



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 Ría Lagartos



Nombre del Consultor:

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

Periodo del Reporte:

01 al 30 de Agosto de 2010

Morelia, Michoacán
31 de Agosto 2010

Coordinación

Jorge Carranza Sánchez
Subdirección Encargada de la
Coordinación de Geomática
CONANP-SEMARNAT

Andrew John Rhodes Espinoza
Coordinador Central del FANP
FMCN - CONANP

Compilador

M. en Geog. Rodolfo Ruiz López
FMCN – CONANP

Colaboración Técnica

Ignacio Paniagua Ruíz
Jefe de Departamento
CONANP-SEMARNAT



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

“SEMAR-SAGARPA-ASERCA-CONANP 2010.

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

Índice

| | |
|---------------------------------------|----|
| <i>Introducción</i> | 4 |
| <i>Antecedentes</i> | 7 |
| <i>Objetivo</i> | 10 |
| <i>Área de Estudio</i> | 10 |
| <i>Material</i> | 18 |
| Polígono oficial | 18 |
| Imágenes de satélite | 18 |
| Modelo Digital de Elevación (MDE) | 19 |
| <i>Metodología</i> | 21 |
| Diseño de la leyenda | 21 |
| Rectificación de imágenes de satélite | 23 |
| Clasificación de imágenes de satélite | 24 |
| Áreas de cambio | 26 |
| Tasa de Transformación | 28 |
| <i>Resultados</i> | 29 |
| Imágenes de satélite | 29 |
| Uso del Suelo y Vegetación | 33 |
| Áreas de Cambio | 42 |
| Matriz de Cambio 2000 - 2005 | 42 |
| Matriz de Cambio 2005 - 2009 | 42 |
| Tasa de Transformación del Hábitat. | 48 |
| <i>Conclusiones</i> | 49 |
| <i>Bibliografía</i> | 51 |

Introducción

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Antecedentes

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

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

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

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

Para el año 2007, el FANP en coordinación con la CONANP llevaron a cabo la contratación del Dr. Víctor Sánchez Cordero para desarrollar el trabajo titulado “La efectividad de las reservas de la biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación”. (Sánchez *et. al.*, 2007). Este trabajo aborda la capacidad para contener procesos de cambio en la vegetación, en un conjunto de ANP federales.

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

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

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

un documento que permita conocer los cambios que han ocurrido en las siguientes ANP:

Región Noreste y sierra Madre

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

Región Occidente y Pacífico

5. RB Sierra de Manantlán
6. RB Mariposa Monarca

Región Frontera Sur y Pacífico Sur

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

Región Península de Yucatán y Caribe Mexicano

10. RB Calakmul
- 11. RB Ría Lagartos**

El siguiente documento tiene como área de interés Reserva de la Biosfera Ría Lagartos. La cual presenta una gran diversidad de ambientes, como manglar, selva mediana subperennifolia, selva baja caducifolia, petenes, entre otros; que son los principales sitios de anidación de aves palustres y marinas. En conjunto, estos sistemas sustentan alta diversidad flor La fauna que alberga destaca por la presencia de especies como el flamenco del caribe cuya distribución en México se restringe a la porción norte de la Península de Yucatán. Esta especie cuenta con colonias de anidación en una pequeña porción al este de la Reserva. A pesar de tener poblaciones considerables en otras partes de la región, está considerada bajo protección especial.

En el año de 1979, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el decreto por el que se estableció al área conocida como Ría Lagartos bajo la categoría de Zona de Refugio Faunístico, abarcando entonces una superficie de 47, 820 ha. El establecimiento de la zona se fundamentó con base en el creciente deterioro ambiental de las zonas silvestres, debido a la acción del hombre y a la necesidad de contar con refugios faunísticos donde las especies tuvieran un grado mínimo de perturbación que garantice su conservación y propagación.

En 1986, sus playas fueron decretadas por el Gobierno Federal como zona protectora de anidación de tortugas marinas, reconocidas como una de las principales zonas de arribo de tortuga carey y la única en el estado de Yucatán para tortuga blanca. En ese mismo año los humedales de la Reserva tuvieron reconocimiento internacional Ramsar, según los criterios adoptados por la convención de Cagliari en 1980.

Para el año de 1999 es publicado en el Diario Oficial de la Federación la declaratoria en la cual Ría Lagartos adquiere la categoría de Reserva de la Biosfera, con una superficie de 60, 347.82 hectáreas

Objetivo

- ◆ Determinar la tasa de transformación del hábitat en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos para el periodo 2000 a 2009.

Área de Estudio

El Área de La Reserva de la Biosfera Ría Lagartos se localiza en el extremo oriental de la franja litoral de Yucatán; al norte limita con el Golfo de México, al sur con los municipios de Tzimín, Río Lagartos y San Felipe, al este con Quintana Roo y al oeste con el municipio de San Felipe. La reserva se ubica a 270 km de la ciudad de Mérida y a 50 km de Tizimín.

La Reserva tiene 74 kilómetros de longitud de los 378 del litoral con que cuenta el estado, lo que significa que abarca el 19.6% del total de la costa. Se encuentra ubicada en la Provincia Fisiográfica denominada Región Peninsular Yucateca, en la subprovincia de la Llanura Cárstica y subdivisión de Zona Costa, que abarca la porción norte de la península. Esta provincia se caracteriza por ser una plataforma caliza formada de rocas sedimentarias cretácicas que descansan

en formaciones terciarias, en la cual no existen corrientes superficiales y el agua se filtra formando un manto freático de poca profundidad compuesto por grutas, corrientes subterráneas, cenotes y aguadas. Se encuentra en una zona asísmica, por cual los temblores son raros o desconocidos. La topografía de la Reserva se caracteriza por relieves planos o casi planos, con ligeras pendientes que permiten considerarla uniforme. En la porción sur, se localizan los únicos lomeríos que alcanzan los 10 metros. Estas pequeñas variaciones topográficas son de gran importancia para la hidrodinámica superficial y la distribución de la vegetación (Valdés, et al., 1992).

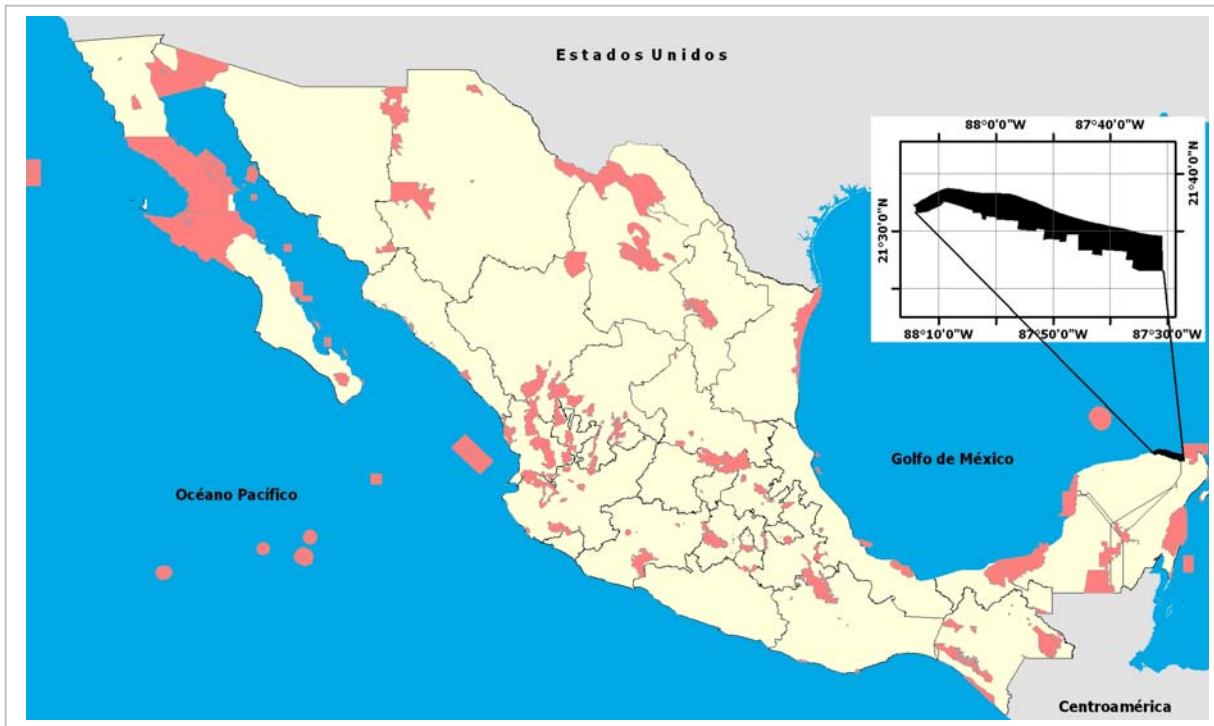


Figura 1. Localización de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos

El área de la Reserva está comprendida en las formaciones geológicas del Cuaternario, compuestas de materiales del Pleistoceno y Holoceno de menos de un millón de años de antigüedad. Por su parte la geología estructural del área presenta en la porción sureste del estero aproximadamente 19 fracturas que forman dos sistemas de fracturamientos, uno con orientación noroeste sureste

(NW-SE) y el otro noreste suroeste (NE-SW), que pueden estar ligados a la orogénesis mio-pliocénica.

Los cenotes o dolinas generalmente se encuentran en estas alineaciones o en la intersección. Las rocas forman parte de un gran banco calcáreo prácticamente sin deformar, que se depositó durante la evolución de la Plataforma de Yucatán. Las unidades geológicas que se encuentran en el área de la Reserva son:

Caliza del Terciario Superior. Esta unidad se constituye de calizas compactas de estructura laminar, con estratos de espesor medio a grueso, de color beige y blanco; está localizada en la porción centro-este de la Reserva.

Caliza del Cuaternario. La unidad se forma de calizas compuestas por conchas mal compactadas, con capas de espesor entre 1 m y 2 m. Su contenido fosilífero es de moluscos y se localiza desde la porción sur del poblado Río Lagartos, hasta la parte sur de la Angostura.

Litoral del Cuaternario. Se encuentra constituido por arenas de diferente composición y tamaño, en el que se encuentran minerales como las oolitas y en menor cantidad fragmentos de diversos organismos marinos. Esta unidad se encuentra en la Reserva, representada por la línea de costa incluyendo la duna costera y la zona de contacto de la unidad lacustre, hasta el extremo este del estero.

Lacustre del Cuaternario. La unidad se constituye por sedimentos de arena de grano fino, fango calcáreo y materia orgánica en descomposición. Aparece expuesta bordeando la línea de costa en forma de planicie y el estero en las partes más anchas y en el extremo oriental, incluyendo la noca del estero Chipepte (Valdés et al., 1992).

Los suelos de la Reserva derivan de la sedimentación marina reciente, del intemperismo de la roca caliza y de los procesos climáticos que actúan en conjunto con la vegetación, propiciando que se encuentren en estado transitorio y proceso evolutivo. Los suelos que ahí se encuentran corresponden, según la clasificación de FAO al orden azonal, esto significa que el desarrollo del perfil es extremadamente juvenil y están sujetos a movimiento continuo por la acción de vientos, flujo laminar e inundación por mareas. De acuerdo a las características geológicas y de desarrollo edáfico que se ha dado en ésta porción de la Sierra Madre de Chiapas, en la Reserva de la Biosfera se localizan las siguientes unidades de suelo.

