



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 El Triunfo



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 Encargada de la
Coordinación de Geomática
CONANP-SEMARNAT

Andrew John Rhodes Espinoza
Coordinador Central del FANP
FMCN - CONANP

Compilador

M. en Geog. Rodolfo Ruiz López
FMCN – CONANP

Colaboración Técnica

Ignacio Paniagua Ruíz
Jefe de Departamento
CONANP-SEMARNAT

Héctor Martín Cruz Rojas
Técnico del SIG
CONANP-SEMARNAT



“© CNES .2004-2010, producida por ASERCA-CONANP bajo licencia de Spot Image, S. A.”

“SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2010.

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

Índice

Introducción	4
Antecedentes	7
Objetivo	10
Área de Estudio	11
Material	16
Polígono oficial	16
Imágenes de satélite	16
Modelo Digital de Elevación (MDE)	17
Metodología	19
Diseño de la leyenda	19
Rectificación de imágenes de satélite	21
Clasificación de imágenes de satélite	22
Áreas de cambio	24
Tasa de Transformación	26
Resultados	27
Imágenes de satélite	27
Uso del Suelo y Vegetación	31
Áreas de Cambio	40
Matriz de Cambio 2000 - 2004	40
Matriz de Cambio 2004 - 2010	40
Tasa de Transformación del Hábitat.	46
Conclusiones	47
Bibliografía	48

Introducción

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

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

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

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

Durante el año 1998 el Global Environment Facility (GEF) evaluó un grupo de fondos ambientales a nivel mundial como parte de un estudio sobre el éxito de fondos patrimoniales en medio ambiente. Los resultados de este análisis abrieron las puertas para un segundo donativo entre 1999 y 2002. El primer donativo pasó a ser conocido como SINAP 1 y el segundo como SINAP 2, ya que ambos proyectos apoyan al Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El FANP cuenta con un sistema de monitoreo diseñado en 1999, que ha permitido evaluar los avances anuales con base en cuatro indicadores generales del proyecto, así como indicadores de cada área protegida (<http://www.conanp.gob.mx/fanp.html>).

El programa de monitoreo permite medir los avances tanto del impacto en la conservación y uso sustentable de los recursos naturales, como el desempeño de los diferentes componentes. Este esquema en un inicio respondió a una planificación para cinco años considerando el periodo 1998 a 2003, donde se establecieron cuatro indicadores de impacto para todo el proyecto: *tasa de transformación del hábitat natural, frecuencia de observación de especies indicadoras, número de personas involucradas en proyectos de uso sustentable y número de hectáreas bajo esquemas de uso sustentable*. Como un indicador de contexto, se monitorea la tasa de crecimiento poblacional y su distribución dentro de las áreas núcleo, de amortiguamiento y de influencia de cada ANP.

Adicionalmente, cada ANP incluida en el proyecto contara con su propio sistema de monitoreo y evaluación, que a su vez servirá de sustento al esquema general. La conexión entre el esquema general y el específico son los cuatro indicadores de impacto en cada ANP, a partir de los cuales se ha diseñado su esquema de monitoreo y evaluación particular.

A partir del año 2000, cuando se creó la CONANP, se estableció como una de sus prioridades la evaluación de acciones, así como de los impactos generados en los ecosistemas y/o poblaciones. Para ello creó la Dirección de Evaluación y Seguimiento, cuyas atribuciones publicadas en el Reglamento Interior de la SEMARNAT, se refieren al establecimiento de sistemas, indicadores y procedimientos para la medición de impactos de las acciones de conservación y

sus avances en las ANP y la supervisión de estos a través del Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación (SIMEC). El sistema de monitoreo y evaluación del FANP complementa al SIMEC.

El monitoreo proporciona a los administradores y otros tomadores de decisiones, la información necesaria para llevar a cabo las acciones relacionadas con el funcionamiento general y el manejo sostenible del área. El Sistema de Monitoreo entonces, es un instrumento que orienta la gestión en el manejo del área protegida.

En este sentido uno de los temas ambientales que mayor controversia ha generado en los últimos años en México, es la magnitud y el ritmo al que se desmontan los bosques y selvas del país para convertirlos a otras formas de uso del suelo (campos de cultivo, potreros, zonas urbanas, etc.). El tema resulta de gran importancia ya que la deforestación es una de las principales amenazas para la biodiversidad, resultando en la pérdida de numerosos servicios ambientales

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

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

Los datos permiten obtener posteriormente la tasa de transformación del hábitat, como indicador de impacto de las Áreas Naturales Protegidas que están financiadas por el FANP y, cuyos trabajos fueron realizados por el área responsable del Sistema de Información Geográfica de la CONANP en coordinación con las regiones CONANP y las ANP con base en el *“Protocolo para la evaluación del Uso del Suelo y Vegetación en Áreas Naturales Protegidas Federales de México”* (CONANP, 2007). Cabe hacer mención que las imágenes de satélite SPOT que son utilizadas son obtenidas a través de la Estación de Recepción México de la Constelación SPOT (ERMEXS).

Antecedentes

La CONANP desarrolló a partir del 2000 el interés por conocer la dinámica de cambio en la cobertura vegetal en las ANP federales a partir del análisis de imágenes de satélite de diferentes épocas. En primera instancia fueron consideradas las ANP que se encuentran dentro del Fondo de Áreas Naturales Protegidas. Para este trabajo se utilizaron imágenes de satélite Landsat de los sensores MSS, TM y ETM, en un principio adquiridas del programa NALC (North America Landscape Characterization) a través de la CONABIO y la adquisición de las imágenes Landsat por parte de gobierno federal (INEGI, SEMARNAT, SAGARPA, etc).

Para el año 2004, la CONANP continuó con los trabajos de tasa de transformación del hábitat en colaboración con el proyecto de Manejo Integrado de Ecosistemas (MIE) analizando el Uso del Suelo y Vegetación en 3 Ecoregiones Prioritarias; Los Tuxtlas, la Chinantla y la Montaña, a través del uso de imágenes de satélite Landsat ETM y SPOT.

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

establecieron fueron un monitoreo anual y resultados que serían compilados en una base de datos, generando documentos donde se reportarían los resultados, para 43 áreas Naturales Protegidas.

Para el año 2008, el FANP en coordinación con la CONANP llevaron a cabo la contratación del Dr. Víctor Sánchez Cordero para desarrollar el trabajo titulado *“Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico”*. (Sánchez *et. al.*, 2008). Este trabajo aborda la capacidad para contener procesos de cambio en la vegetación, en un conjunto de ANP federales.

En él se evaluó el porcentaje de superficie transformada en 2002 y la tasa de cambio de la superficie transformada entre 1993 y 2002. Además se realizó una comparación entre las tasas de cambio de la superficie transformada en las ANP, áreas circundantes a 10Km a partir de los límites de las ANP y, en sus ecoregiones.

Para este mismo año, con el fin de dar continuidad a los trabajos que el FANP había desarrollado en coordinación con la CONANP, se retoma la contratación de personal técnico para obtener la tasa de transformación del hábitat de 3 ANP (Cañón de Santa Elena, Sierra de los Álamos y Sierra la Laguna). Mientras que para el año 2009, el FMCN y la CONANP, se plantean la recopilación de los trabajos elaborados de tasa de transformación del hábitat para las ANP haciendo énfasis en las áreas que se encuentran dentro de los programas del SINAP 1 y SINAP 2 del Fondo para Áreas Naturales Protegidas.

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

Región Noreste y sierra Madre

1. APFF Cañón de Santa Elena
2. APFF Maderas del Carmen
3. APFF Cuatrocinegas
4. RB Mapimí

Región Occidente y Pacífico

5. RB Sierra de Manantlán
6. RB Mariposa Monarca

Región Frontera Sur y Pacífico Sur

7. RB El Triunfo

8. RB Selva El Ocote
9. RB Selva La Sepultura

Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano

10. RB Calakmul
11. RB Ría Lagartos

El siguiente trabajo tiene como área de interés la Reserva de la Biósfera El Triunfo, en el estado de Chiapas. Al igual que otras regiones del país, ésta presenta una enorme riqueza y diversidad de especies y ecosistemas, característicos de la Sierra Madre.

El 13 de marzo de 1990, en el Diario Oficial de la Federación (DOF) se mencionan los aspectos que dieron pie a la recategorización y decreto de El Triunfo como Reserva de la Biosfera; entre los que destacan: la determinación de los valores de conservación de El Triunfo, establecimiento de los objetivos de conservación de la Reserva, selección de la categoría de manejo y definición de zonas y normas preliminares de manejo.

La Reserva de la biosfera fue establecida el 13 de marzo de 1990, con una superficie de 119, 177-29-00 ha y dos zonas de manejo: núcleo y amortiguamiento. La Zona Núcleo, con 5 polígonos (I El Triunfo, II Ovando, III Quetzal, IV El Venado y V La Angostura), destinada a la protección e investigación de la biodiversidad y la educación ambiental, y con una superficie de 25, 763 ha; la zona de amortiguamiento con un solo polígono que envuelve a las zonas núcleo, destinada principalmente a promover el desarrollo de actividades productivas sustentables, y una superficie de 93, 458.14 ha.

Los primeros esfuerzos para proteger El Triunfo se inician después de que don Miguel Álvarez del toro visitó la región en la década de los sesenta. A través de, Instituto de Historia Natural (IHN) se logró que en 1972 este sitio y otros seis en Chiapas fueran decretados por el gobierno del estado como Áreas Naturales y Típicas del Estado de Chiapas. Entre 1983 y 1984, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) asume el manejo de El Triunfo por un periodo de 2 años; sin embargo, la falta de continuidad en los programas gubernamentales propicia que la reserva sea casi abandonada. En 1986 el IHN con apoyo del WWF, retoma el manejo y realiza el primer taller de planificación y manejo de Áreas Naturales Protegidas, del cual surge el primer Programa Operativo, este documento identificaba la relevancia de promover el Decreto Federal de El Triunfo como Reserva de la Biosfera.

Otros estudios que se llevaron a cabo en el área de la Reserva, son los talleres de análisis de amenazas, desarrollados en el año de 1994 y actualizados en 1996-1997, y la metodología “Evaluación de aptitud de unidades de paisaje”, mismo que se utilizó para obtener una zonificación más detallada de la reserva y su zona de influencia. También se elaboró un programa de investigación y monitoreo para la Reserva, una agenda de política y la estrategia de financiamiento, contemplados dentro de los componentes del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera El Triunfo.

Objetivo

- ◆ Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biósfera El Triunfo para el periodo 2000 a 2010.

