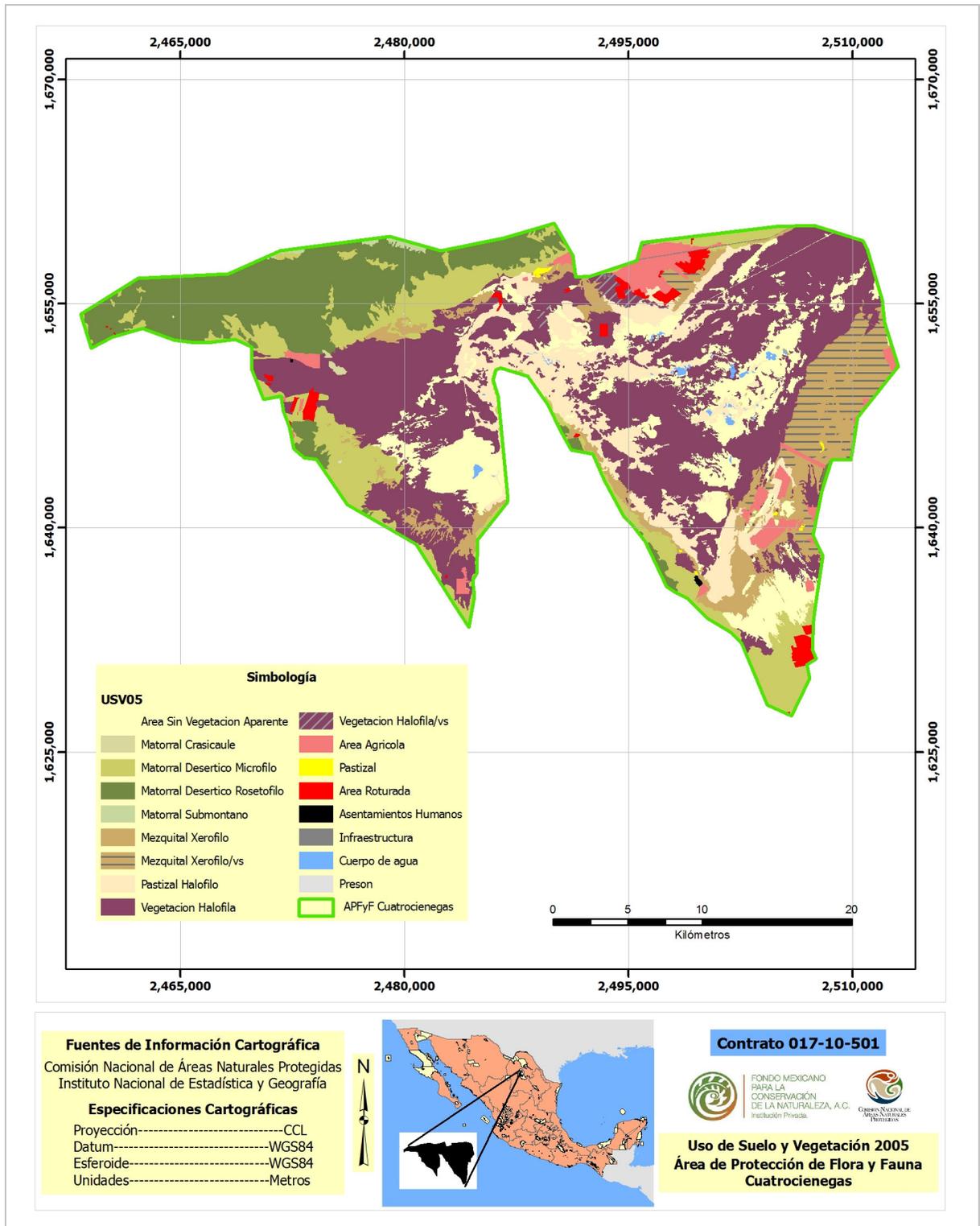


Figura 11.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2005

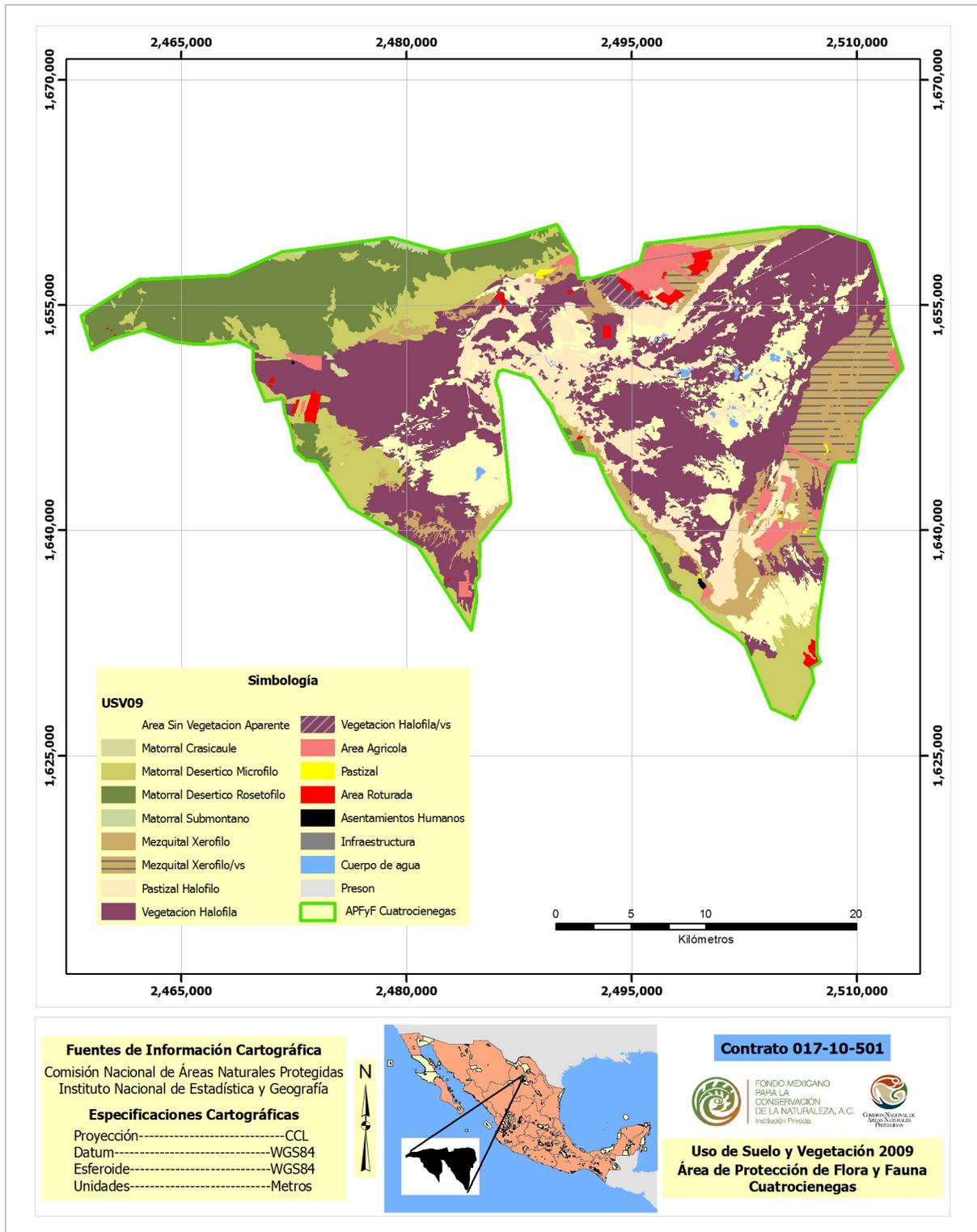


Figura 12.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2009

Áreas de Cambio

Con la elaboración de matrices de cambio se obtuvo la superficie transformada de 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, en ella se aprecia que las transformaciones que se presentan para este período son por deforestación.

Las clases que presentaron este tipo de proceso son dos y fueron afectadas por prácticas de roturación, y áreas agrícolas. Las clases que tuvieron mayor impacto son el matorral desértico microfilo, al cual, la actividad de roturación restó 196 hectáreas; seguido de las clases, vegetación halófila con vegetación secundaria y mezquital xerofilo con vegetación secundaria.