En las márgenes del estero, en la porción oriental de la Reserva, en El Cuyo, en la zona de petenes y en la boca del estero Chipepte se encuentran suelos Solonchak, los cuales, se caracterizan por tener alta salinidad y poca susceptibilidad a la erosión. En la zona centro-sur de la Reserva tenemos la presencia del grupo Litosol, en el cual, la susceptibilidad a la erosión es de moderada a alta. Sobre toda la línea de costa, incluyendo los poblados de las Coloradas y El Cuyo está el grupo Regosol que es un suelo con materia mineral sobre una capa de arcilla.

En el límite sureste de la Reserva y al sur a la altura del poblado El Cuyo, existe suelo de tipo Luvisol que se caracteriza por tener alto contenido de arcilla. Por su parte los suelos Cambisol, que son de los suelos más jóvenes y con cantidades moderadas de arcilla, carbonato de calcio, fierro y manganeso; se encuentra en contacto con los suelos Litosol y Luvisol. En una pequeña porción al sur de la Reserva existe el suelo Vertisol, este suelo contiene arcillas absorbentes por lo que tiene problemas de inundación y drenaje.

Finalmente al sureste de la Reserva y en contacto con las rendzinas tenemos la presencia de Gleysol que se caracteriza por un alto contenido de hierro y es muy poco susceptible a la erosión. Mientras que en una pequeña zona del

tramo de la carretera El Cuyo- Moctezuma se encuentran el suelo de tipo Rendzina que son suelos muy ricos en calcio y con una capa superficial de humus. (Valdés, et al., 1992).

La península está formada por una plataforma sedimentaria de roca caliza porosa que le da características hidrológicas únicas, no existe un sistema superficial de corrientes de agua dulce de carácter permanente, sino un flujo muy particular de agua subterránea, por la fácil filtración del agua pluvial a través de la roca caliza. Cuando estas rocas superficiales son disueltas por efecto del agua, causando el desplome de la bóveda que lo cubre, origina los cenotes o dolinas (Lesser y Weidie 1988).

Las corrientes de agua provenientes del sur de la península, se dirigen hacia el norte propiciando la existencia de una red hidrológica subterránea en el manto freático, que en ocasiones surge como fuentes en el fondo del estero. El estero Ría Lagartos se orienta de oeste-noroeste a este-sureste. Presenta tres conexiones con el mar, una natural por la boca de San Felipe, las otras dos son canales artificiales, el de San Felipe y el de Río Lagartos.

La amplitud de la ría varía de 25 metros a 3.5 kilómetros y la longitud es de aproximadamente 74 km. El borde norte está formado por una isla de barrera resultado de la sedimentación de arena, provocada por la acción marina. La extensión del espejo de agua es de 9,371 ha, la profundidad varía entre 0.5 m y 3 m. El volumen de agua se aproxima a los 130 millones de metros cúbicos y por su restringida comunicación con el mar tiene escasa renovación de las aguas internas, además recibe limitados aportes de agua dulce provenientes de afloramientos internos, escurrimientos y lluvias. El sistema de Ría Lagartos presenta una serie de cuencas: Río Lagartos, Las Coloradas y El Cuyo comunicadas entre sí por estrechos naturales de El Puente y La Angostura. Dentro de la cuenca de Las Coloradas se presenta el estrecho de San Fernando, que

aparentemente juega un papel importante en el flujo de agua dentro de esta cuenca y entre ésta y la de El Cuyo.

El escaso intercambio con el agua de mar abierto y el hecho de que la evaporación supera a la precipitación ocasiona que las aguas relativamente inmóviles del estero aumenten su salinidad con el transcurrir del tiempo, ocurriendo que en la cuenca de El Cuyo, la salinidad alcanza valores superiores a los 100 g/kg de agua (100 ppm de salinidad), como lo indican los trabajos de Zamacona (1983) y Allen (en Hernández, s/f), que reportan valores cercanos a los 180 ppm a la altura del poblado de El Cuyo.

En la época de lluvias y en la de nortes existe un mayor flujo de agua menos salina dentro de la laguna, lo que permite una mayor oxigenación y un enfriamiento relativo del agua, así como un aumento del nivel de ésta en la laguna. En la zona de humedales de la Reserva existen irregularidades topográficas que varían entre 1 m y 3 m. En estos lugares aflora agua dulce de muy baja salinidad (2 ppm), lo que permite el establecimiento de comunidades de gran diversidad llamadas “Petenes” o “Islas de Vegetación”, también existen otros cuerpos de agua conocidos como aguadas, que son cuerpos de agua temporales.

Por su parte el aspecto clima, documentado por Valdés, (et al., 1992), menciona que la Reserva es afectada por diferentes patrones de circulación atmosférica debido a su situación geográfica y proximidad al mar, como son los vientos alisios dominantes, las masas de aire polar modificado (“nortes”) y las corrientes convectivas que ocasionan lluvias. Se presentan dos estaciones de lluvias claramente diferenciadas, la primera de junio a noviembre representa el 70% de la lluvia total anual, el 30% restante llueve en la época de secas de diciembre a mayo. Los “nortes” inciden de septiembre-octubre a marzo-abril.

Existen dos tipos de clima en Ría Lagartos el BSo(h')w(x')iw". Es el clima más seco de los áridos y se presenta en la región de Río Lagartos. El coeficiente precipitación/ temperatura (P/T) es menor a 22.9 ya que la evaporación excede a la precipitación, la temperatura media del mes más frío es mayor a 18 °C y la temperatura media anual mayor a 22 °C, el porcentaje de precipitación invernal respecto a la total anual está entre 5 y 10.2 %; se presentan lluvias todo el año aunque poco frecuentes, pero intensas; es isotermal con oscilación anual de las temperaturas medias mensuales menor a 5 °C y tiene influencia de la canícula.

El segundo tipo de clima es el Ax'(wo) iw", en la región de El Cuyo corresponde al más seco de los cálidos húmedos, con lluvias repartidas a lo largo del año. El porcentaje de precipitación invernal respecto al total anual es mayor al 18%; es un clima de transición entre los de lluvias en verano y los de lluvias en invierno; la temperatura media anual mayor a los 22 °C y la temperatura del mes más frío mayor a los 18 °C; es isotermal con oscilación anual con relación a las temperaturas medias mensuales menor a 5 °C y presenta influencia de la canícula

En cuanto al recurso flora, Ría Lagartos cuenta con numerosas especies de afinidad centroamericana, es decir, especies cuya distribución geográfica se extiende desde los países centroamericanos y los estados mexicanos del sur hasta la península de Yucatán. De igual forma, entre la flora de la Reserva se encuentran numerosas especies de afinidad caribeña, algunas de las cuales para México sólo se encuentran representadas en los estados que colindan con el Mar Caribe, Yucatán y Quintana Roo.

. En la Reserva presenta una gran diversidad de comunidades vegetales en su interior son 10 tipos de vegetación: Selva mediana subperennifolia, Selva mediana subcaducifolia, Selva baja caducifolia, Selva baja caducifolia espinosa, Selva baja inundable, Manglar de franja, Manglar achaparrado, Matorral de dunas costeras, Pastizal inundable y la vegetación de pastos marinos (Seibadal). También encontramos comunidades de Hidrófitas flotantes, de Hidrófitas emergentes y unas formaciones características de las zonas costeras de la Península de Yucatán denominadas Petenes.

Para la elaboración de la leyenda que se utilizó para elaborar la cartografía de uso de suelo y vegetación, se consideró la clasificación de INEGI Series 3 y 4, mismas que se mencionan en el apartado correspondiente a la metodología.

La fauna terrestre se encuentra íntimamente ligada con la vegetación primaria y secundaria. La gran cantidad de microambientes conformados por esta vegetación y el ambiente físico promueven la gran diversidad faunística de la Reserva. A diferencia de la vegetación, por lo general la fauna no requiere de medios exógenos de dispersión, por lo que la recolonización faunística de la Reserva depende en gran medida de la capacidad de dispersión de la fauna y de la regeneración del hábitat. La diversidad de la región está representada por especies de los 5 grupos de vertebrados. Las 554 especies reportadas hasta la fecha en la Reserva incluyen 142 endémicas de Mesoamérica, de las cuales 15 son endémicas de México y 1 de Yucatán.

Material

Polígono oficial

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

Imágenes de satélite

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

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

| Satélite | Path | Row | Fecha | Resolución (metros) | Número de bandas |
|----------|------|-----|-----------|---------------------|------------------|
| ETM | 19 | 45 | 21-abr-00 | 30 | 6 |
| | | | | 15 | 1 |

Se tomó como base el polígono del ANP Reserva de la Biosfera Sierra La Sepultura, para conocer cuantas imágenes de satélite SPOT serían necesarias para este trabajo, mismas que fueron solicitadas a la Estación de Recepción México de la constelación SPOT (ERMEXS) a través de la Subdirección de Área a cargo del Sistema de Información Geográfica de la CONANP como gestor oficial. Un total de 7 imágenes fueron solicitadas y utilizadas para el cubrimiento completo del área de estudio (Tabla 2).

Tabla 2.- Imágenes de satélite SPOT para la Reserva de la Biosfera La Sepultura

| Sensor | K | J | Fecha | Resolución espacial (metros) | Número de bandas | Tipo | Nivel de Procesamiento |
|--------|-----|-----|-----------|------------------------------|------------------|----------------|------------------------|
| SPOT | 610 | 307 | 20-nov-04 | 10 | 4 | Multiespectral | 1A |
| | | | | 2.5 | 1 | Pancromática | 1A |
| SPOT | 611 | 307 | 27-feb-05 | 10 | 4 | Multiespectral | 1A |
| | | | | 2.5 | 1 | Pancromática | 1A |
| SPOT | 610 | 307 | 17-feb-09 | 10 | 4 | Multiespectral | 1A |
| | | | | 2.5 | 1 | Pancromática | 1A |

Modelo Digital de Elevación (MDE)

La figura 3 muestra el modelo sombreado para el área de la Reserva de la Biosfera Selva Ría Lagartos. El modelo se elaboró a partir del Modelo Digital de Elevación de INEGI escala 1:50, 000, y una resolución de 30m.