Área de Estudio

La Reserva de la Biosfera El Triunfo se localiza en la porción central de la Sierra Madre de Chiapas, entre los $15^{\circ} 09'10''$ y $15^{\circ} 57'02''$, latitud norte y $92^{\circ} 34'04''$ y $93^{\circ} 12'42''$, longitud oeste. Cuenta con una superficie total de 119, 177-29-00 has, y abarca parte de los municipios de Pijijiapan, Mapastepec, Acacoyagua, Ángel albino Corzo, La Concordia, Villa Corso y Siltepec, comprendidos en las regiones económicas Frailesca, Sierra, Istmo, Costa y Soconusco, del estado de Chiapas (Figura 1).

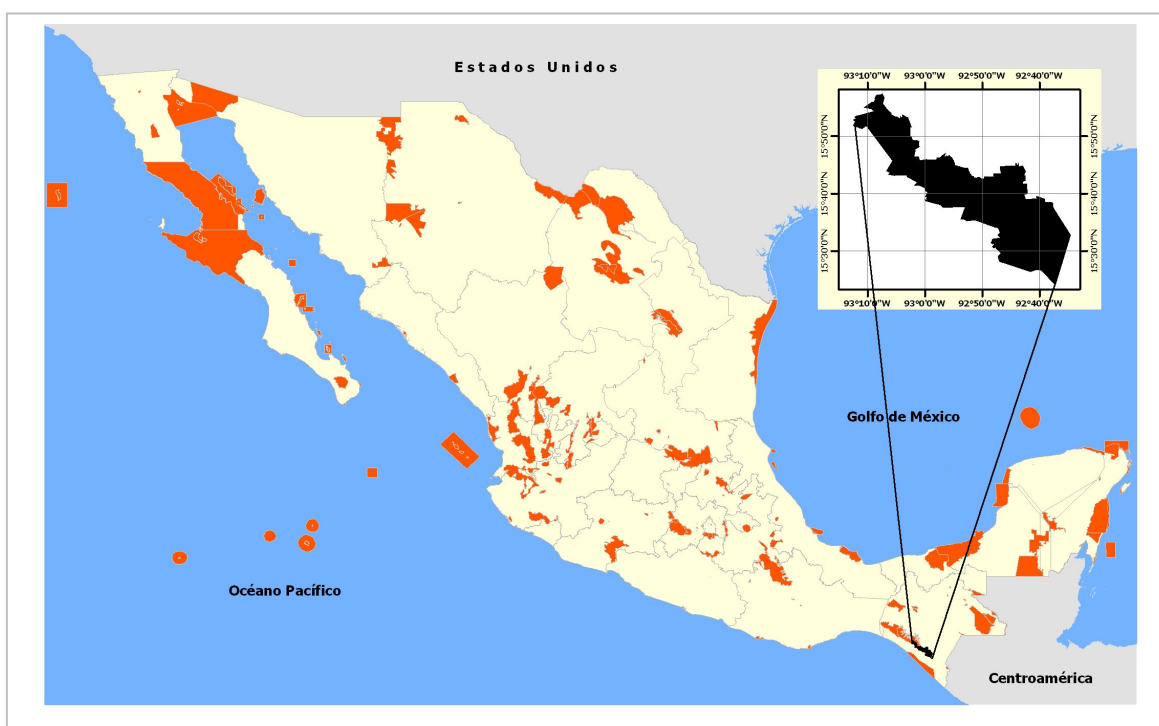


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera El Triunfo.

Fisiográficamente la reserva pertenece a la provincia llamada Tierras altas de Chiapas-Guatemala, específicamente en la subprovincia Sierra de Chiapas (Mülleried, 1982, en Programa de Manejo, 1999). Es una cadena montañosa que se extiende en dirección noroeste-sureste, según la exposición de sus laderas, se distinguen en ésta las vertientes del Pacífico y de la Depresión Central. Se

distinguen tres diferentes tipos de relieve: crestas alargadas con una altitud por encima de los 2000 msnm, macizo montañoso con pendientes fuertes a escarpadas entre los 1000 y los 2000 msnm y por último, laderas con pendientes moderadas a fuertes que se encuentran por debajo de los 1000 msnm.

En el área se encuentran principalmente rocas graníticas y metamórficas, el macizo montañoso del sureste está formado por rocas volcánicas del Mioceno. A lo largo de la Sierra Madre en dirección noroeste-sureste predominan rocas graníticas del Paleozoico, mientras que en la porción oeste, al norte, noreste y sureste de la Reserva surgen dos afloramientos correspondientes a roca metamórfica específicamente “gneis” del paleozoico y toba ácida del Terciario Superior. En el extremo sureste hay una pequeña porción del complejo metamórfico del Precámbrico. Finalmente al sur de este afloramiento se presentan, en una mínima porción, conglomerados del Cuaternario y muy cerca, en dirección este, un pequeño afloramiento de tonalita del Terciario.

Debido a las características fisiográficas de la reserva, en la reserva se presentan los siguientes tipos de clima, según García (1987):

Aw2(w)igw”. Cálido subhúmedo con lluvias en verano y una precipitación anual que varía de 1,000 a 2,500 mm. Presenta una temperatura media anual mayor de 22°C, mientras que la temperatura del mes más frío suele ser mayor a 18°C. Lo encontramos al noroeste de la Reserva, en los municipios de La Concordia y Villa Corzo, en la Depresión Central, y al noroeste de la vertiente del Pacífico, hasta una altura de 1000 msnm.

Am(w)igw”. Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y una precipitación anual de 2,500 a 4,000 mm. Presenta una temperatura media mayor a 22°C, y una temperatura en el mes más frío mayor a 18°C. Este tipo de clima lo encontramos principalmente en las partes bajas de la vertiente del Pacífico hasta una altura de 1,000 msnm.

A(e)gw". Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano, su temperatura media anual oscila entre 18 y 22°C, en el mes más frío su temperatura es mayor a 18°C; se distribuye entre los 1,000 y 2,000 msnm.

C(m)(w). Templado suibhúmedo con abundantes lluvias en verano, con una precipitación anual de 2,500 a 4,500mm y una temperatura media anual que oscila entre 18 y 22°C. La temperatura del mes más frío está entre -3 y 18°C. Se encuentra al este de la reserva en alturas superiores a los 2,000 msnm.

Los dos últimos tipos de clima, se presentan en las partes medias y altas de la Sierra Madre de Chiapas, dentro de la Reserva, en donde se presentan precipitaciones anuales de hasta 4,500 mm de lluvia al año, por lo que están consideradas entre las más lluviosas de México. Algunas estaciones climatológicas en fincas cafetaleras cercanas a la reserva reportan hasta 7,500 mm de lluvia al año. Estas condiciones climáticas tienen un impacto directo en la economía de Chiapas, ya que sus regiones productivas más importantes dependen del agua captada y aquella que provee, en general, la Sierra Madre de Chiapas.

La Reserva de la Biosfera El Triunfo está enclavada en el parteaguas de la Sierra Madre de Chiapas, donde se encuentran las fronteras de dos de las tres regiones hidrográficas del estado: la del Grijalva-Usumacinta en la vertiente de la Depresión Central y la de la Costa en la vertiente del Pacífico. Debido a las altas precipitaciones alcanzadas en la reserva, existen numerosos arroyos y ríos.

Las principales cuencas del sistema Grijalva-Usumacinta, en la porción de la reserva son: La Angostura, El Dorado, Cuxtepec, Santa Catarina y Cajetal. Por su parte la vertiente del Pacífico presenta ríos cortos y seriados, en esta zona se localizan siete cuencas: Pijijiapan, Coapa, Margaritas, Novillero, San Nicolás, Cacaluta y Cintalapa.

Los suelos que se presentan en la reserva son 6: Cambisol, Litosol, Feozem, Acrisol, Regosol, Fluvisol, los cuales presentan alrededor de 7 asociaciones, las cuales son: Cambisol eútrico + cambisol crómico + acrisol órtico con textura media, este es el tipo de suelo que abarca la mayor superficie dentro de la reserva. En cuanto a superficie en donde se presenta, el segundo lugar es del tipo Litosol + regosol éutrico + feozem háplico con textura media. El tercer tipo de suelo más representativo en cuanto a superficie es Feozem háplico + regosol éutrico + litosol con textura media y fase lítica. Por otra parte, el tipo acrisol plínico + acrisol órtico + regosol dístrico con textura fina representa el cuarto tipo mas abundante en la reserva.

También se presentan otros tipos como Cambisol crómico asociado con luvisol el cual presenta textura media, fase litica. Fluisol éutrico asociado con cambisol éutrico con una textura media y; acrisol húmico asociado con acrisol órtico y cambisol dístrico con una textura fina. Dadas las condiciones topográficas, la mayor parte de los suelos son altamente susceptibles a la erosión, lo que establece limitaciones al desarrollo agropecuario y otros usos de suelo.

Sobre esta variedad de suelos, y considerando que en el área de la reserva se encuentran terrenos con relieve muy accidentado, con pendientes que sobrepasan los 60°, así como un gradiente altitudinal que va desde los 450 y hasta los 2,450 msnm; en El Triunfo, de acuerdo con la clasificación de INEGI Serie III, se encuentra En su mayoría bosque mesófilo de montaña, bosque de pino-envino y selva alta perennifolia, como las masas forestales representativas. Las clases con las cuales se elaboró la leyenda que fue utilizada para la generación de los mapas de uso del suelo y vegetación será mencionada en el apartado correspondiente a la metodología.

Como sucede en el territorio estatal en general, en el que gran parte de las áreas originalmente boscosas han sido taladas para realizar actividades

productivas de tipo agropecuario y para la obtención de leña y carbón, el área de influencia a la reserva y algunas partes en el interior de la misma presentan este tipo de impacto. Los terrenos de la Planicie Costera, Depresión Central y valles intermontanos de la Sierra Madre están ocupados por cultivos, pastizales y vegetación secundaria en diferentes estadios de regeneración.

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

Por otra parte, la fauna de la reserva es vasta, por lo que datos de diversas publicaciones han reportado que en la Reserva de la Biosfera El Triunfo, a finales de los años ´90, existían al menos 548 especies de vertebrados terrestres, 22 especies de anfibios, 65 especies de reptiles y 112 especies de mamíferos. La reserva ocupó durante esa década, el segundo lugar en riqueza de especies de mamíferos en las Áreas Naturales Protegidas del país. Por su parte, las aves forman el grupo más diverso y estudiado de los vertebrados de la Reserva, con 390 especies. Además la reserva alberga a 13 especies de vertebrados endémicos de México, 7 endémicos de Chiapas y 3 endémicas de la Sierra Madre. De las especies que habitan El Triunfo, 135 se encuentran bajo algún régimen de protección (DOF, 1990).

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	21	49	19-abr-2000	30	6
				15	1
ETM	22	49	19-abr-2000	30	6
				15	1

Se tomó como base el polígono del ANP Reserva de la Biosfera El Triunfo, para conocer cuantas 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 7 imágenes fueron solicitadas y utilizadas para el cubrimiento completo del área de estudio (Tabla 2).