Matriz de Cambio 2005 - 2009

Durante este periodo, en el área se presentó tan sólo el mismo proceso de deforestación, prácticamente la mayoría de las clases del grupo forestal fueron afectadas. De esta forma tenemos que la clase matorral desértico microfilo fue quien perdió más superficie con 188 hectáreas. El resto de las clases afectadas tuvieron una pérdida de entre 2 y 18 hectáreas. En la tabla 6 se pueden ver los datos mencionados.

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

	Area Sin Vegetacion Aparente	Matorral Crasicaule	Matorral Desertico Microfilo	Matorral Desertico Rosetofilo	Matorral Submontano	Mezquital Xerofilo	Pastizal Halofilo	Vegetacion Halofila	Mezquital Xerofilo/vs	Vegetacion Halofila/vs	Area Agricola	Area Roturada	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal	Preson	Cuerpo de agua	Total 2000
Area Sin Vegetacion Aparente	10,239										41							10,280
Matorral Crasicaule		76																76
Matorral Desertico Microfilo			9,849								4	196						10,048
Matorral Desertico Rosetofilo				11,873														11,873
Matorral Submontano					237													237
Mezquital Xerofilo						5,378												5,378
Pastizal Halofilo							8,517				37							8,554
Vegetacion Halofila								28,932				7						28,939
Mezquital Xerofilo/vs									3,970			35						4,006
Vegetacion Halofila/vs										500	3	42						545
Area Agricola										2,322								2,322
Area Roturada												801						801
Asentamientos Humanos													29					29
Infraestructura														78				78
Pastizal															81			81
Preson																8		8
Cuerpo de agua																	242	242
Total 2005	10,239	76	9,849	11,873	237	5,378	8,517	28,932	3,970	500	2,407	1,081	29	78	81	8	242	83,498

Tabla 6.- Matriz de transición para el periodo 2004-2009

	Area Sin Vegetacion Aparente	Matorral Crasicaule	Matorral Desertico Microfilo	Matorral Desertico Rosetofilo	Matorral Submontano	Mezquital Xerofilo	Pastizal Halofilo	Vegetacion Halofila	Mezquital Xerofilo/vs	Vegetacion Halofila/vs	Area Agricola	Area Roturada	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal	Preson	Cuerpo de agua	Total 2005
Area Sin Vegetacion Aparente	10,221	76									18							10,239
Matorral Crasicaule																		76
Matorral Desertico Microfilo			9,657								4	188						9,849
Matorral Desertico Rosetofilo				11,866								7						11,873
Matorral Submontano					237													237
Mezquital Xerofilo						5,376						3						5,378
Pastizal Halofilo							8,513				4							8,517
Vegetacion Halofila								28,925				7						28,932
Mezquital Xerofilo/vs									3,962		7	2						3,970
Vegetacion Halofila/vs										500								500
Area Agricola										2,407								2,407
Area Roturada											6	1,075						1,081
Asentamientos Humanos													29					29
Infraestructura														78				78
Pastizal															81			81
Preson																8		8
Cuerpo de agua																	242	242
Total 2009	10,221	76	9,657	11,866	237	5,376	8,513	28,925	3,962	500	2,446	1,282	29	78	81	8	242	83,498