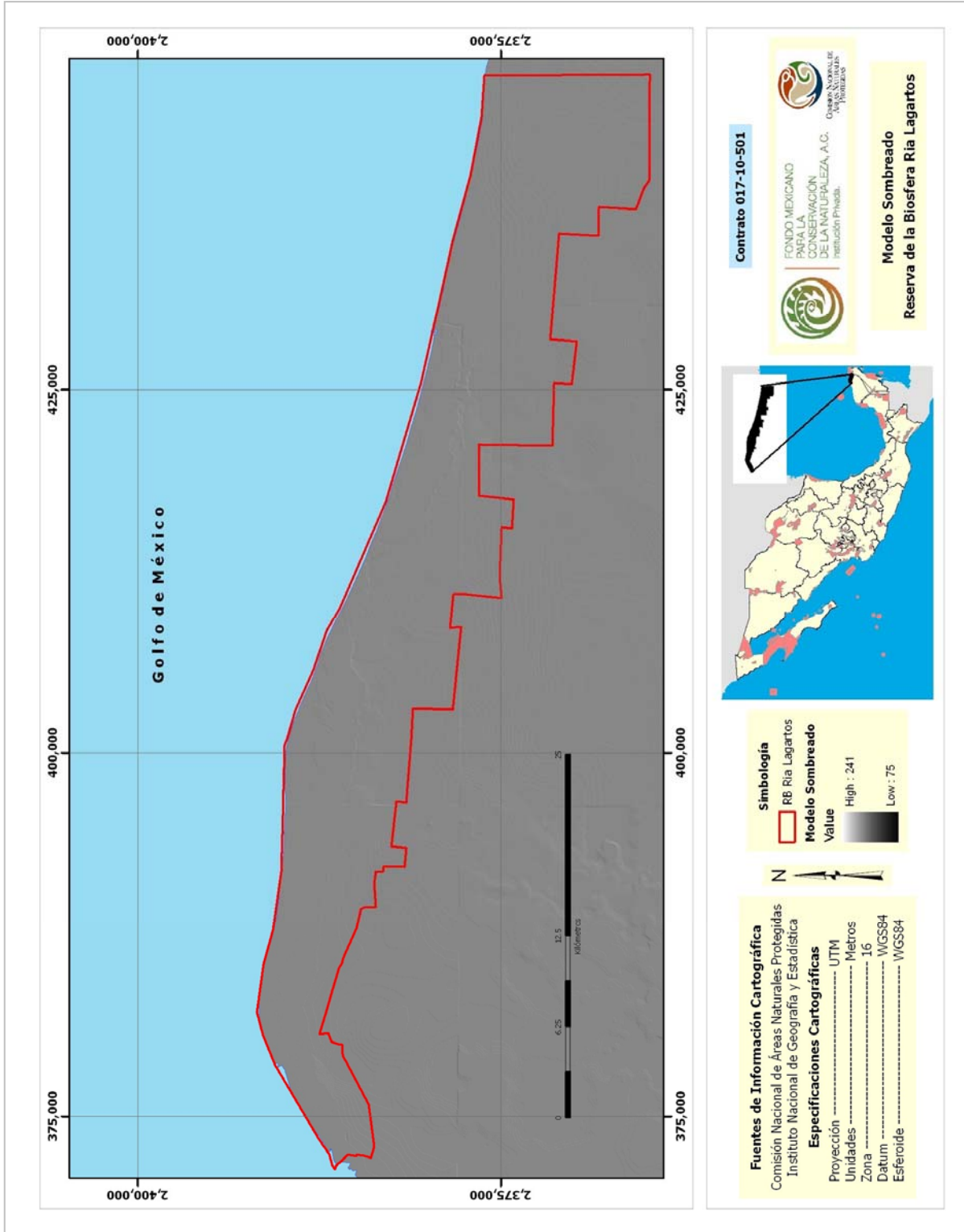


Figura 3.- Modelo Sombreado INEGI, 1:50,000

Metodología

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

Diseño de la leyenda

La leyenda de los tipos de uso del suelo y vegetación utilizada se diseñó a partir de la cobertura de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI serie III y el diccionario de datos correspondiente a uso de suelo y vegetación (INEGI, 2007), la cual sufrió adecuaciones que tienen que ver sobre todo con algunas actividades como la agricultura de riego y temporal, ó el pastizal inducido, que para fines de la leyenda diseñada se manejarán únicamente como “Área agrícola” y “Pastizal”, asimismo se incluyen las categorías “Asentamiento humano”, “Infraestructura”. Finalmente se adicionó para los casos de vegetación primaria (bosque y selva), la vegetación de tipo secundario.

Las clases utilizadas en la leyenda (figura 4) presentan 2 tipos de vegetación primaria, 2 tipos de vegetación asociada a vegetación secundaria, 4 tipos de uso del suelo, y los cuerpos de agua. Las diferentes clases se describen a continuación:

| Leyenda |
|---------------------------------|
| Área Sin Vegetación Aparente |
| Área Sujeta a Inundación |
| Manglar |
| Tular |
| Vegetación de Duna Costera |
| Selva Baja Caducifolia/vs |
| Selva Mediana Subcaducifolia/vs |
| Área Agrícola |
| Asentamientos Humanos |
| Pastizal Inducido |
| Salineras |
| Cuerpo de Agua |

Figura 4. Leyenda

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

Área sujeta a inundación.- Áreas en donde usualmente se una parte terrestre queda temporalmente cubierta por el agua.

Manglar.- Vegetación formada por diversas especies de mangle (*Rhizophora*, *Avicennia*, *Laguncularia*, etc) en esteros, lagunas costeras y estuarios.

Tular.- Vegetación herbácea en partes someras de cuerpos de agua, tanto en zonas tropicales como templadas. Se forman principalmente especies de *Typha* (tules).

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.

Salinera.- Terrenos usados para la precipitación de sal común por insolación.

Rectificación de imágenes de satélite

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

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

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

satélite y sus instrumentos (actitud del satélite, ángulo de puntería del espejo, etc.).

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

Clasificación de imágenes de satélite

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

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

Una vez definidas y evaluadas las firmas espectrales con base a la leyenda

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

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

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

Las clasificaciones obtenidas fueron transformadas hacia formato vectorial

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

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

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

Áreas de cambio

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

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

El cruce de los mapas se realizará en Arcinfo. Del mapa de cambio se exporta la base de datos a un archivo *.dbf del cual se obtendrán datos de superficie total por categoría y la diferencia de superficie entre clases de una fecha

a otra. De acuerdo con Ramírez y Zubieta (2005), se maneja la siguiente matriz de que incluye la reagrupación de categorías de acuerdo al tipo de transformación al que hayan sido sometidos dentro del periodo:

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

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

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

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

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

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

Vegetación conservada sin cambio.

Vegetación perturbada sin cambio.

Usos agropecuarios sin cambio.

Otras cubiertas sin cambio.

| | | Uso de Suelo y Vegetación Fecha 2 | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------------|----------|----|-------|-----------|-----|--------|----------|----|-------|----------|------|---------|
| | | 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 | | | | | | | | | | | O | | |
| | Agua | | | | | | | | | | | | | |
| | | TOTAL 2 | | | | | | | | | | | | |

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

Diseño de la Matriz de Transición. Los datos se ordenan de mayor a menor grado de antropización de la cubierta, excepto el agua. B = Vegetación 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-16 Norte.

La imagen Landsat ETM del año 2000, se trabajó en una combinación de falso color RGB de las bandas 4, 3, 2 que corresponde al Infrarrojo, Rojo y Verde. Donde las tonalidades en rojo son los bosques, los tonos cafés las selvas y las áreas en color blanco y gris asentamientos humanos, cultivos y pastizales. (Figura 5).

Por su parte en las imágenes SPOT de los años 2005 y 2009 el falso color es RGB de las bandas 1, 2, 3 y corresponde al verde, rojo e infrarrojo cercano. Este compuesto muestra en diferentes tonos de rojo las cubiertas forestales perennes, mientras que en tonos de verde las cubiertas caducifolias. Por otra parte en tonos de rosa intenso a rojo pero con texturas lisas las áreas con uso agrícola, las áreas desprovistas de vegetación y urbanas mientras que en tonos cian a blancos (Figuras 6 y 7).