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

Sensor	K	J	Fecha	Resolución espacial (metros)	Número de bandas	Tipo	Nivel de Procesamiento
SPOT	603	318	21-dic-04	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	603	319	16-abr-04	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	604	319	11-mar-04	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	602	318	30-nov-09	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	603	318	21-ene-10	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	603	319	21-ene-10	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A
SPOT	604	319	16-ene-10	10	4	Multiespectral	1A
				2.5	1	Pancromática	1A

Modelo Digital de Elevación (MDE)

La figura 2 muestra el modelo sombreado para la Reserva de la Biosfera El Triunfo. El modelo se elaboró a partir del Modelo Digital de Elevación.

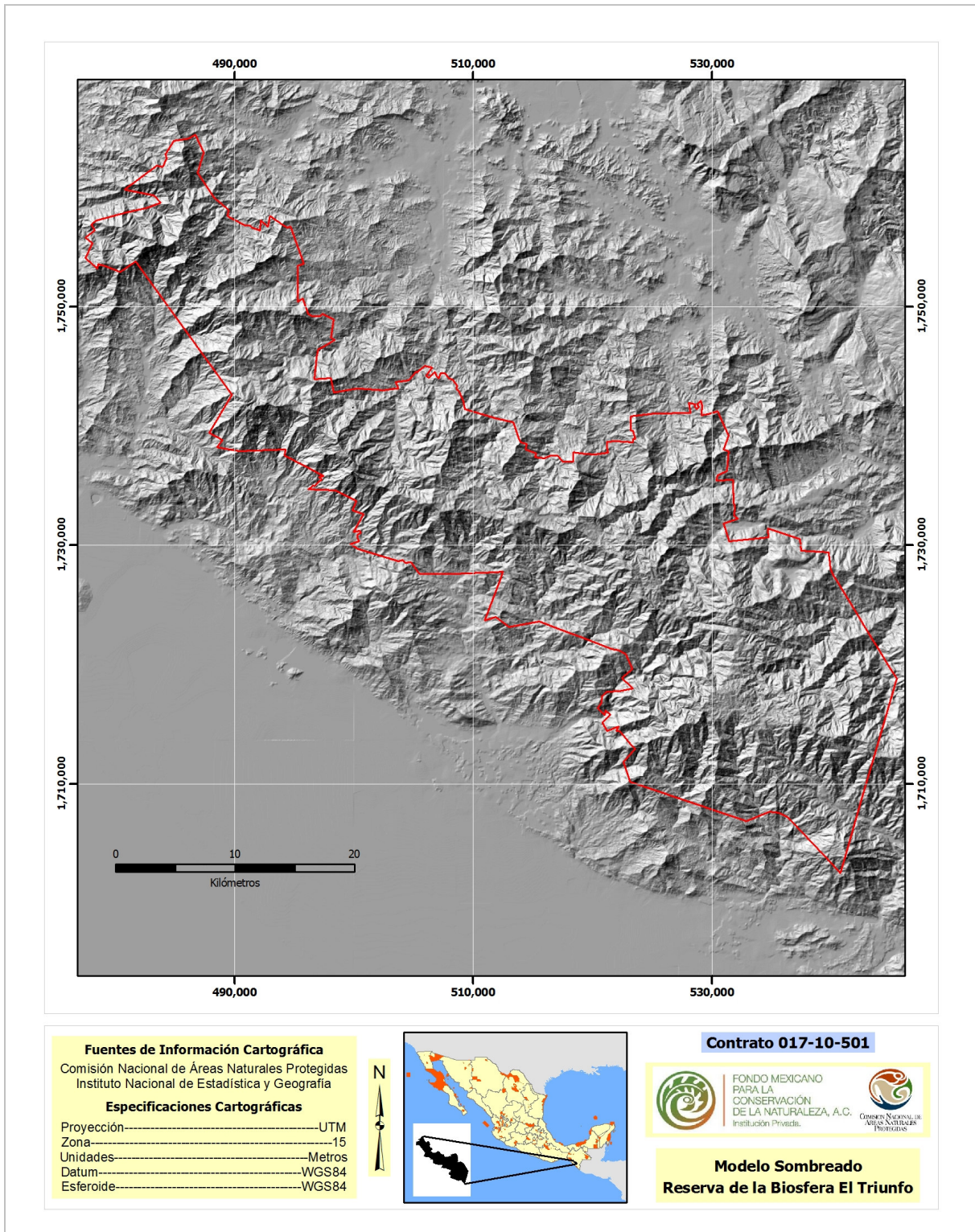


Figura 2.- Modelo Sombreado INEGI, 1:50,000

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” y “Área arqueológica” 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 2 tipos de vegetación primaria, 2 tipos de vegetación y asociada con vegetación secundaria, 5 tipos de uso del suelo, además de contar con la presencia de zonas que fueron impactadas por incendios forestales y deslaves. Las diferentes clases se describen a continuación:

LEYENDA
Área Sin Vegetación Aparente
Bosque Mesófilo de Montaña
Bosque Mesófilo de Montaña/vs
Bosque de Pino-encino/vs
Selva Alta Perennifolia
Área Agrícola
Pastizal
Asentamientos Humanos
Infraestructura
Área Arqueológica
Área Impactada por Deslaves
Área Impactada por Incendio

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.

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

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

Vegetación secundaria.- Comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original y en otros casos presenta un aspecto y composición florística diferente. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas.

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

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

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

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

Área Impactada por Deslaves.- Área con presencia de derrumbes de tierra.

Zona Arqueológica.- Zona ocupada por vestigios prehispánicos.

Área Impactada por Incendio.- Incendios o quemas agrícolas.

Rectificación de imágenes de satélite

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

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

En Spot 4 y Spot 5 la información suministrada por el pasajero DORIS permite obtener una rectificación con una precisión inferior a 1 m. Esto sólo concierne a la posición del satélite en su órbita. La precisión final de localización

de las imágenes en tierra también es función de la precisión de la puntería del satélite y sus instrumentos (actitud del satélite, ángulo de puntería del espejo, etc.).

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

Clasificación de imágenes de satélite

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

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

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

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

Una vez que se efectuó la clasificación automatizada, ésta es complementada con una interpretación visual en pantalla. En este marco, se puede aprovechar los beneficios del análisis de interpretación visual (incluyendo criterios de contexto, textura, formas complejas que puede emplear el intérprete), así como la flexibilidad y potencia del tratamiento digital (imagen georreferida, mejoramiento en su aspecto visual, digitalización de la información en pantalla, etc.). Se trata de una interpretación asistida por el ordenador, que elimina diversas fases de la interpretación visual clásica (restitución, inventario). Con la interacción visual el intérprete puede resolver algunos problemas del tratamiento digital ya que este encuentra notables dificultades para automatizar la interpretación de ciertos rasgos de la imagen (algunas nubes, áreas urbanas, etc.) que son bastante obvios al análisis visual.

Las clasificaciones obtenidas fueron transformadas hacia formato vectorial (ArcInfo), en donde son modificados aquellos polígonos que no se encontraron acorde con el límite del tipo de uso del suelo y vegetación, a través de la interpretación visual justo como lo marca el método de la FAO 2000 (FAO, 2001). Asimismo es eliminada el área mínima cartografiable de 2 mm² a 10,000 metros cuadrados para una escala de 1:50,000.

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

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

Áreas de cambio

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

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

El cruce de los mapas se realizará en Arcinfo. Del mapa de cambio se exporta la base de datos a un archivo *.dbf del cual se obtendrán datos de

superficie total por categoría y la diferencia de superficie entre clases de una fecha a otra. De acuerdo con Ramírez y Zubieta (2005), se maneja la siguiente matriz de que incluye la reagrupación de categorías de acuerdo al tipo de transformación al que hayan sido sometidos dentro del periodo:

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

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

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

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

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

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

Vegetación conservada sin cambio.

Vegetación perturbada sin cambio.

Usos agropecuarios sin cambio.

Otras cubiertas sin cambio.

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

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

Diseño de la Matriz de Transición. Los datos se ordenan de mayor a menor grado de antropización de la cubierta, excepto el agua. B = Vegetación Primaria (Bosque-Selvas Densos); Bp= Vegetación Secundaria (Bosque-Selva perturbado); A= Usos Agropecuarios; U= Zona Urbana; Agua = Cuerpos de Agua (lagos, lagunas, ríos, etc.).

Tasa de Transformación

Los tipos de Uso del Suelo y Vegetación presentes, se agruparon en forestal y no forestal. La primera contiene al conjunto de plantas dominadas por especies arbóreas, arbustivas o crasas, que crecen y se desarrollan en forma natural formando bosques, selvas y vegetación de zonas áridas (Ley Forestal, 1997) y la segunda agrupa los usos de suelo derivados de actividades antrópicas y/o desastres naturales. Con base a la información obtenida, de la agrupación de los tipos de vegetación, y tomando como base la superficie terrestre de la reserva, se calculó la tasa de transformación del hábitat de acuerdo a la ecuación utilizada por la FAO (1996), expresada de la siguiente manera:

$$\delta = 1 - \left[1 - \frac{S_1 - S_2}{S_1} \right]^{1/n}$$

Donde:

δ = tasa de cambio

S_1 = superficie forestal, al inicio del periodo

S_2 = superficie forestal, al final del periodo

n = número de años entre las dos fechas

Utilizando como herramienta los SIG, se realiza la intersección entre las coberturas de cada fecha, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La operación se realiza sobreponiendo la primera fecha sobre la segunda. Después se calcula el área de los polígonos de cambio para generar la base datos, con las propiedades de cada polígono. A partir de esta información se generan las matrices de transición, con los datos de la intersección, donde se muestran las pérdidas y ganancias de cada fecha.

La matriz contiene en el eje vertical de tipos forestal y en el horizontal los no

forestal, en las celdas se estima la superficie del tipo de vegetación que pasó a otra categoría, permitiendo entender la dinámica de cambio dentro del periodo.

Resultados

Imágenes de satélite

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

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 4 muestra una combinación 2 1 3, en la cual se aprecian en tonos de rojo las coberturas forestales vigorosas como bosques y selvas, en tonos de rojo menos intenso que van hacia el rosa y violeta se muestran las áreas cultivadas, 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, 4, 3 y corresponde al infrarrojo cercano, verde e infrarrojo medio respectivamente. En diferentes tonos de verde la imagen muestra las áreas con pastos y selva baja caducifolia, por su parte la vegetación de bosques se aprecia en distintos tonos de rojo, y en tonos de azul encontramos los cuerpos de agua, áreas urbanas y áreas desprovistas de vegetación. (Figura 5 y 6).