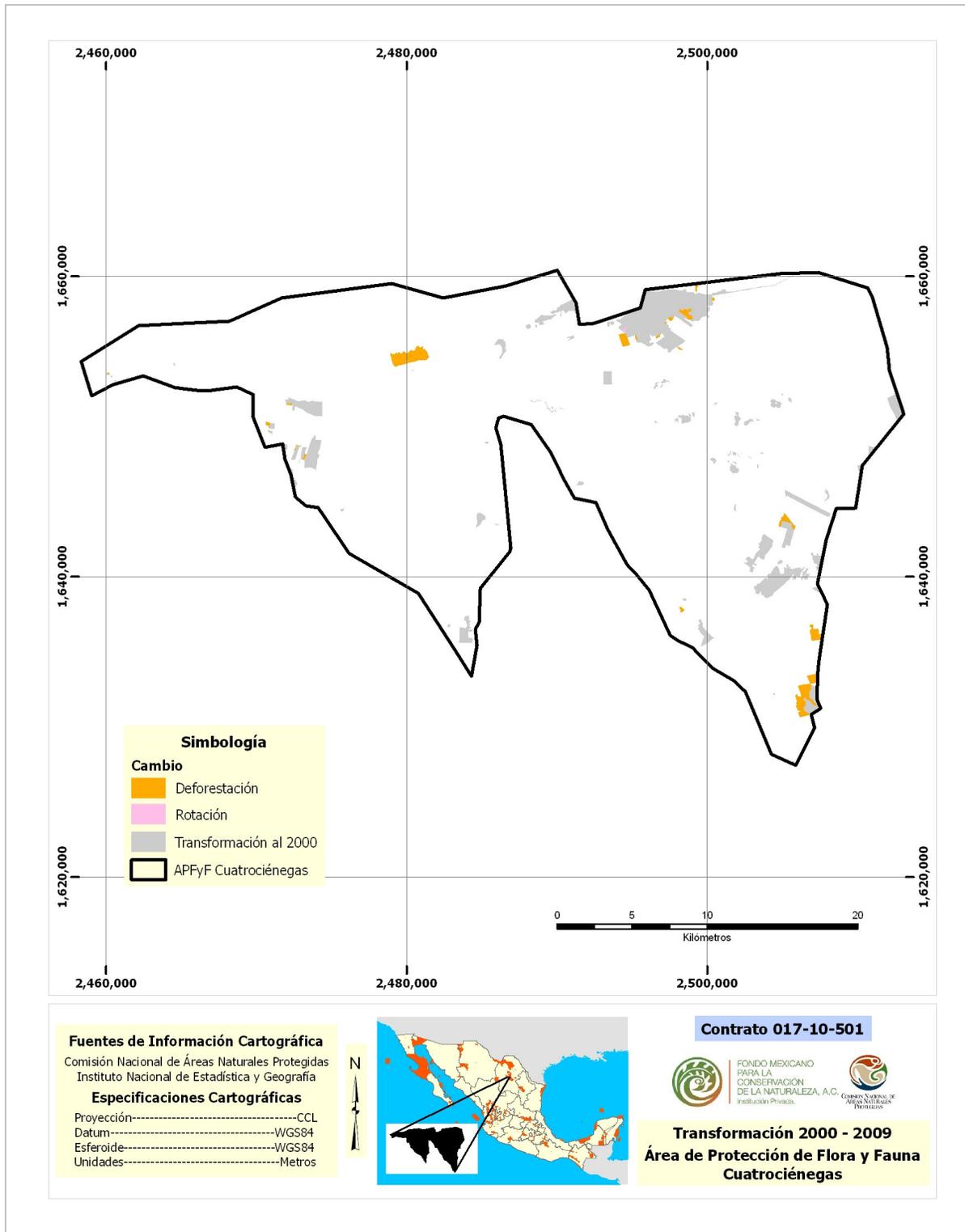


Figura 13.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2009

Durante el periodo 2000 - 2005, un total de 365 hectáreas fueron transformadas, a un ritmo de 73 ha por año (tabla 7).

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

Matriz de Cambio Cuatrociénegas 2000-2005	Area Agrícola	Area Roturada
Area Sin Vegetacion Aparente	-41	
Matorral Crasicaule		
Matorral Desertico Microfilo	-4	-196
Matorral Desertico Rosetofilo		
Matorral Submontano		
Mezquital Xerofilo		
Pastizal Halofilo	-37	
Vegetacion Halofila		-7
Mezquital Xerofilo/vs		-35
Vegetacion Halofila/vs	-3	-42
Subtotal	-85	-280
Total de cambio en el periodo HA		-365
Total por año HA		-73

Por su parte en el periodo 2004 – 2010, se transformaron un total de 240 hectáreas, a un ritmo de 60 ha por año (tabla 8).

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

Matriz de Cambio Cuatrociénegas 2005-2009	Area Agrícola	Area Roturada
Area Sin Vegetacion Aparente	-18	
Matorral Crasicaule		
Matorral Desertico Microfilo	-4	-188
Matorral Desertico Rosetofilo		-7
Matorral Submontano		
Mezquital Xerofilo		-3
Pastizal Halofilo	-4	
Vegetacion Halofila		-7
Mezquital Xerofilo/vs	-7	-2
Vegetacion Halofila/vs		
Subtotal	-33	-207
Total de cambio en el periodo HA		-240
Total por año HA		-60

Tasa de Transformación del Hábitat.