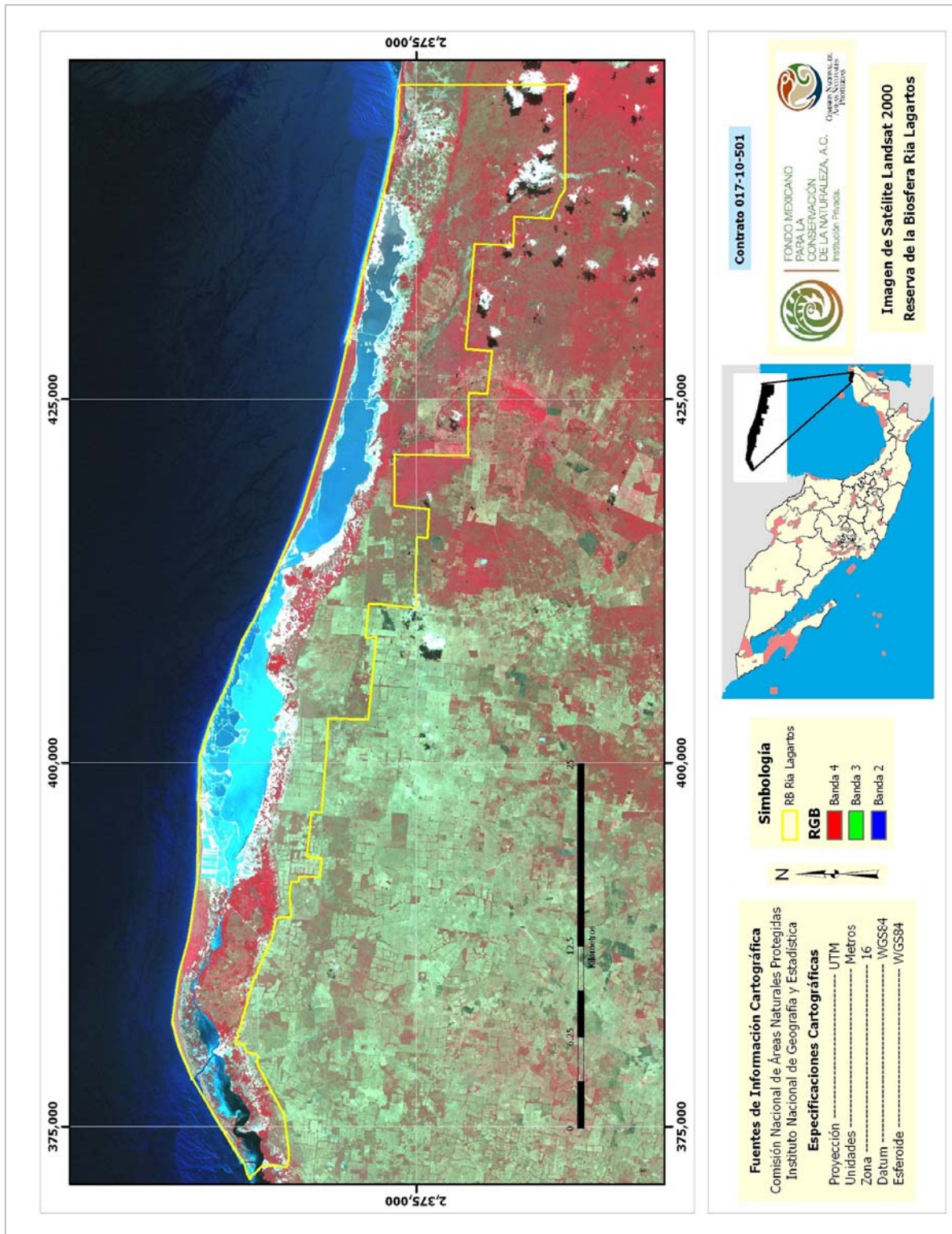


Figura 5.- Imagen de satélite Landsat ETM 2000, falso color RGB 4 3 2

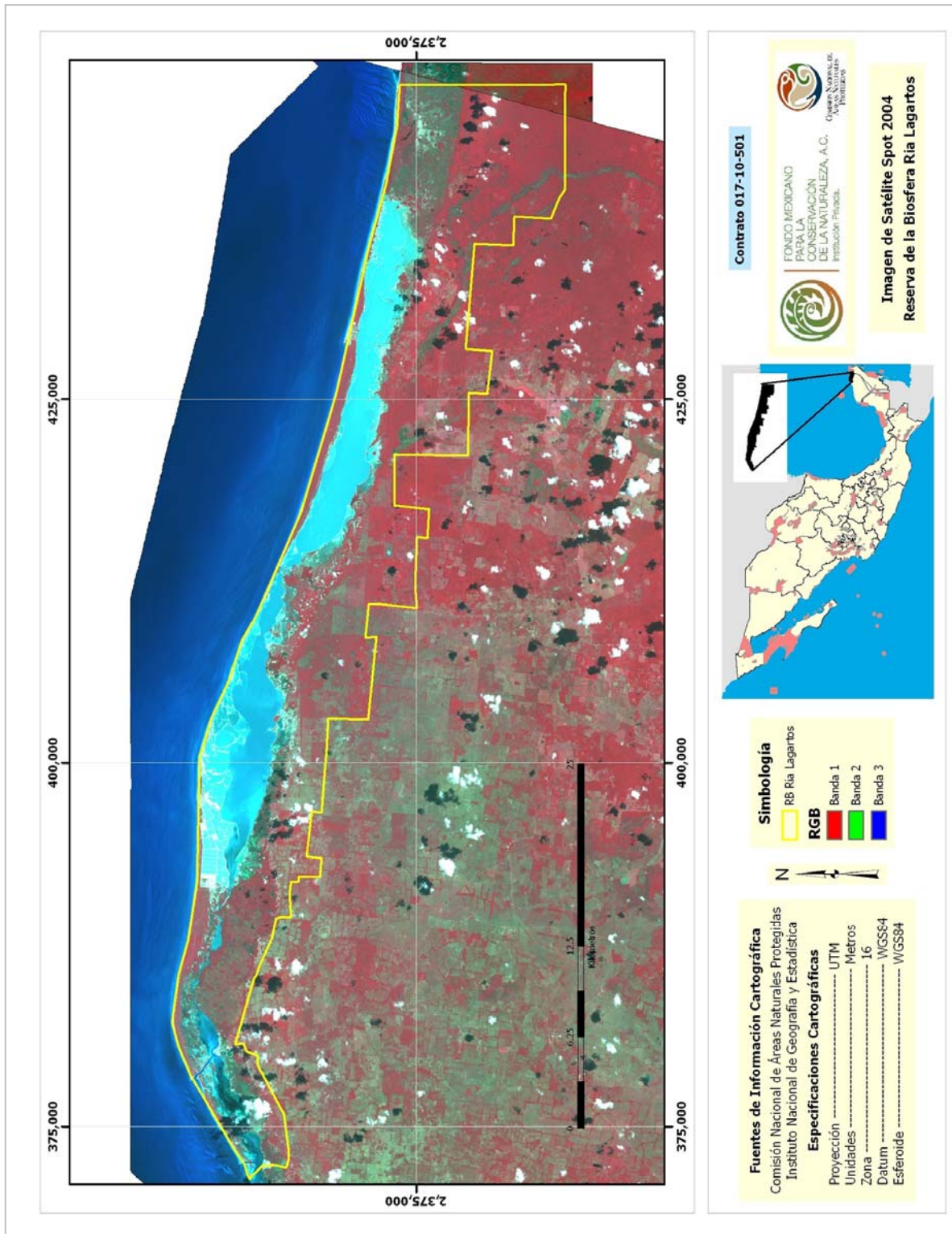


Figura 6.- Imágenes de Satélite SPOT 2004, falso color RGB 1 2 3

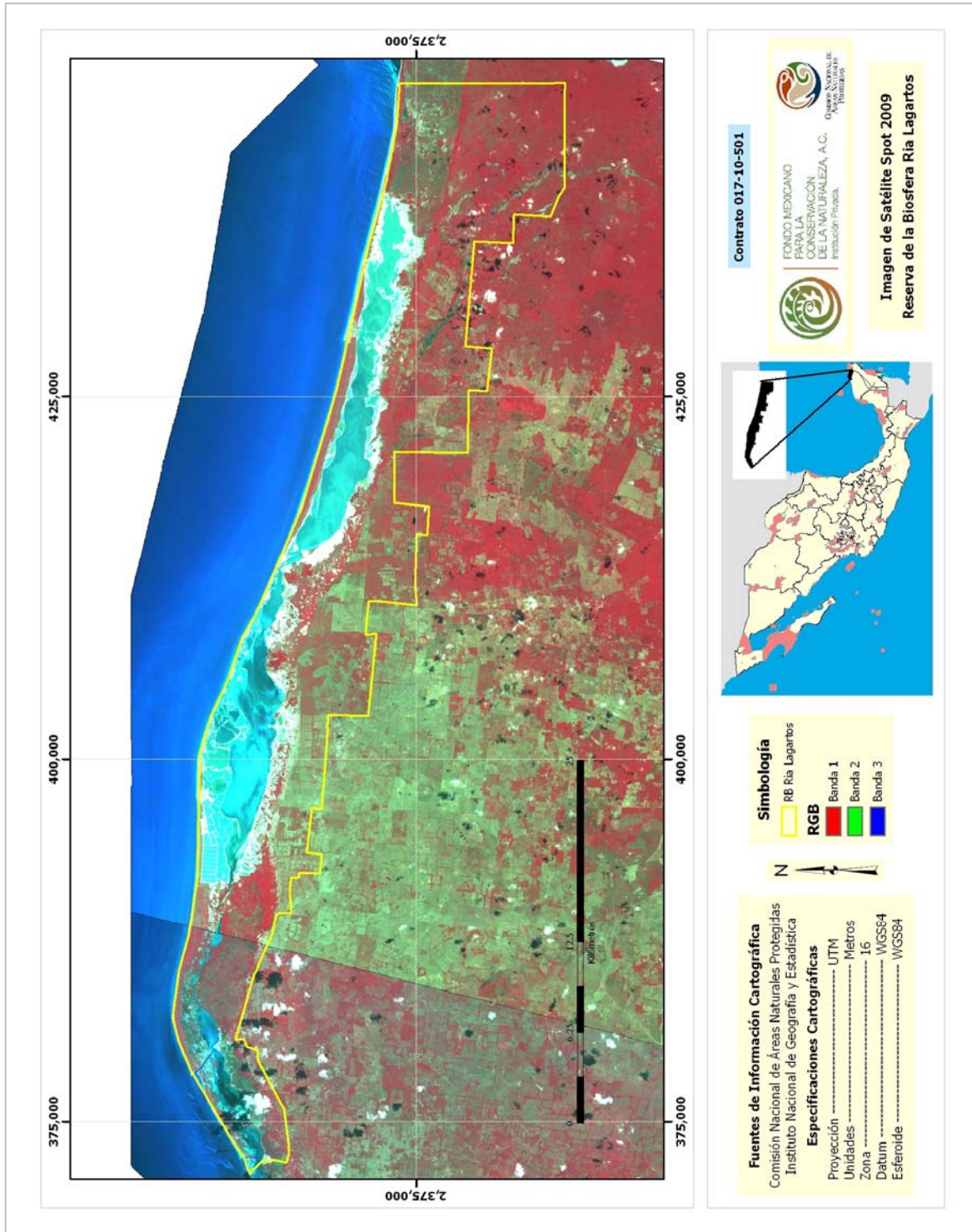


Figura 7.- Imágenes de Satélite SPOT 2009, falso color RGB 1 2 3

Uso del Suelo y Vegetación

Fue calculada la superficie por tipo de uso del suelo y vegetación para la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, a continuación se mostrará en la tabla 3 los resultados obtenidos.

Tabla 3.- Superficie de Uso del Suelo y Vegetación para los años 2000, 2004 y 2009

| Cubierta del Suelo Reserva de la Biosfera Ría Lagartos | | | | | | |
|--|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Uso de Suelo y Vegetación | 2000 | % | 2004 | % | 2009 | % |
| FORESTAL | | | | | | |
| Area Sin Vegetacion Aparente | 236 | 0.39 | 236 | 0.39 | 236 | 0.39 |
| Area Sujeta a Inundacion | 4,210 | 6.98 | 4,210 | 6.98 | 4,210 | 6.98 |
| Manglar | 9,417 | 15.61 | 9,417 | 15.61 | 9,411 | 15.60 |
| Tular | 7,378 | 12.22 | 7,378 | 12.22 | 7,375 | 12.22 |
| Vegetacion de Duna Costera | 2,509 | 4.16 | 2,461 | 4.08 | 2,430 | 4.03 |
| Selva Baja Caducifolia/vs | 6,574 | 10.89 | 6,692 | 11.09 | 6,951 | 11.52 |
| Selva Mediana Subcaducifolia/vs | 9,994 | 16.56 | 9,950 | 16.49 | 10,208 | 16.92 |
| Subtotal | 40,319 | 66.81 | 40,345 | 66.85 | 40,822 | 67.64 |
| NO FORESTAL | | | | | | |
| Area Agricola | 4,550 | 7.54 | 4,640 | 7.69 | 4,377 | 7.25 |
| Asentamientos Humanos | 178 | 0.29 | 182 | 0.30 | 184 | 0.30 |
| Pastizal Inducido | 2,309 | 3.83 | 2,181 | 3.61 | 1,899 | 3.15 |
| Salineras | 1,083 | 1.79 | 1,090 | 1.81 | 1,156 | 1.92 |
| Subtotal | 8,119 | 13.45 | 8,093 | 13.41 | 7,616 | 12.62 |
| OTROS | | | | | | |
| Cuerpo de Agua | 11,911 | 19.74 | 11,911 | 19.74 | 11,911 | 19.74 |
| Subtotal | 11,911 | 19.74 | 11,911 | 19.74 | 11,911 | 19.74 |
| Total | 60,349 | 100 | 60,349 | 100 | 60,349 | 100 |

El grupo Forestal inicio del periodo con una superficie de 40, 319 ha en el año 2000, misma que tuvo un ligero aumento hacia el año 2009 en donde presentó 40, 822 ha; estas cantidades corresponden al 66.81% y 67.64% de superficie total respectivamente.

Por su parte, en el grupo No Forestal durante el año 2000 se presentó una superficie de 8, 119 hectáreas la cual aumento a 7, 616 ha hacia el año 2009; cifras que corresponden al 13.45% y 12.62% respectivamente. Los cuerpos de agua presentan una superficie de 11, 911 hectáreas, la cual se mantuvo durante todo el periodo.

Dentro del grupo Forestal el tipo de vegetación dominante es la selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria, esta clase cubre una superficie de 9, 994 hectáreas (16.56%) para el año 2000, y de 10, 208 hectáreas (16.92%) en el año 2009. Le sigue la selva baja caducifolia con vegetación secundaria con una superficie de 6, 574 hectáreas (10.89%) en el año 2000 y, 6, 951 hectáreas (11.52%) para el año 2009.

En el grupo No forestal, la clase área agrícola es la que cubre mayor superficie en el área, esta clase presentó 4, 550 hectáreas en el año 2000, lo que representa el 7.54% de la superficie total del área; y 4, 377 hectáreas (7.25%) al final del periodo (2009). Por su parte la clase pastizal inducido presenta una superficie de 2, 309 ha (3.83%) para el año 2000 y de 1, 899 hectáreas (3.15%) del total de la superficie.