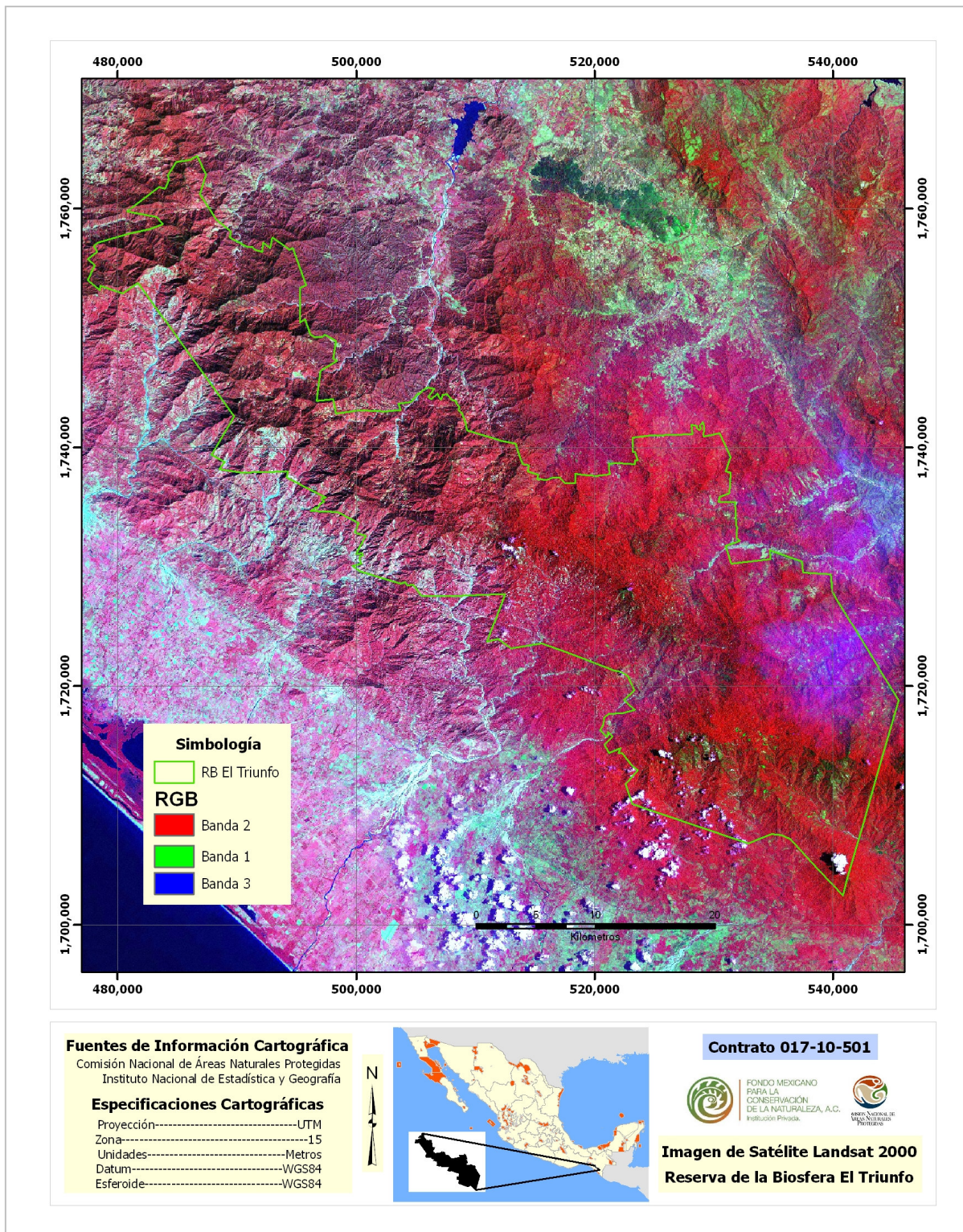


Figura 4.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 2 1 3

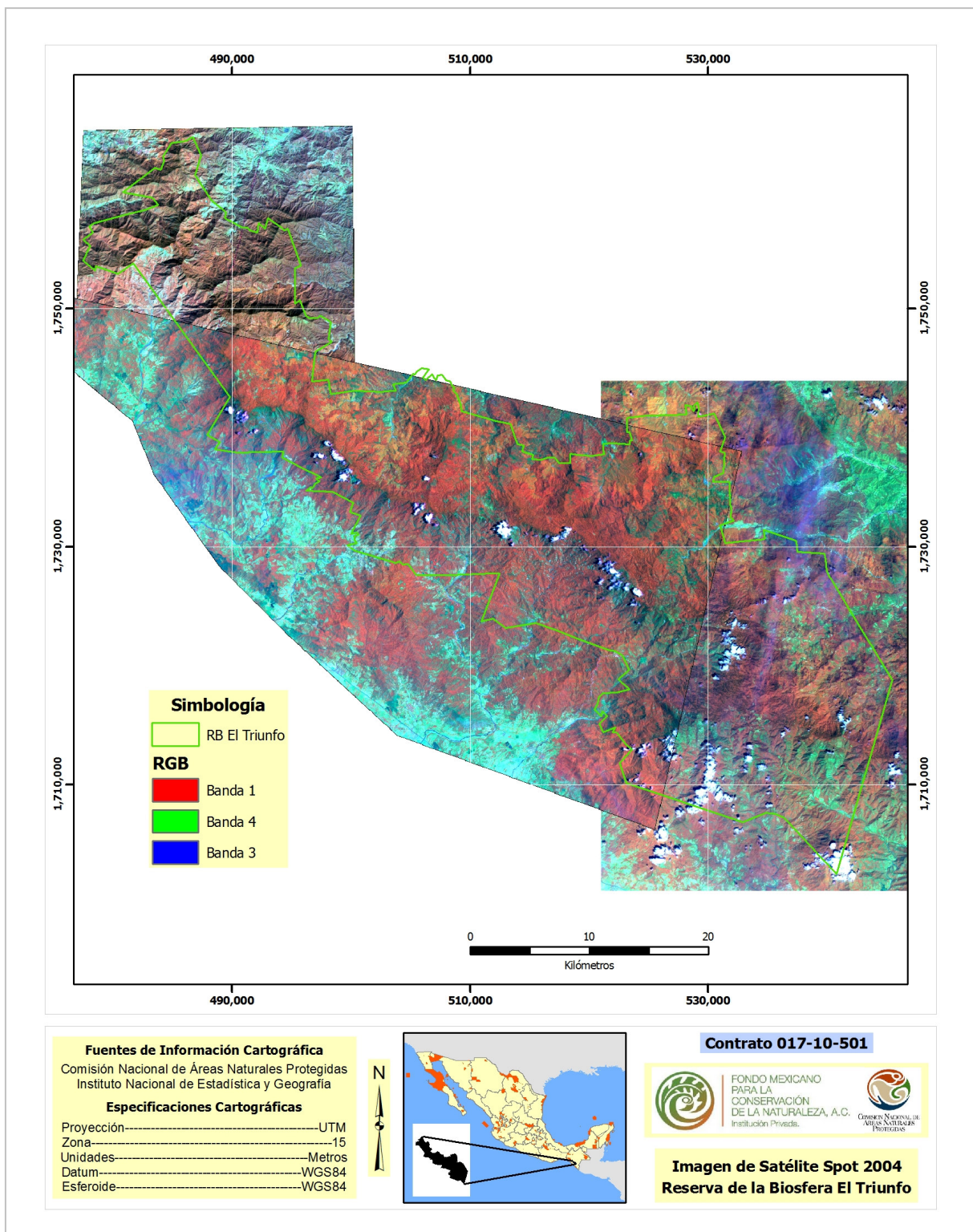


Figura 5.- Imágenes de Satélite SPOT 2004, falso color RGB 1 4 3

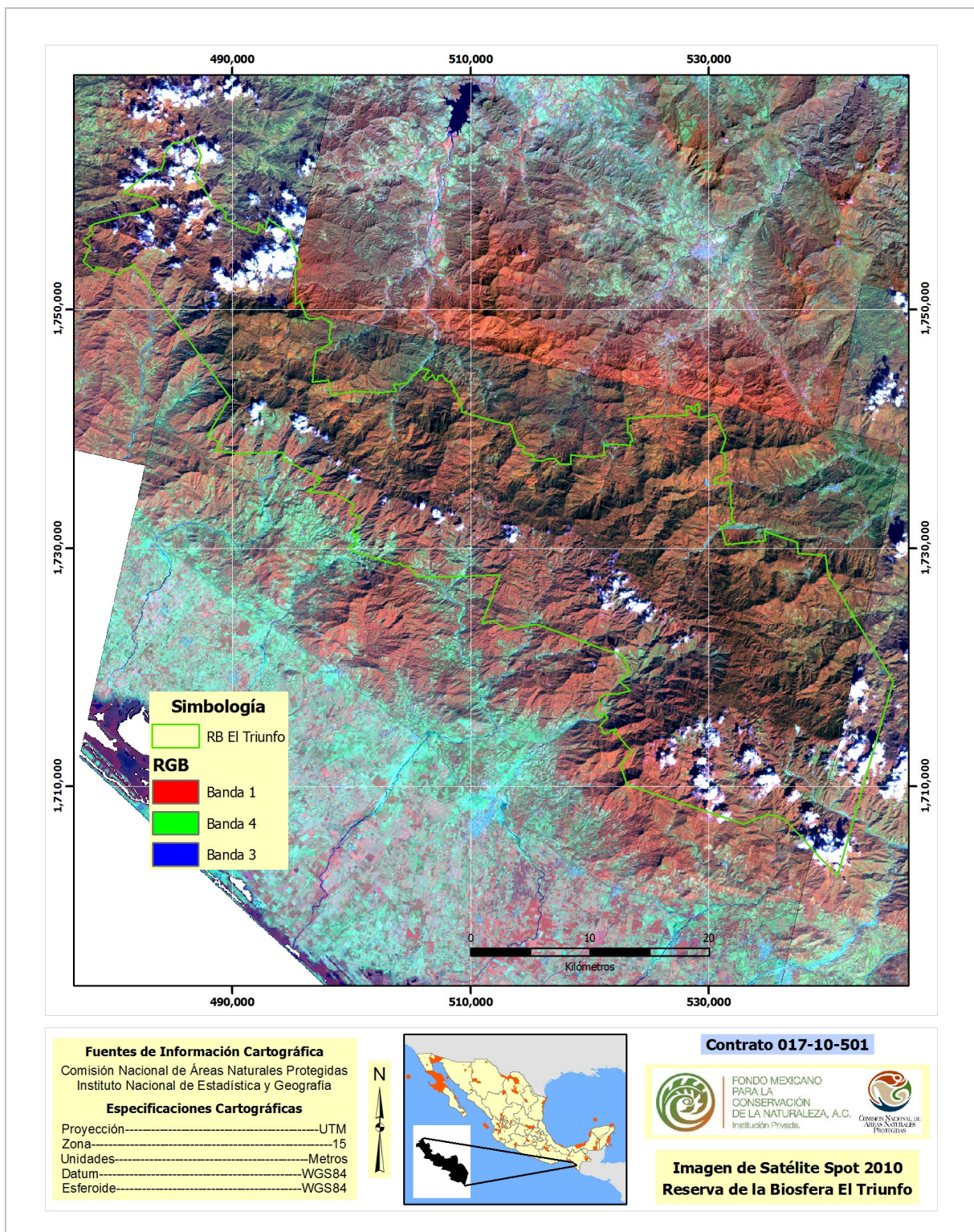


Figura 6.- Imágenes de Satélite SPOT 2010, falso color RGB 1 4 3

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 la Reserva de la Biosfera El Triunfo, 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 2010