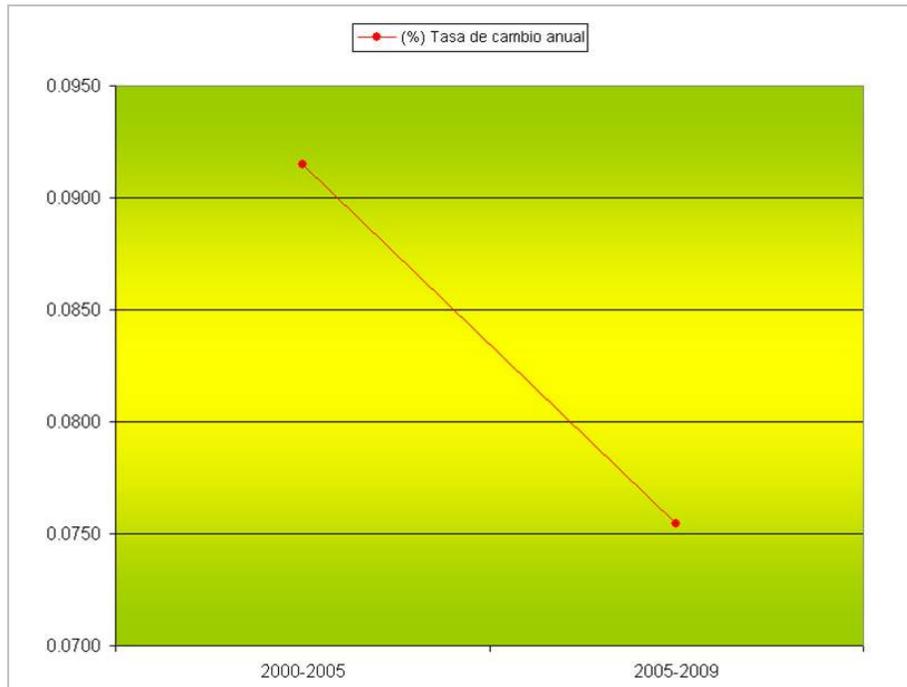
La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2009 para el área de protección es de 0.0844, valor que corresponde a una superficie de 604.91 hectáreas. En el periodo 2000 – 2005, hubo una transformación en 239.87 hectáreas con una tasa de 0.0754. Finalmente para el periodo 2005 – 2009 la tasa de transformación fue de 0.0915 con una superficie de cambio de 365 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	79,937.76	79,572.73	-365.04	5	0.00091	0.0915
2005-2009	79,572.73	79,332.85	-239.87	4	0.00075	0.0754
2000-2009	79,937.76	79,332.85	-604.91	9	0.00084	0.0844

En la gráfica (fig. 14) se muestra como ha sido el comportamiento de los valores durante el periodo de estudio.

Figura 14.- Tasa de transformación del Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen



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 de 9 años (2000 – 2009) es de 0.0844, valor que corresponde a una superficie de 604.91 hectáreas de cambio. En términos generales la cobertura forestal presenta una ligera pérdida de su masa forestal sobre todo por la apertura de áreas agrícolas y actividades de roturación.

Sin embargo la tendencia en la transformación del área refleja que entre un periodo y otro hubo una disminución en el impacto hacia las áreas forestales, esto de acuerdo con el dato para el periodo 2000-2005 que fue de 0.0915% mientras que para el segundo periodo, 2005-2009, este valor fue de 0.0754.

Dadas las características naturales del área y la amplia gama de especies que esta alberga es necesario continuar con la realización de este tipo de trabajos, en donde se le de seguimiento a la obtención del valor de tasa de transformación.

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, 2007. Estudio sobre el cambio de uso del suelo en el Valle de Cuatrociénegas periodo 2002-2006. Comisión Nacional de áreas Naturales Protegidas y MESOMAYA Asociación Civil.

CONANP, 1997. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cuatrociénegas, Coahuila, México, 166 pp.

Chuvienco, 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 Unite remote Sensing Applications to land Resource. Italy, Rome. Pp 41-97.

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

Referencias Web

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

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

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