A continuación se presentan los mapas en donde pueden se observan los grupos Forestal y No Forestal en los años 2000, 2005 y 2009 (Figuras 8, 9 y 10); en ellos el color verde representa a las áreas forestales, mientras que el color amarillo corresponde a las áreas no forestales.

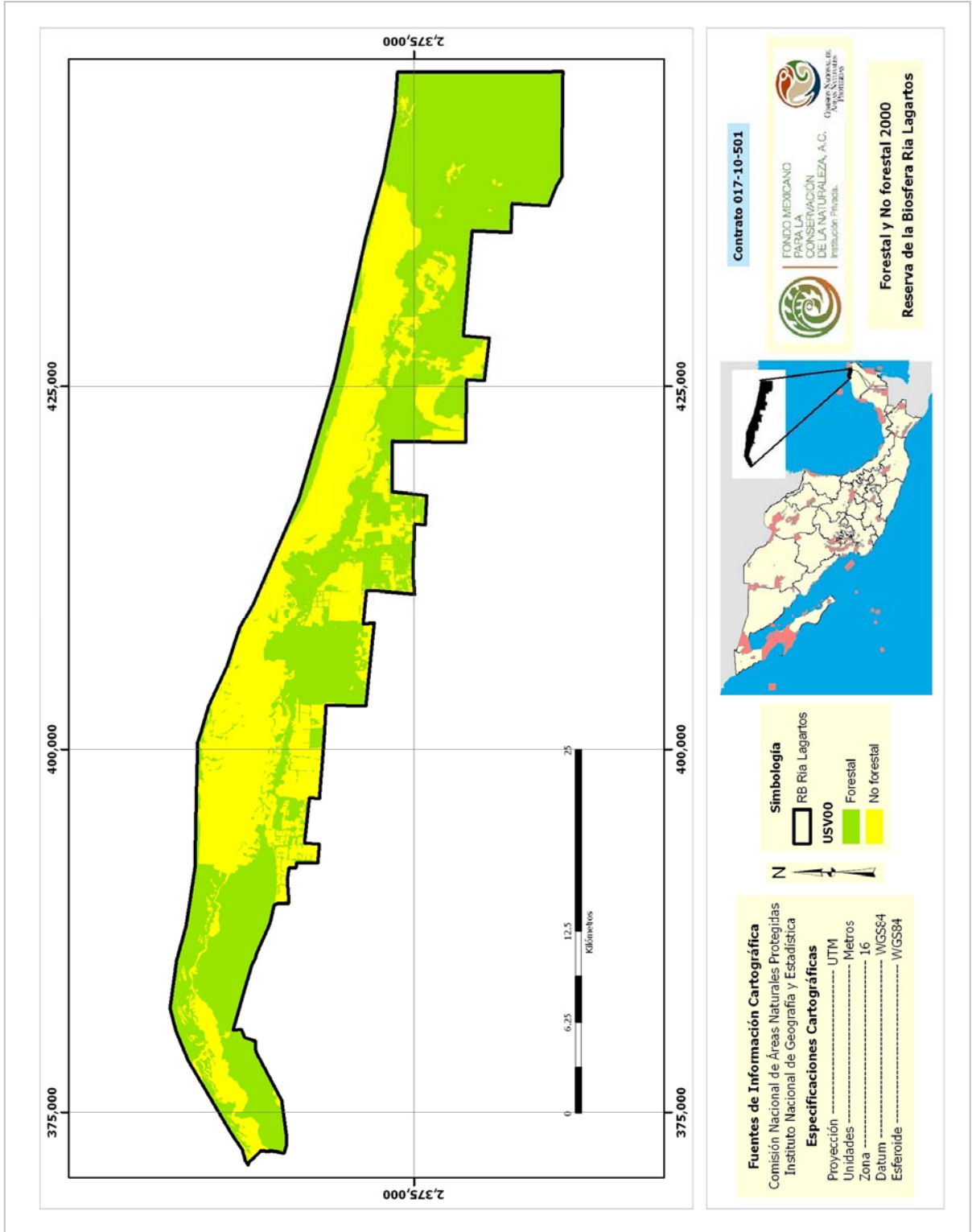


Figura 8.- Grupos Forestal-No Forestal año 2000

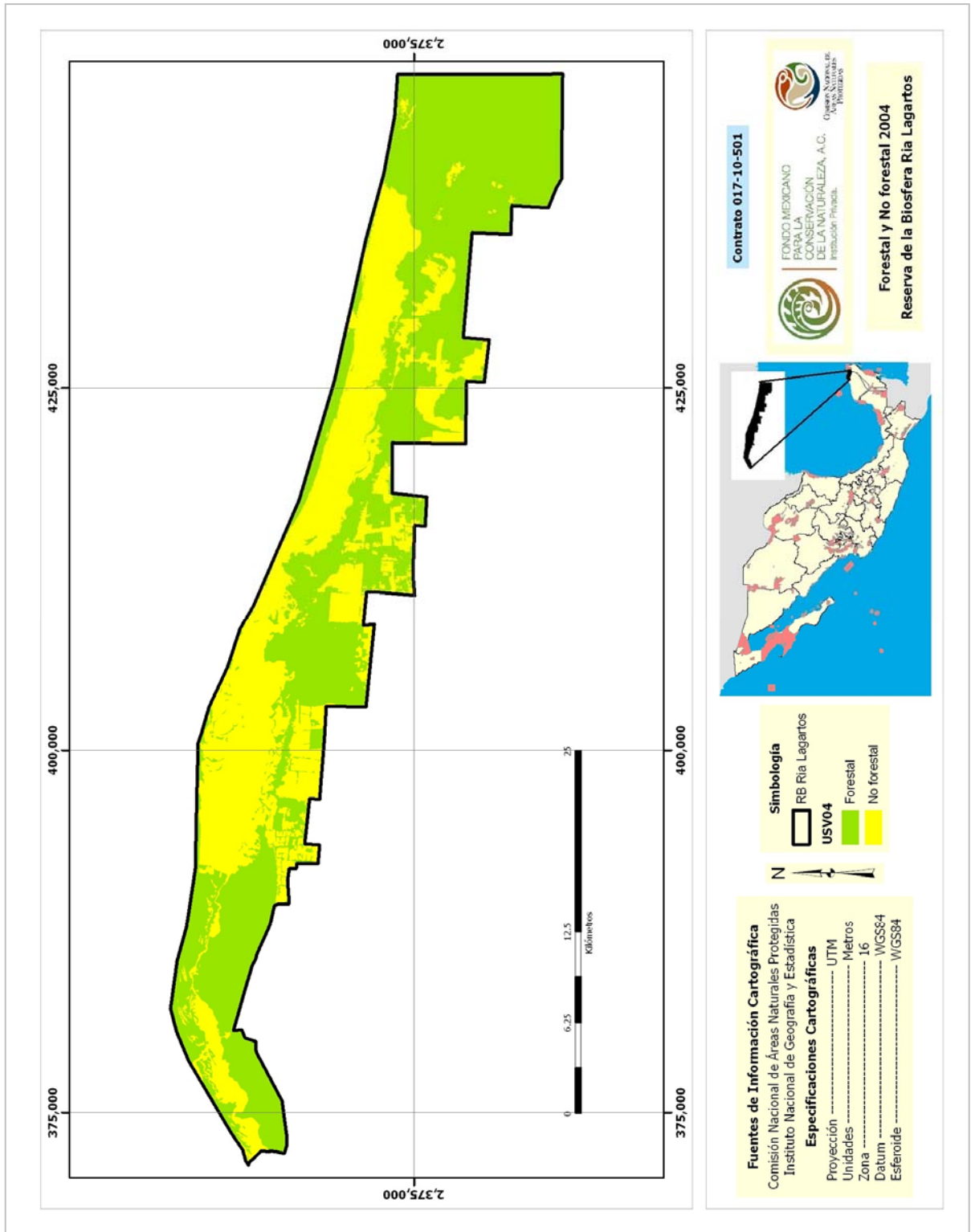


Figura 9.- Grupos Forestal-No Forestal año 2004

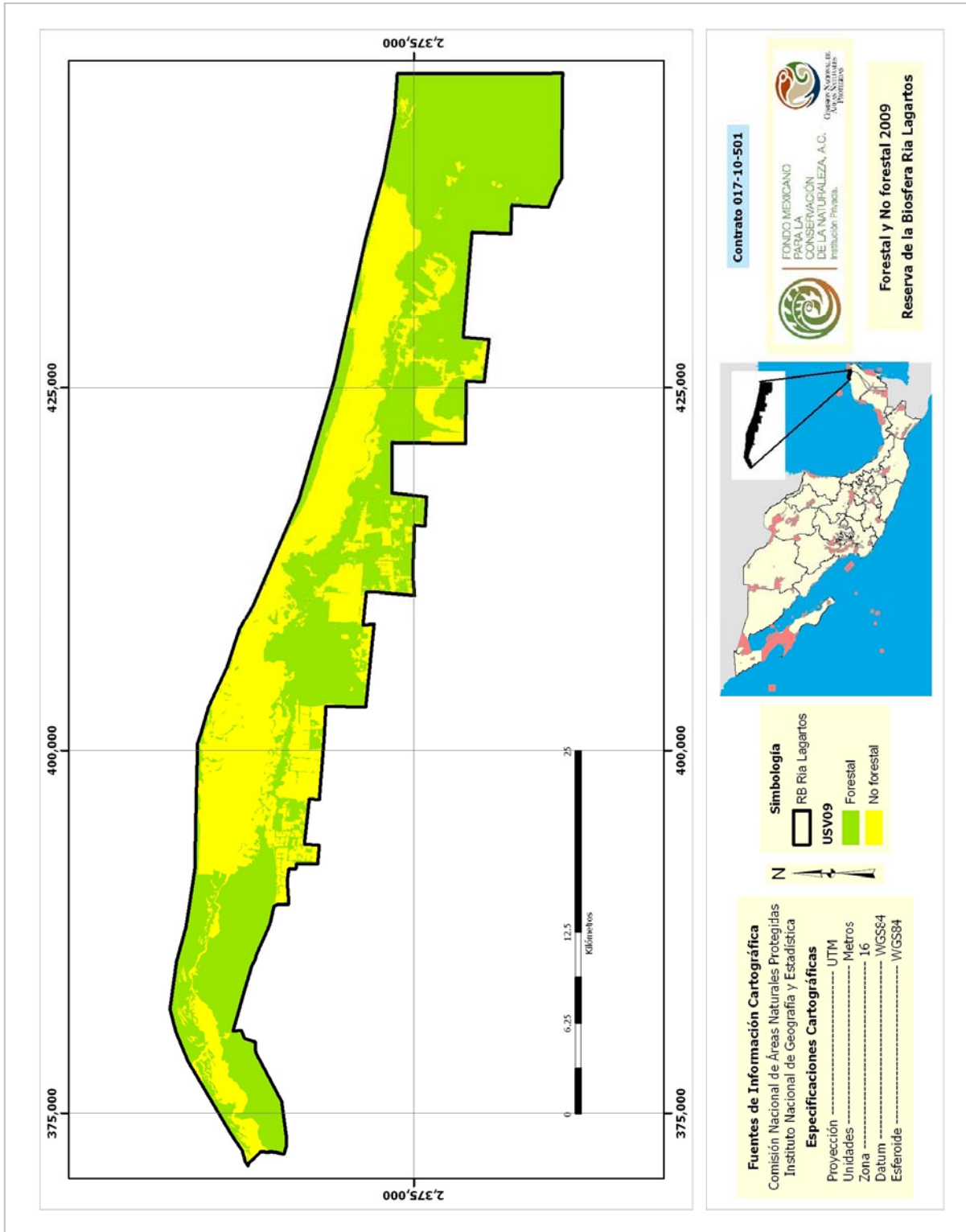


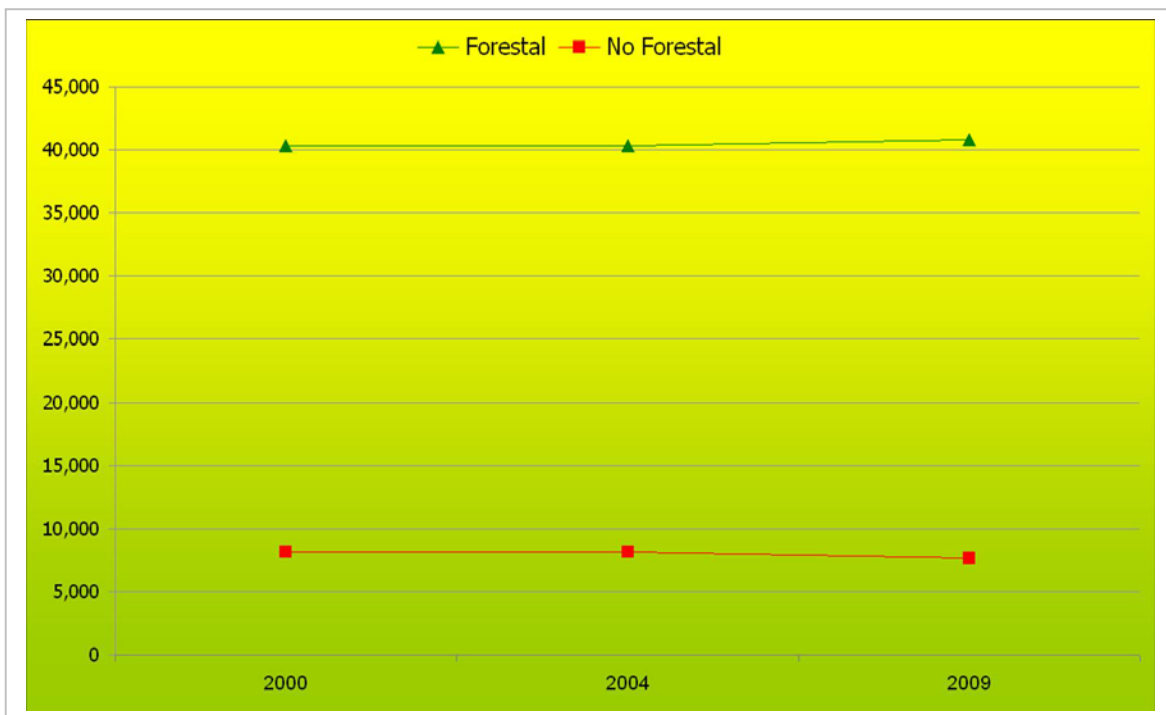
Figura 10.- Grupos Forestal-No Forestal año 2009

La siguiente tabla (4) muestra la superficie de los grupos Forestal y No forestal para los años 2000, 2004 y 2009; y es representada en la figura 