Cubierta de Uso del Suelo RB El Triunfo						
Uso de Suelo y Vegetación	2000	%	2004	%	2010	%
FORESTAL						
Area sin Vegetacion Aparente	140	0.12	148	0.12	148	0.12
Bosque Mesofilo de Montaña	37,278	31.28	36,983	31.03	36,956	31.01
Bosque de Pino-Encino/vs	651	0.55	651	0.55	655	0.55
Bosque Mesofilo de Montaña/vs	42,924	36.02	42,552	35.70	43,914	36.85
Selva Alta Perennifolia/vs	24,101	20.22	24,340	20.42	25,217	21.16
Subtotal	105,094	88.18	104,674	87.83	106,890	89.69
NO FORESTAL						
Area Agricola	6,747	5.66	6,991	5.87	6,952	5.83
Area Arqueologica	146	0.12	146	0.12	146	0.12
Area Impactada por Deslaves	4,947	4.15	4,237	3.55	2,288	1.92
Area Impactada por Incendio	33	0.03	69	0.06	18	0.02
Asentamientos Humanos	193	0.16	193	0.16	193	0.16
Infraestructura	31	0.03	39	0.03	39	0.03
Pastizal	1,986	1.67	2,828	2.37	2,651	2.22
Subtotal	14,084	11.82	14,504	12.17	12,288	10.31
Total	119,178	100.00	119,178	100.00	119,178	100.00

En el grupo Forestal la superficie al inicio del periodo, en el año 2000, es de 105, 094 ha hectáreas quedando en 106, 890 ha en el año 2010, estas cantidades corresponden al 88% y 90% de superficie cubierta respectivamente. Por su parte, el grupo No Forestal presentó una superficie de 14, 084 hectáreas en el año 2000 la cual disminuyo a 12, 288 hectáreas para el año 2010; cifras que corresponden al 11.82% y 10.31% respectivamente.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es el bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria, esta clase cubre una superficie de 42, 924 hectáreas (36.02%) para el año 2000, y 43, 914 ha (36.85%) en el año 2010. Le sigue el bosque mesófilo de montaña con una superficie de 37, 278

hectáreas (31.28%) en el año 2000 y, 36, 956 hectáreas (31.01%) para el año 2010.

En el grupo No forestal, la clase área agrícola es la que cubre mayor superficie en el área, esta clase presentó 6, 747 hectáreas en el año 2000, lo que representa el 5.66% de la superficie total del área; y 6, 952 hectáreas (5.83%) para el año 2010.

El área de la Reserva durante el periodo 2000 – 2010 presentó tanto deslaves como incendios forestales, los cuales impactaron áreas que se reflejan en la tabla 3. Las áreas impactadas por deslaves presentaron una superficie de 4, 957 ha en el año 2000, misma que disminuyó para el año 2010 a 2, 288 hectáreas, seguramente debido a cierta revegetación y/o la disminución de este tipo de fenómenos. Por su parte la superficie impactada por incendios forestales en el año 2000 fue de 33 ha, misma que disminuyó para el año 2010 hasta 18 ha.

A continuación se presentan los mapas en donde pueden ser observados los grupos Forestal y No Forestal en los años 2000, 2004 y 2010 (Figuras 7, 8 y 9); en ellos el color verde representa a las áreas forestales, mientras que el color amarillo corresponde a las áreas no forestales.

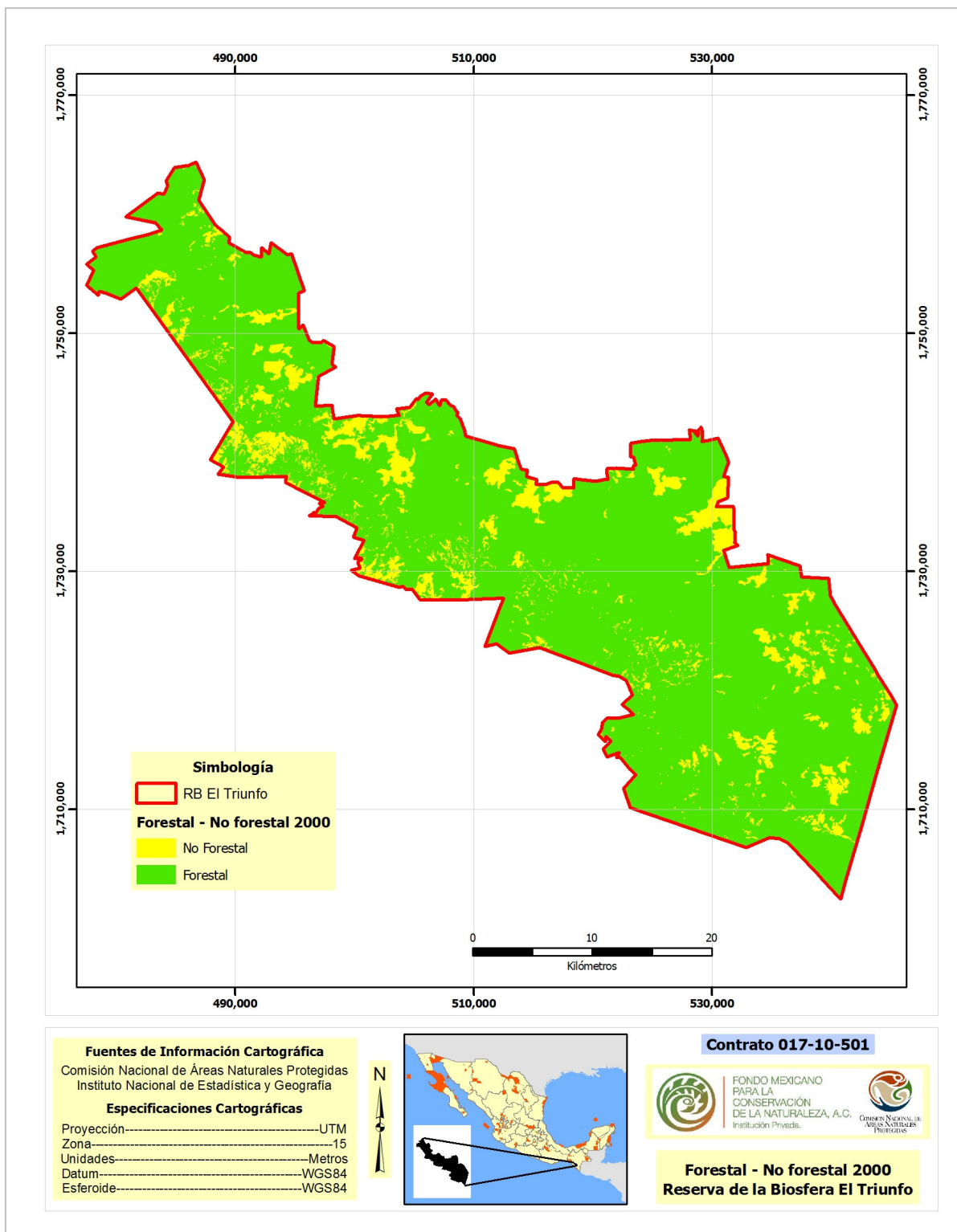


Figura 7.- Grupos Forestal-No Forestal año 2000

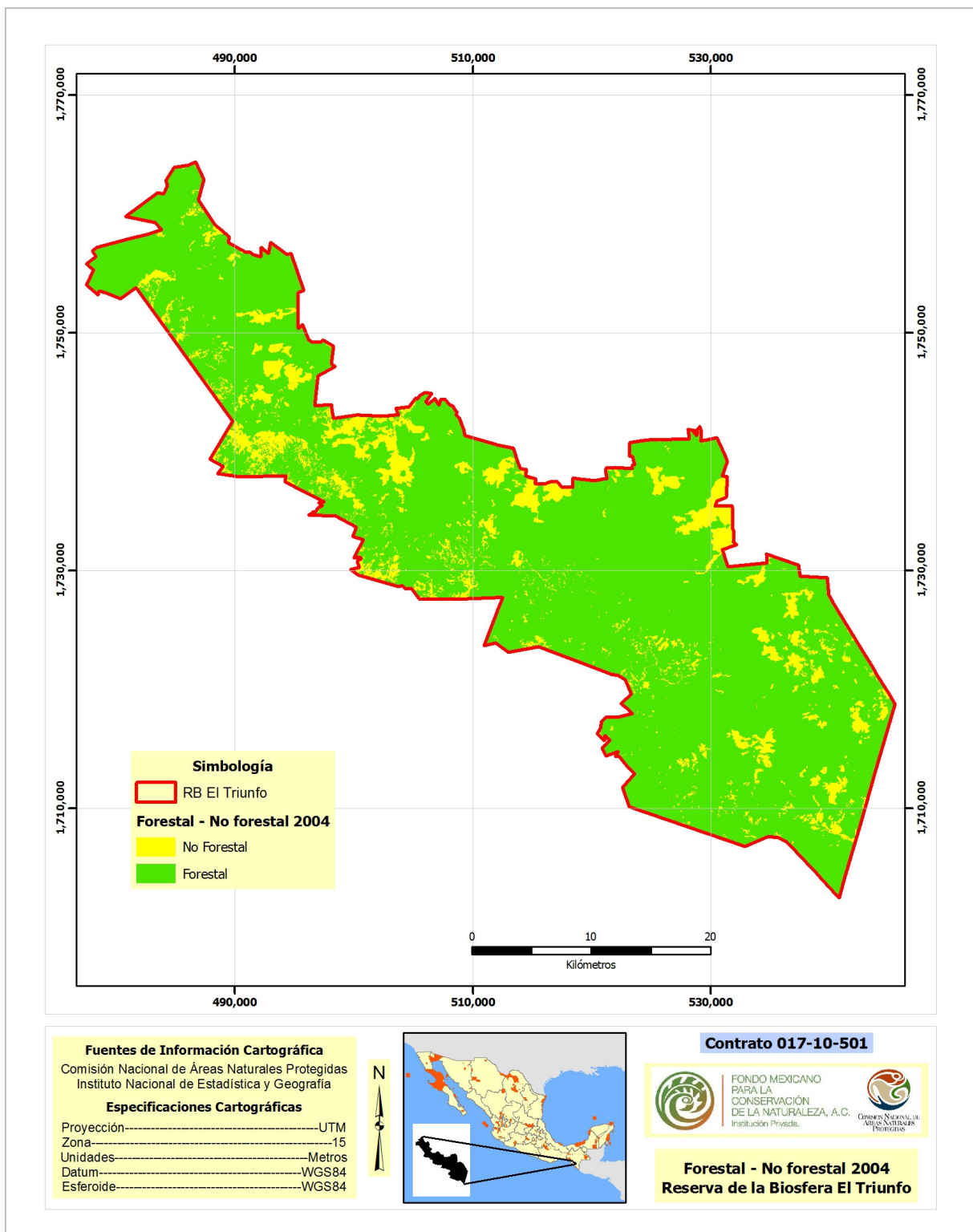


Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal año 2004

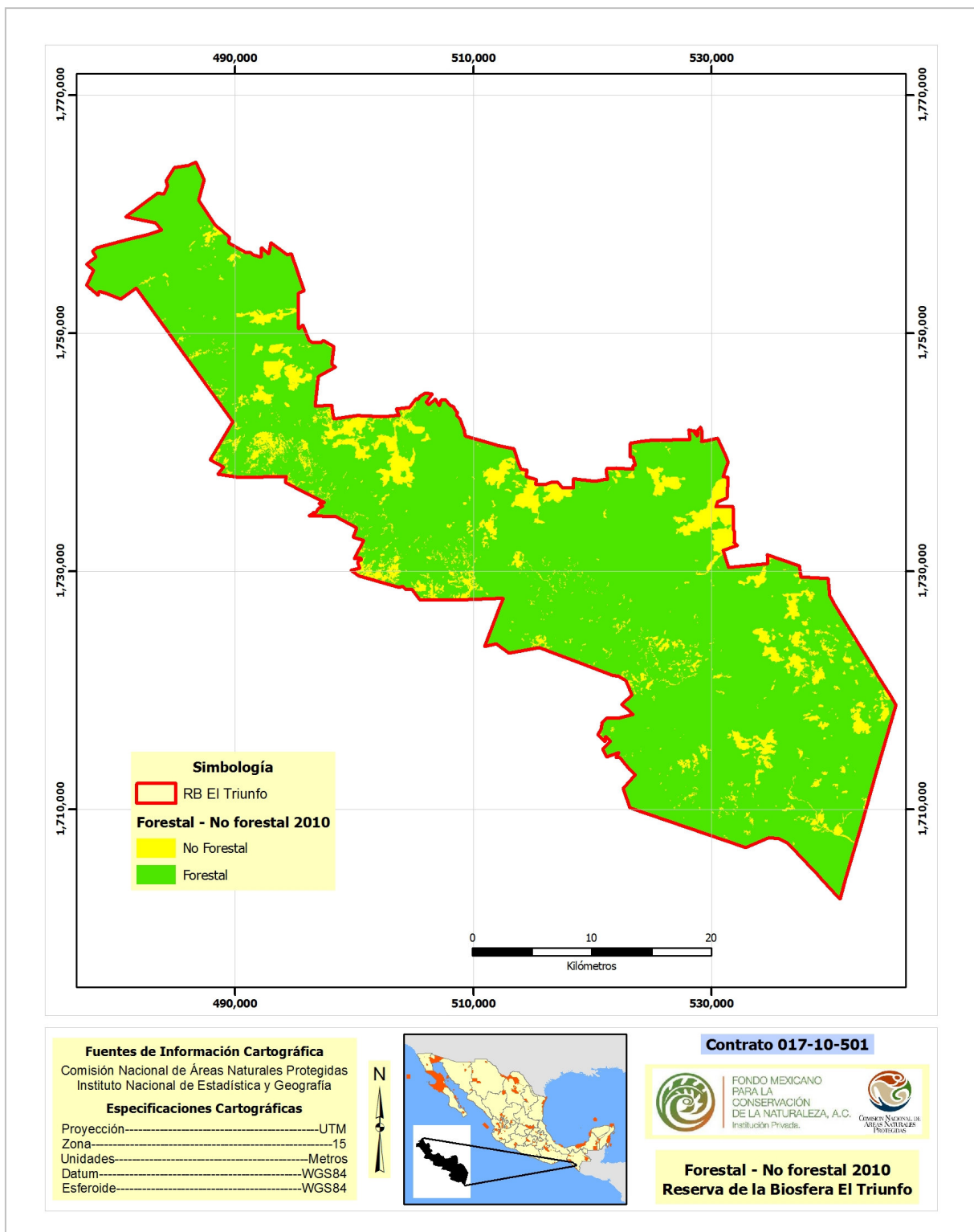


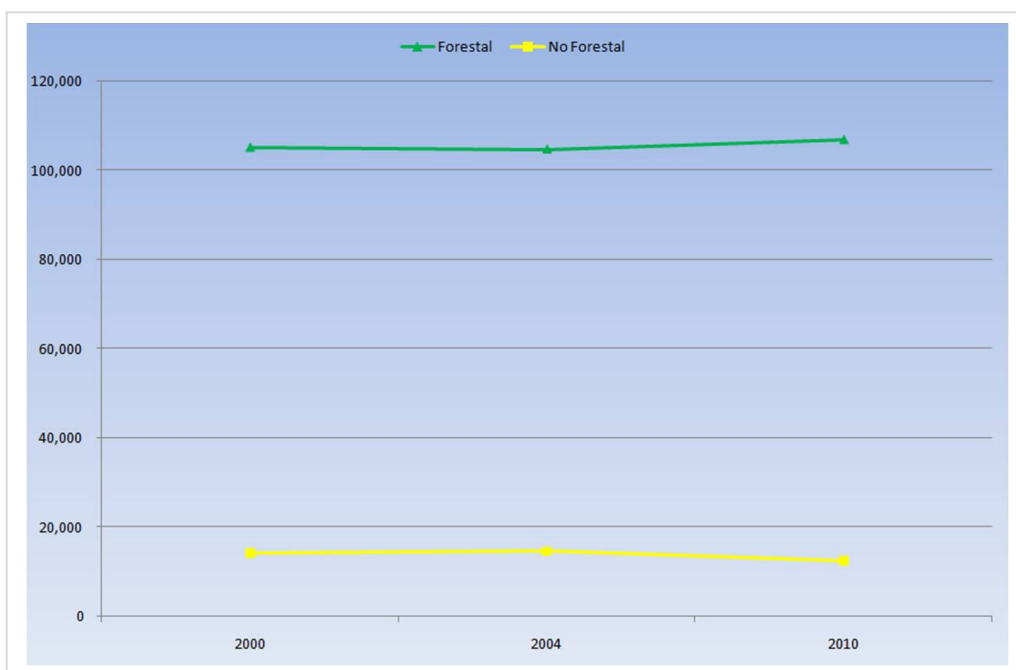
Figura 9.- Grupos Forestal-No Forestal año 2010

La siguiente tabla (4) muestra la superficie de los grupos Forestal y No forestal para los años 2000, 2004 y 2010; esos datos son representados en la figura 10, en donde se observa que durante el periodo de 10 años la cobertura forestal y no forestal se mantiene constante y con una ligera ganancia a través del periodo de 10 años.

Tabla 4. Superficie Forestal- No Forestal

Años	Forestal (Ha)	No Forestal (Ha)
2000	105, 094	14, 084
2004	104, 674	14, 504
2010	106, 890	12, 288

Figura 10. 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 y 2010 (Fig. 11, 12 y 13).