11, en donde se observa que durante el periodo de 9 años la cobertura forestal tiende a ir en aumento como resultado de la recuperación en las clases asociadas a vegetación secundaria.

Tabla 4. Superficie Forestal- No Forestal

| Años | Forestal (Ha) | No Forestal (Ha) |
|------|---------------|------------------|
| 2000 | 40,319 | 8,119 |
| 2004 | 40,345 | 8,093 |
| 2009 | 40,822 | 7,616 |

Figura 11. Superficie Forestal y No Forestal



A continuación y como resultado de la clasificación de las imágenes Landsat y Spot, se presentan los mapas con las coberturas para los años 2000, 2005 y 2009 (Fig. 12, 13 y 14).

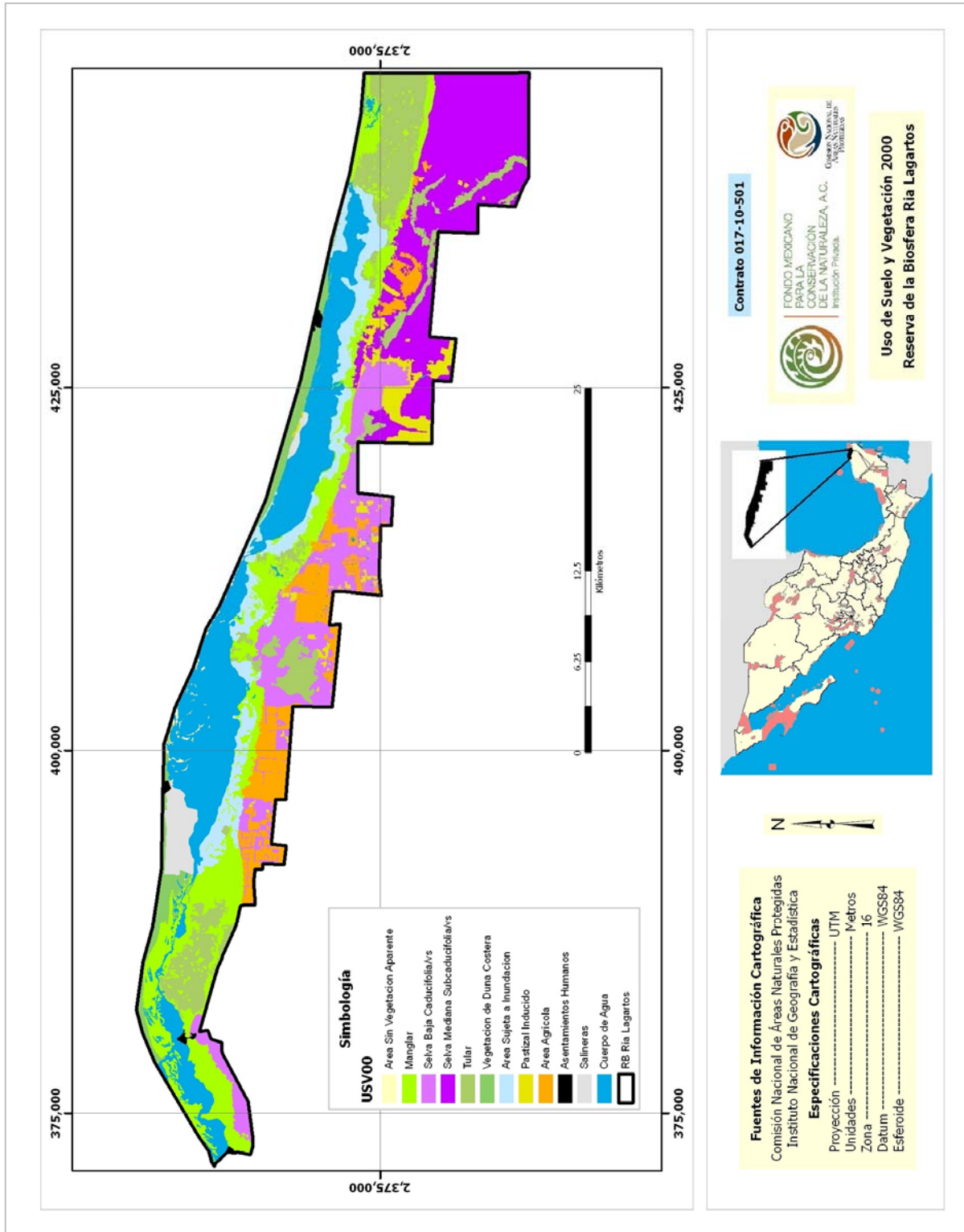


Figura 12- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen Landsat ETM 2000

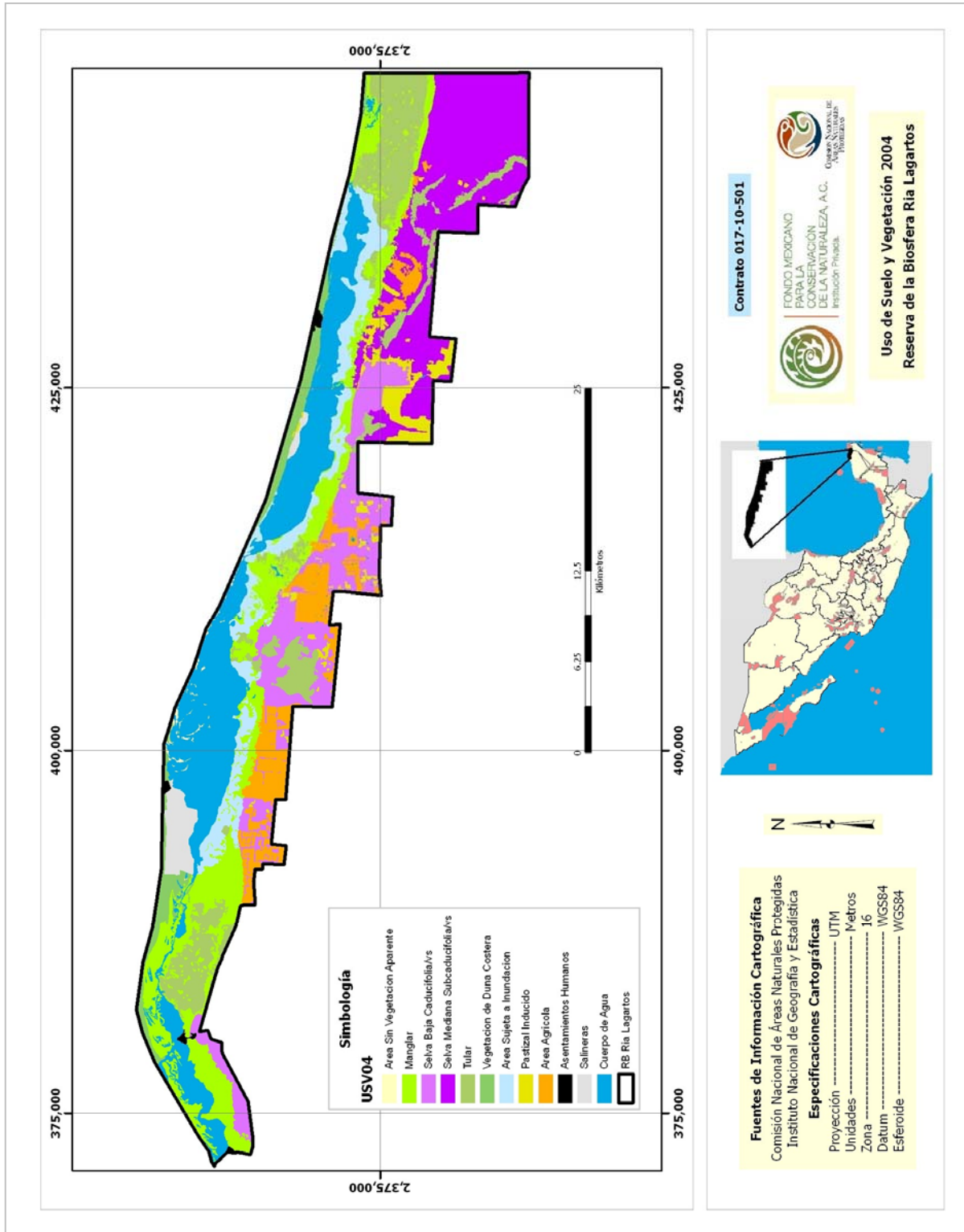


Figura 13.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2004

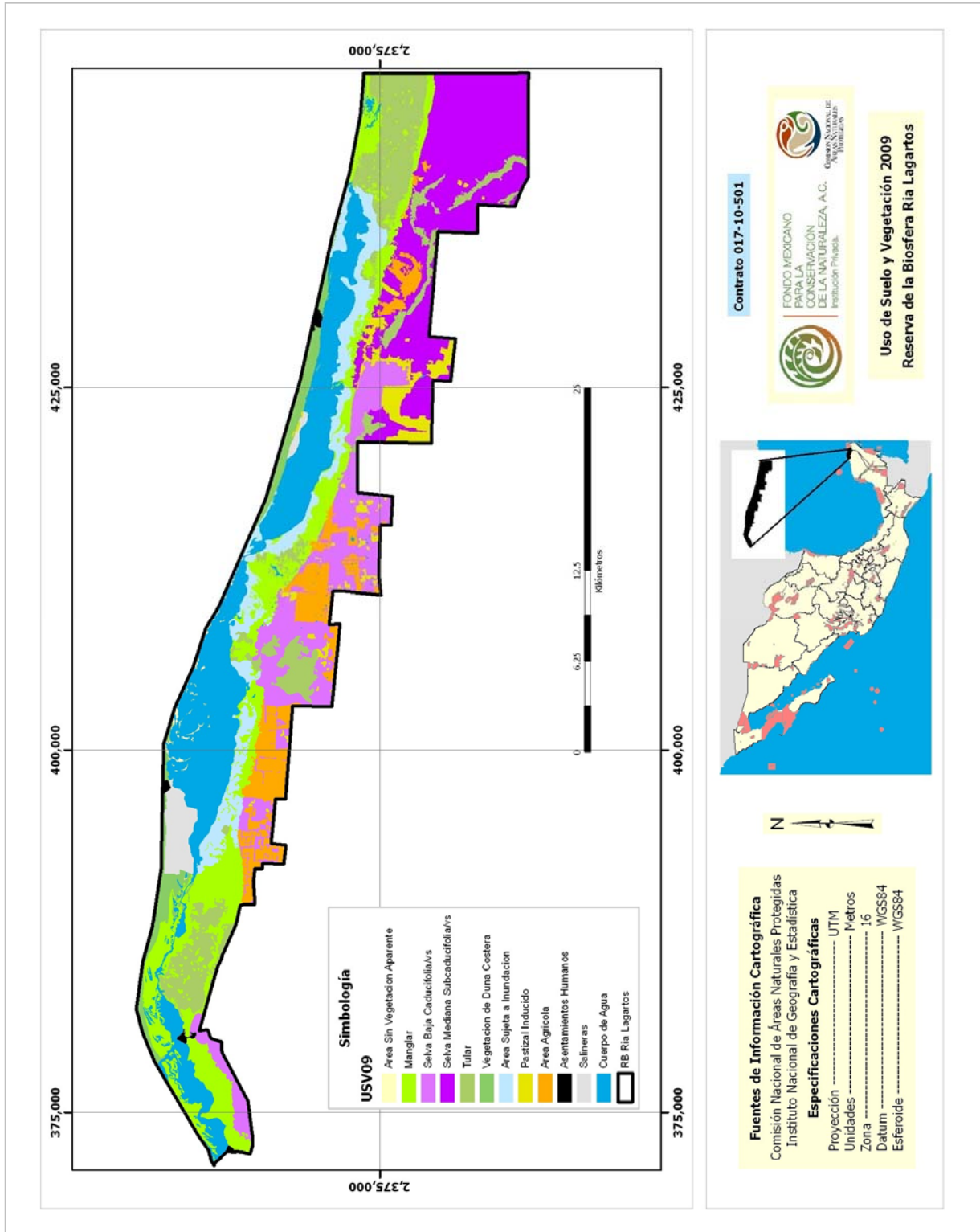


Figura 14.- Uso del Suelo y Vegetación con base en la clasificación de la imagen SPOT 2009

Áreas de Cambio

Con la elaboración de matrices de cambio se obtuvo la superficie transformada de las distintas categorías para los periodos 2000-2005 y 2005-2009. A continuación se mencionan los tipos de transformación más representativos en cada periodo, y se muestra el mapa de cambio para el periodo completo 2000 – 2009 (figura 15).

Matriz de Cambio 2000 - 2005

La tabla (5) muestra los cambios ocurridos entre el periodo 2000-2004, en ella podemos ver que para el área de la Reserva se presentan transformaciones por deforestación y revegetación. En el primero de los casos, la deforestación, las clases que se encuentran asociadas a vegetación secundaria son las que han sido más afectadas. Las clases que presentaron deforestación son tres, de las cuales dos se tienen que ver con la introducción de prácticas de desmonte sobre todo para la introducción pastizal y áreas agrícolas; mientras que en la otra la expansión urbana y el establecimiento de salineras ha sido el motivo.

La clase que más superficie perdió es la selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria con 257 ha, seguida de la clase selva baja caducifolia con vegetación secundaria que perdió 212 Ha, y la clase vegetación de duna costera que perdió 48 Hectáreas. En este periodo hubo dos clases que presentaron revegetación, estas son: la selva baja caducifolia con vegetación secundaria con una superficie recuperada de 329 hectáreas y, la selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria con 214 ha.

Matriz de Cambio 2005 - 2009

En este periodo los procesos presentes fueron los mismos que para el anterior, aunque la cantidad de clases afectadas por el proceso de deforestación también fue mayor, la cantidad de superficie afectada para las clases manglar y tular no es representativa si la comparamos con la superficie perdida por las clases asociadas a vegetación secundaria. En cambio la clase selva baja caducifolia con vegetación secundaria tuvo una superficie afectada de 228

hectáreas, seguida de la selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria en donde 68 ha resultaron afectadas. Los cambios se deben sobre todo hacia actividades agrícolas y la introducción de pastos. En este periodo aumento la cantidad de hectáreas usadas como salineras de 8 a 24 ha que fueron restadas a la superficie de la vegetación de duna costera.

En cuanto al proceso de revegetación, éste se dio en las clases selva baja caducifolia con vegetación secundaria y selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria con 487 y 327 hectáreas recuperadas respectivamente.

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

| | Area Sin Vegetacion Aparente | Area Sujeta a Inundacion | Manglar | Tular | Vegetacion de Duna Costera | Selva Baja Caducifolia/vs | Selva Mediana Subcaducifolia/vs | Area Agricola | Asentamientos Humanos | Pastizal Inducido | Salineras | Cuerpo de Agua | Total 2000 |
|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|---------|-------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------|-----------------------|-------------------|-----------|----------------|------------|
| Area Sin Vegetacion Aparente | 236 | | | | | | | | | | | | 236 |
| Area Sujeta a Inundacion | | 4,210 | | | | | | | | | | | 4,210 |
| Manglar | | | 9,417 | | | | | | | | | | 9,417 |
| Tular | | | | 7,378 | | | | | | | | | 7,378 |
| Vegetacion de Duna Costera | | | | | 2,461 | | | | 4 | 36 | 8 | | 2,509 |
| Selva Baja Caducifolia/vs | | | | | | 6,363 | | 118 | | 94 | | | 6,574 |
| Selva Mediana Subcaducifolia/vs | | | | | | | 9,737 | 131 | | 126 | | | 9,994 |
| Area Agricola | | | | | | 76 | 82 | 4,392 | | 0 | | | 4,550 |
| Asentamientos Humanos | | | | | | | | | 178 | | | | 178 |
| Pastizal Inducido | | | | | | | | | | 1,924 | | | 2,309 |
| Salineras | | | | | | | | | | | 1,083 | | 1,083 |
| Cuerpo de Agua | | | | | | | | | | | | 11,911 | 11,911 |
| Total 2004 | 236 | 4,210 | 9,417 | 7,378 | 2,461 | 6,692 | 9,950 | 4,640 | 182 | 2,181 | 1,090 | 11,911 | 60,349 |

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

| Matriz de Cambio Río Lagartos 2004-2009 | Area Sin Vegetacion Aparente | Area Sujeta a Inundacion | Manglar | Tular | Vegetacion de Duna Costera | Selva Baja Caducifolia/vs | Selva Mediana Subcaducifolia/vs | Area Agricola | Asentamientos Humanos | Pastizal Inducido | Salineras | Cuerpo de Agua | Total 2004 |
|---|---------------------------------|-----------------------------|---------|-------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------|--------------------------|-------------------|-----------|----------------|------------|
| Area Sin Vegetacion Aparente | 236 | | | | | | | | | | | | 236 |
| Area Sujeta a Inundacion | | 4,210 | | | | | | | | | | | 4,210 |
| Manglar | | | 9,411 | | | | | 2 | | 4 | | | 9,417 |
| Tular | | | | 7,375 | | | | | | 3 | | | 7,378 |
| Vegetacion de Duna Costera | | | | | 2,430 | | | | 2 | 5 | 24 | | 2,461 |
| Selva Baja Caducifolia/vs | | | | | | 6,464 | | 58 | | 170 | | | 6,692 |
| Selva Mediana Subcaducifolia/vs | | | | | | | 9,881 | 13 | | 55 | | | 9,950 |
| Area Agricola | | | | | | 168 | 98 | 4,304 | | 70 | | | 4,640 |
| Asentamientos Humanos | | | | | | | | | 182 | | | | 182 |
| Pastizal Inducido | | | | | | 319 | 229 | | | 1,591 | 42 | | 2,181 |
| Salineras | | | | | | | | | | | 1,090 | | 1,090 |
| Cuerpo de Agua | | | | | | | | | | | | 11,911 | 11,911 |
| Total 2009 | 236 | 4,210 | 9,411 | 7,375 | 2,430 | 6,951 | 10,208 | 4,377 | 184 | 1,899 | 1,156 | 11,911 | 60,349 |