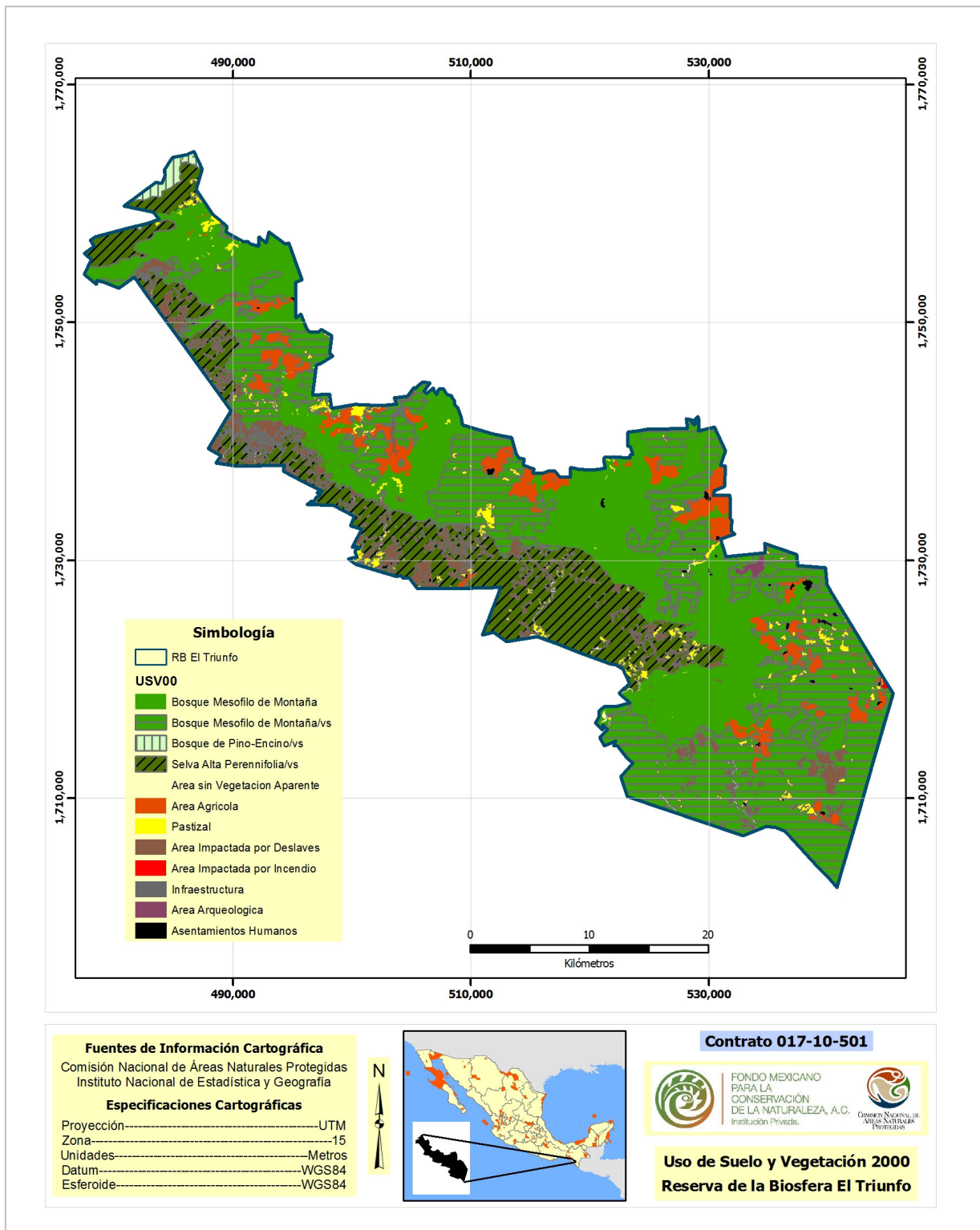


Figura 11- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

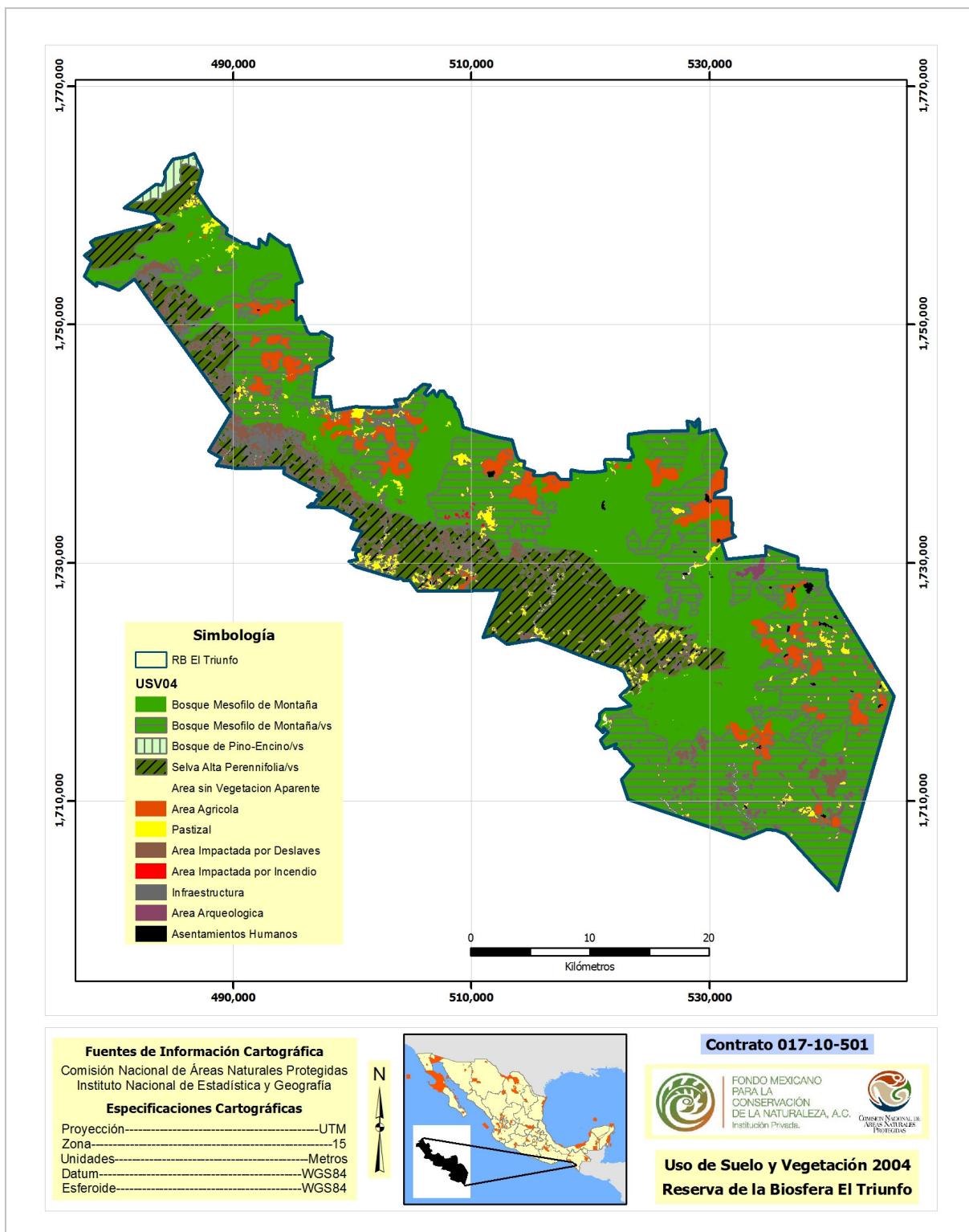


Figura 12.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2004

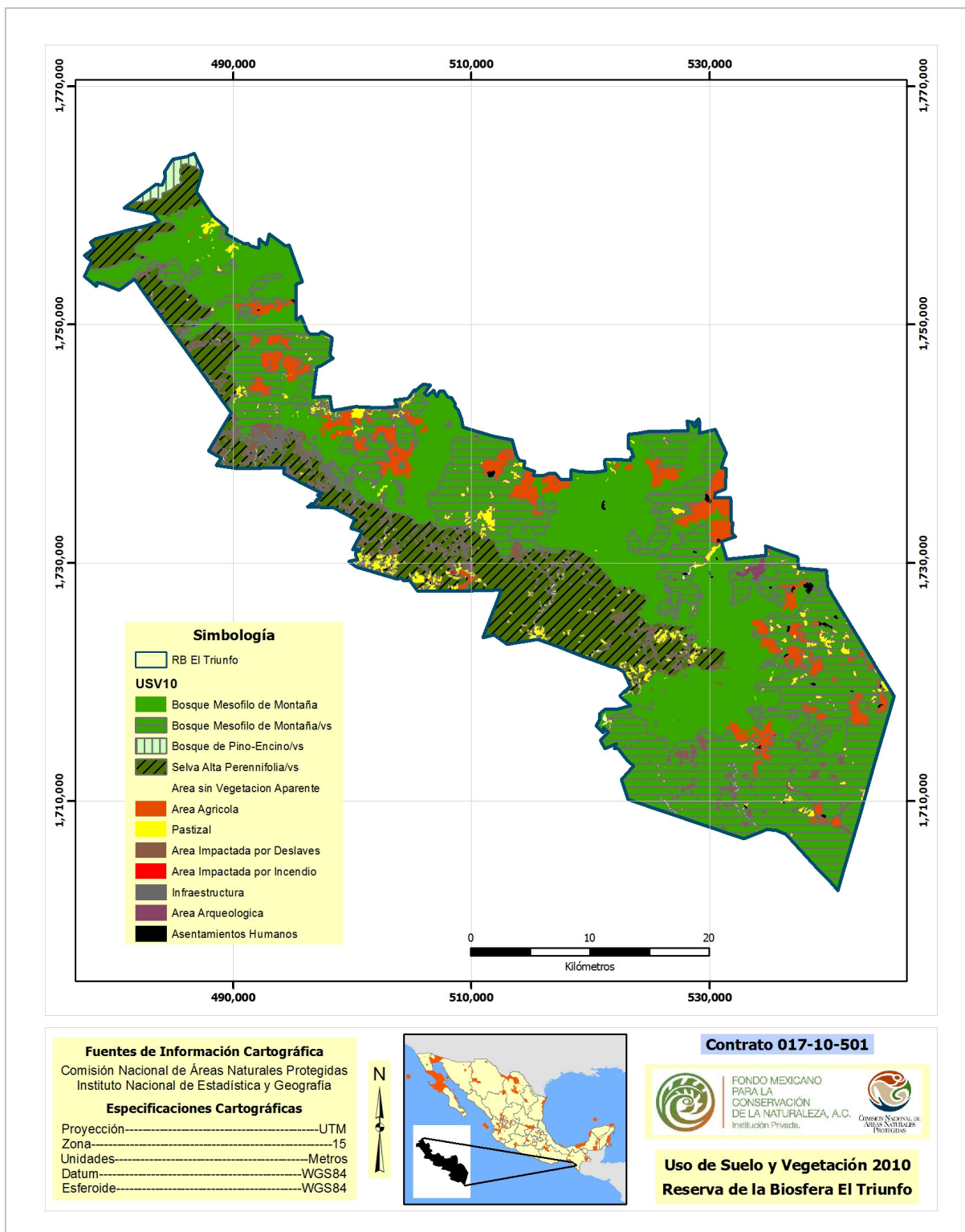


Figura 13.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2010

Áreas de Cambio

Con la elaboración de matrices de cambio se obtuvo la superficie transformada de las distintas categorías para los periodos 2000-2004 y 2004-2010. 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 – 2010 (figura 14).

Matriz de Cambio 2000 - 2004

La tabla (5) muestra los cambios ocurridos entre el periodo 2000-2004, en ella se aprecia que las transformaciones que se presentan para este período son por deforestación y revegetación.

Las clases que presentaron deforestación son tres y fueron afectadas por prácticas de desmonte para la introducción de actividades agrícolas y la presencia de pastizal, además de la ocurrencia de deslaves e incendios. La clase que más superficie perdió es el bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria, el con alrededor de 700 Ha, seguido de la clase selva alta perennifolia y el bosque mesófilo de montaña con 312 y 294 hectáreas perdidas durante este periodo.

Por su parte las clases que presentan revegetación son cuatro, siendo el área impactada por deslaves la que más hectáreas recupero, sobre todo hacia las clases selva alta perennifolia con vegetación secundaria y bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria; con 551 y 266 ha respectivamente.

Matriz de Cambio 2004 - 2010

Al igual que en el periodo anterior dentro del área natural protegida se exhiben procesos de deforestación y revegetación; en el primer caso son tres las clases en donde se presentó, mientras que para el segundo caso fueron 4 clases.

En este periodo la clase que más se vio afectada es selva alta perennifolia con vegetación secundaria perdió 239 hectáreas, seguida de la clase bosque mesófilo de montaña con vegetación secundaria que perdió 209 ha.

De las clases que muestran revegetación, la más representativa del periodo es el área impactada por deslaves con 2, 059 hectáreas, seguido de la clase pastizal con 524 ha.