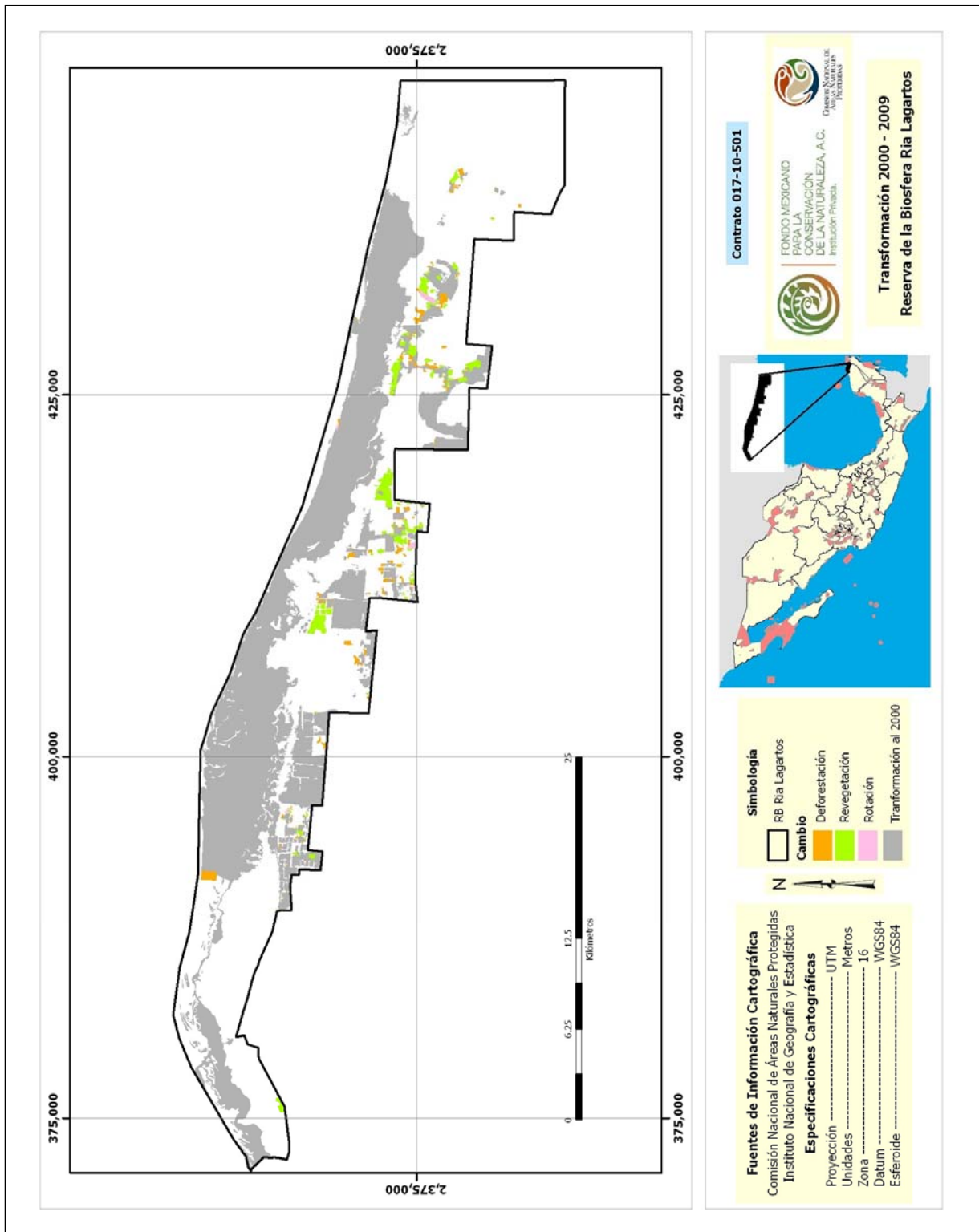


Figura 15.- Áreas de Cambio en el periodo 2000-2009

Durante el periodo 2000 – 2004, un total de 26 hectáreas fueron transformadas, a un ritmo de 7 ha por año (tabla 7). En este periodo la clase selva baja caducifolia con vegetación secundaria es quién resulto más afectada.

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

| Matriz de Cambio Ría Lagartos 2000-2004 | Area Agrícola | Asentamientos Humanos | Pastizal Inducido | Salineras |
|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| Vegetacion de Duna Costera | | -4 | -36 | -8 |
| Selva Baja Caducifolia/vs | -42 | | 159 | |
| Selva Mediana Subcaducifolia/vs | -49 | | 5 | |
| Subtotal | -91 | -4 | 128 | -8 |
| Total de cambio en el periodo HA | 26 | | | |
| Total por año HA | 7 | | | |

Por su parte en el periodo 2004 – 2009, se transformaron un total de 477 hectáreas; 95 ha por año. La superficie forestal de la selva baja caducifolia con vegetación secundaria y selva mediana subcaducifolia con vegetación secundaria fueron quienes presentaron mayor afectación por procesos de deforestación (tabla 8).

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

| Matriz de Cambio Ría Lagartos 2004-2009 | Area Agrícola | Asentamientos Humanos | Pastizal Inducido | Salineras |
|--|---------------|--------------------------|-------------------|-----------|
| Manglar | -2 | | -4 | |
| Tular | | | -3 | |
| Vegetacion de Duna Costera | | -2 | -5 | -24 |
| Selva Baja Caducifolia/vs | 111 | | 148 | |
| Selva Mediana Subcaducifolia/vs | 84 | | 174 | |
| Subtotal | 193 | -2 | 310 | -24 |
| Total de cambio en el periodo HA | 477 | | | |
| Total por año HA | 95 | | | |

Tasa de Transformación del Hábitat.

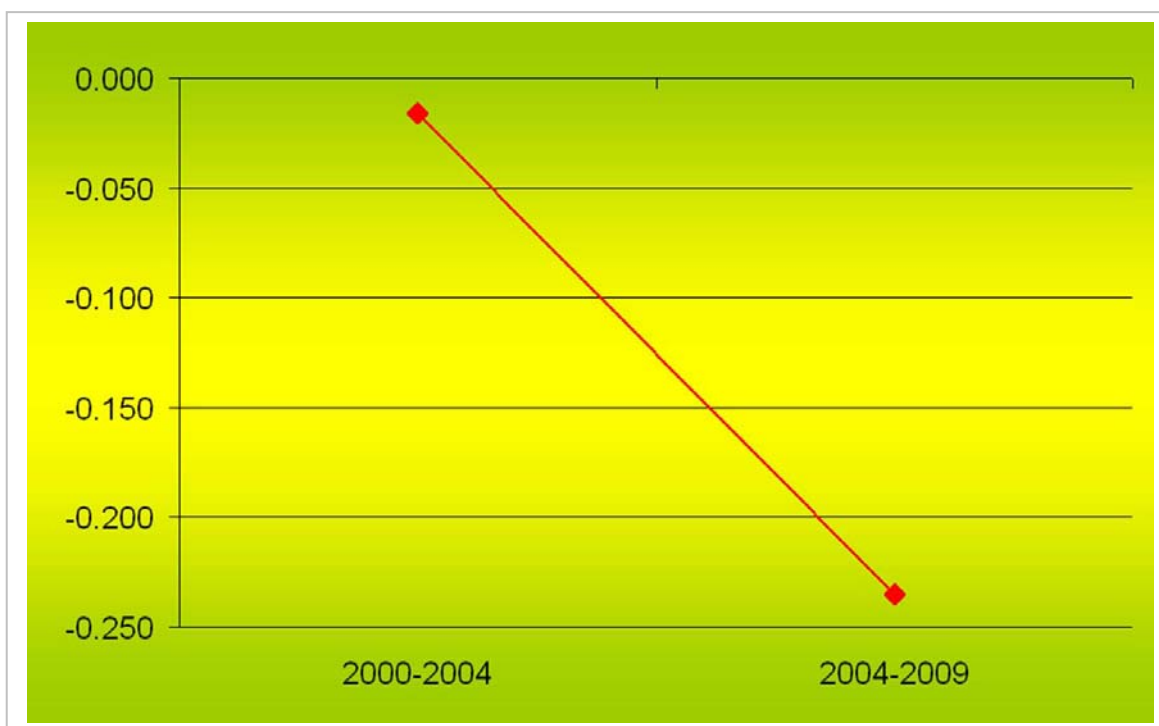
La tasa de transformación en el periodo 2000 – 2009 para la RB Ría Lagartos es de -0.138, valor que corresponde a una superficie de 503.26 hectáreas. Durante el periodo 2000 – 2004, hubo una transformación en 477.15 hectáreas con una tasa de -0.235; por su parte el siguiente periodo tiene valores de tasa de transformación de -0.016 correspondiente a 26.11 Ha (tabla 9). En todos los casos se evidencia una ganancia de cobertura forestal.

Tabla 9.- Tasa de transformación del hábitat

| Período | s1 | s2 | Cambio(HA) | Año | Tasa de cambio | (%) Tasa de cambio anual |
|-----------|--------|--------|------------|-----|----------------|--------------------------|
| 2000-2004 | 40,319 | 40,345 | 26.11 | 4 | -0.00016 | -0.016 |
| 2004-2009 | 40,345 | 40,822 | 477.15 | 5 | -0.00235 | -0.235 |
| 2000-2009 | 40,319 | 40,822 | 503.26 | 9 | -0.00138 | -0.138 |

En la gráfica (fig. 16) se muestra como ha sido el comportamiento de los valores durante el periodo de estudio.

Figura 16.- Tasa de transformación para la Reserva de la Biosfera La Sepultura



Conclusiones

De acuerdo con los datos que fueron obtenidos, el valor de la tasa de transformación para el periodo 2000 – 2009 es de -0.138, que corresponde a una superficie de cambio de 503.26 ha en un periodo de 9 años. En términos generales la cobertura forestal en el área presenta un ligero aumento debido quizás a que algunas áreas de uso agrícola y pastoril se dejaron en descanso lo que permitió que la vegetación secundaria ocupara esos espacios.

Cabe mencionar que la pérdida de masa forestal se presentó únicamente en las categorías con asociación de vegetación secundaria, aunque las masas forestales principales como el manglar y el tular tuvieron en el segundo periodo

algunas hectáreas afectadas. De acuerdo con el Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, la transformación de áreas con cubierta forestal, hacia la actividad salinera, agrícola y pastoril son las amenazas a quienes se debía poner mayor atención. Lo cual concuerda con los resultados, ya que los sitios que se vieron transformados son aquellos en donde tradicionalmente se ha tenido estas actividades.

La utilización de imágenes de satélite y su procesamiento ha demostrado ser una forma de adquisición de datos de superficie de cambio, que reduce tiempos y permite conocer -hasta cierto punto- cual es el estado en el que se encuentran las masas forestales dentro de las ANP's del país. Sin embargo, es necesario reforzar estos resultados, además del uso de la interpretación visual y el apoyo de información adicional; el trabajo de campo permitiría validar los datos obtenidos.

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 Reserva de la Biosfera La Sepultura, Chiapas, México, 246 pp.

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

D.O.F., 2000. Diario Oficial de la Federación. Secretaria Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 29pp.

Eastman, J.R. 1999. User's Guide. IDRISI for windows versión 32.0. Clark University. Marzo. 3-150pp

FAO. 1996. Introduction to Remote Sensing, 2ª ed., Nueva York, The Guilford Press.

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

García, E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación de Köppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana) 4ª. Edición. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México. 217 pp.

Hutchinson, C.F. 1982. Techniques for combining landsat and ancillary data for digital classification improvement. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing Vol. 48 pp 123-130.

INEGI, 1992. Anuario Estadístico de Chiapas, 1992. INEGI y Gobierno del estado de Chiapas. 254pp.

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

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 C. V., Figueroa, Fernanda, 2007. La efectividad de las reservas de la biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica / coord. por Gonzalo Halffter Salas, Sergio Guevara Sada, Antonio Melic, 2007, ISBN 978-84-935872-0-8, pags. 161-171

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

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

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

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

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

Valdés, C., L. Bourillón, M. Cervantes, E. Chavarría, J. Gutiérrez, M. Muñoz, A. Oriza y M. Tordesillas. 1992. Programa conceptual de manejo de la Reserva Especial de la Biosfera Ría Lagartos. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas, 203 pp.

Referencias Web

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

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

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