Tabla 5.- Matriz de transición para el periodo 2000-2004

Matriz de Cambio El Triunfo 2000-2004																								
Area sin Vegetacion Aparente	140																							Total 2000
Area sin Vegetacion Aparente																								140
Bosque Mesofilo de Montaña		36,983								54				233									7	37,278
Bosque de Pino-Encino/vs			651																					651
Bosque Mesofilo de Montaña/vs				42,225						92				185		46							376	42,924
Selva Alta Perennifolia/vs								23,789						162		20							130	24,101
Area Agricola				13						6,735														6,747
Area Arqueologica												146												146
Area Impactada por Deslaves	7			266				551		110				3,653		1					8	350		4,947
Area Impactada por Incendio				4												2						28		33
Asentamientos Humanos																		193						193
Infraestructura																				31				31
Pastizal				44											3	1						1,937		1,986
Total 2004	148	36,983	651	42,552	24,340	6,991	146	4,237	69	193	39	2,828	119,178											

Tabla 6.- Matriz de transición para el periodo 2004-2010

Matriz de Cambio El Triunfo 2004-2010	Area sin Vegetacion Aparente	Bosque Mesofilo de Montaña	Bosque de Pino-Encino/vs	Bosque Mesofilo de Montaña/vs	Selva Alta Perennifolia/vs	Area Agricola	Area Arqueologica	Area Impactada por Deslaves	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal	Total 2004
	148	36,956	651	42,344	24,101	6,913	146	7	4	1		7	148
													36,983
													651
						31		87	6			85	42,552
						4		62	4			169	24,340
													6,991
													146
								2,123				55	4,237
									5			41	69
Total 2010								0		193			193
											39		39
						0		5	3			2,294	2,828
	148	36,956	655	43,914	25,217	6,952	146	2,288	18	193	39	2,651	119,178

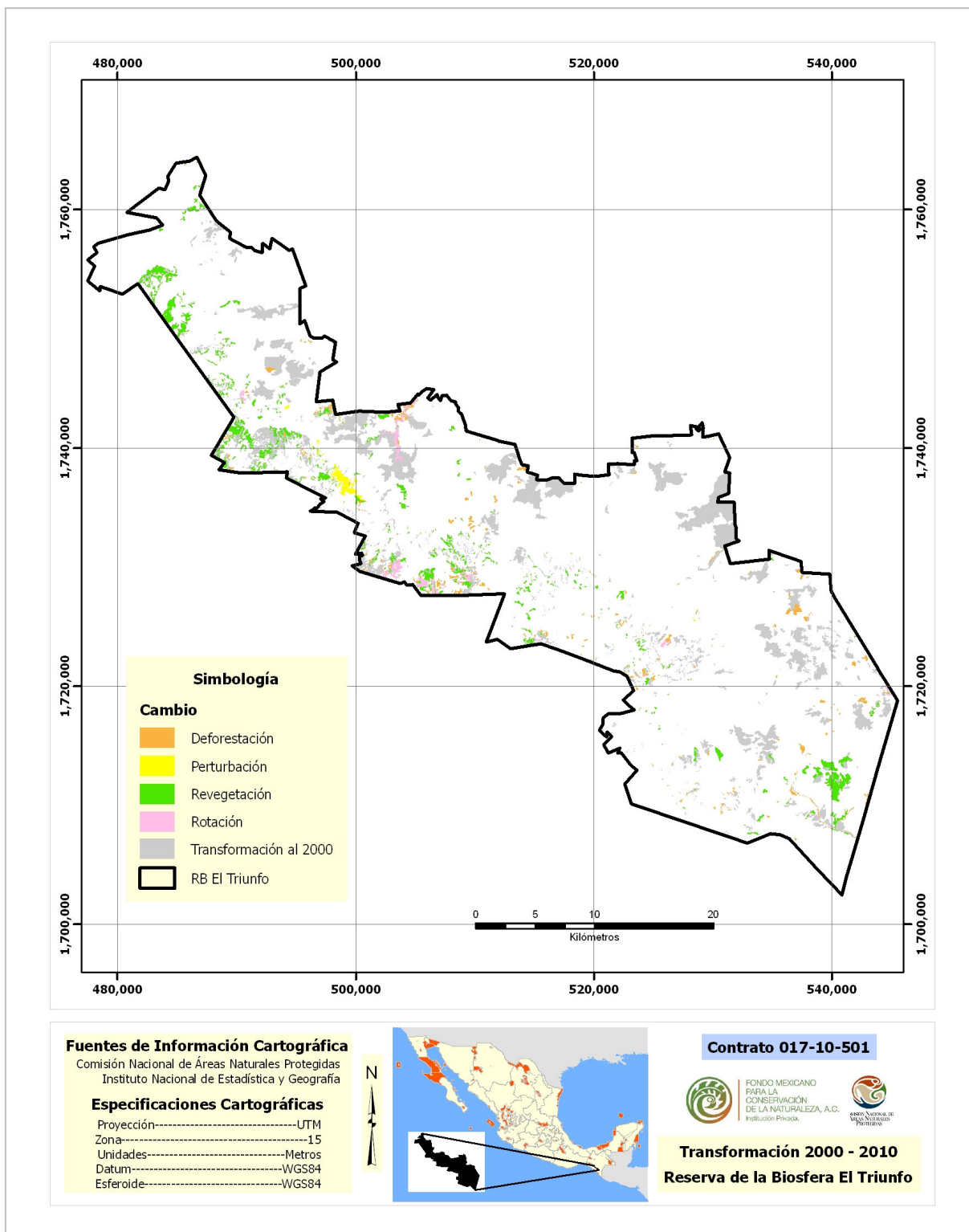


Figura 14.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2010

Durante el periodo 2000 - 2004, un total de 420 hectáreas fueron transformadas, a un ritmo de 105 ha por año (tabla 7).

Tabla 7. Superficie Forestal afectada por No forestal en el periodo 2000-2004

Matriz de Cambio El Triunfo 2000-2004	Area Agricola	Area Arqueologica	Area Impactada por Deslaves	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal
Area sin Vegetacion Aparente			7				
Bosque Mesofilo de Montaña	-54		-233				-7
Bosque de Pino-Encino/vs							
Bosque Mesofilo de Montaña/vs	-80		81	-42			-331
Selva Alta Perennifolia/vs			389	-20			-130
Subtotal	-134	0	244	-61	0	0	-469
Total de cambio en el periodo HA		-420					
Total por año HA		-105					

Por su parte en el periodo 2004 – 2010, se transformaron un total de 2, 216 hectáreas; poco más de 369 (ha) por año.

Tabla 8.- Superficie Forestal afectada por No forestal en el periodo 2004-2010

Matriz de Cambio El Triunfo 2004-2010	Area Agricola	Area Arqueologica	Area Impactada por Deslaves	Area Impactada por Incendio	Asentamientos Humanos	Infraestructura	Pastizal
Area sin Vegetacion Aparente							
Bosque Mesofilo de Montaña	-4		-4	-1			-7
Bosque de Pino-Encino/vs							4
Bosque Mesofilo de Montaña/vs	41		1,018	14			275
Selva Alta Perennifolia/vs	-4		891	-1			-9
Subtotal	33	0	1,906	13	0	0	264
Total de cambio en el periodo HA		2,216					
Total por año HA		369					

Tasa de Transformación del Hábitat.

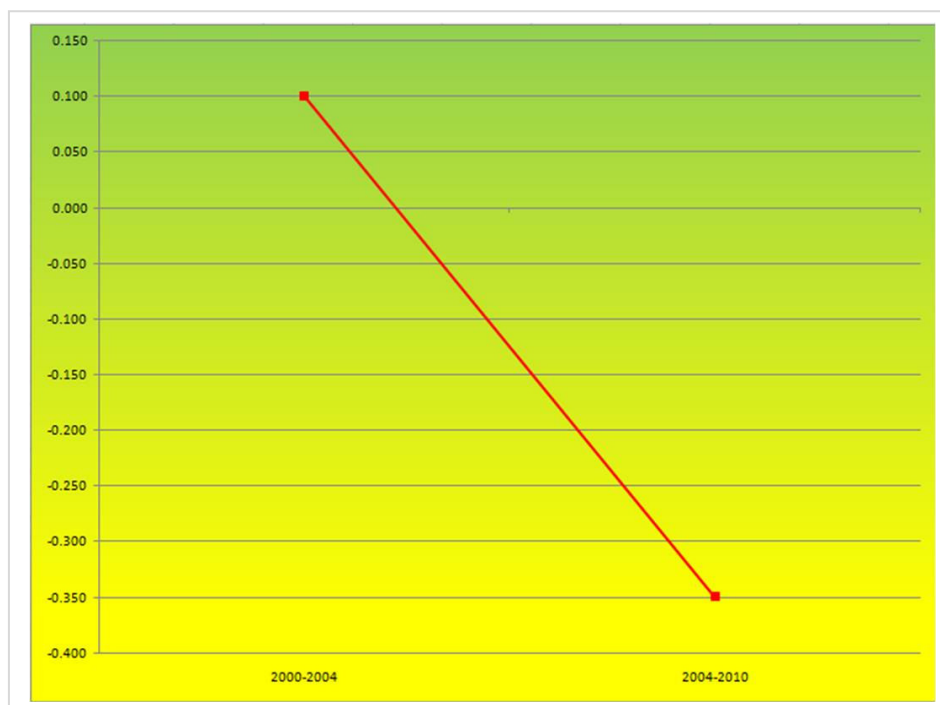
La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2010 para área de la Reserva es de -0.170, valor que corresponde a una superficie de 1, 795.59 hectáreas. Para el periodo 2000 – 2004, hubo una transformación en 419.93 hectáreas con una tasa de 0.100. Finalmente para el periodo 2004 – 2010 la tasa de transformación fue de -0.350 correspondiente a 2, 215.52 Ha (tabla 9).

Tabla 9.- Tasa de transformación del hábitat

Período	s1	s2	Cambio(HA)	Año	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual
2000-2004	105,094	104,674	-419.93	4	0.00100	0.100
2004-2010	104,674	106,890	2,215.52	6	-0.00350	-0.350
2000-2010	105,094	106,890	1,795.59	10	-0.00170	-0.170

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 de la Reserva de la Biosfera El Triunfo



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 un periodo de 10 años (2000 – 2010) -0.170, valor que corresponde a una superficie de 1, 795.59 hectáreas de cambio en el área. En términos generales la cobertura forestal presenta un ligero aumento, el cual se debe sobre todo al proceso de revegetación.

El área de la Reserva ha presentado eventos como deslizamientos e incendios que han impactado amplias áreas forestales, siendo estos fenómenos los que han provocado una mayor pérdida de superficie forestal contrario a las actividades agropecuarias. Sin embargo es necesario que se continúe con la actualización de presente trabajo con el fin de dar seguimiento al desarrollo de procesos como deforestación, revegetación y aprovechamiento que existe en la Reserva.

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, 1999. Programa de Manejo de la reserva de la Biosfera El Triunfo, México. Primera edición. 109pp.

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

D.O.F., 1990. 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.

Sánchez-Cordero V., Figueroa F., 2008. Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. Biodivers Conserv. 17: 3223-3240.

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>