

**ESTIMACIÓN DE LA TASA DE
TRANSFORMACIÓN DEL HABITAT EN EL
COMPLEJO SIAN KA'AN-UAYMIL-ARRECIFES
DE SIAN KA'AN
PERIODO 1976-2000**

INFORME FINAL



COMISION NACIONAL DE
ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS



Fondo Mexicano para la
Conservación de la
Naturaleza, A. C.
Institución Privada

Septiembre 2003.

Coordinación

*Jorge Carranza Sánchez-CONANP
Concepción Molina Islas-FMCN*

Equipo Técnico CONANP

Procesamiento de imágenes de satélite
Ignacio Paniagua Ruíz

Sistema de Información Geográfica
*Lilián G. Rodríguez Sánchez
Jesús J. Aguilar Mosqueda
Delfina Rodríguez Vélez
Juan C. Zamora Espíndola
Cesar O. Silva González
Roberto D. Cruz Flores*

El presente reporte forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas que desarrollan conjuntamente la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C.

Agradecemos a la Fundación MacArthur el financiamiento a través del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C., para la adquisición del equipo utilizado en el presente proyecto. Así mismo agradecemos la colaboración del equipo técnico del Complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, de la Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad y de la Dirección General de Federalización y Descentralización de Servicios Forestales y Suelo de la SEMARNAT por la información proporcionada.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN	4
OBJETIVO GENERAL.....	6
OBJETIVOS PARTICULARES	7
DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
CONCLUSIONES.....	28
LITERATURA CITADA	29

Resumen

Con el establecimiento de las áreas naturales protegidas se busca mantener áreas representativas de ecosistemas biológicamente diversos, como es el caso del Complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, sin embargo es necesario considerar que estas zonas son sujetas continuamente a las actividades humanas, por lo que es importante conocer el estado de los ecosistemas a través del tiempo.

Con el propósito de evaluar los ecosistemas y establecer un manejo adaptativo en las áreas protegidas con base en la experiencia adquirida, es necesario contar con un sistema de monitoreo que coadyuve a plantear estrategias para el uso sustentable de los recursos naturales.

El presente trabajo forma parte del Sistema de Monitoreo y Evaluación del Fondo para Áreas Naturales Protegidas, desarrollado con el Sistema de Información Geográfica de la CONANP adscrito a la Dirección General de Manejo para la Conservación en coordinación con el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A. C.

Para la elaboración del presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat TM y ETM+ correspondientes a las décadas de los 70's, 80's, 90's y 2000. A fin de determinar la tasa de transformación del hábitat mediante un análisis retrospectivo en el complejo, para lo cual fueron agrupados los tipos de vegetación y uso del suelo por década en dos categorías: forestal y no forestal.

Los resultados obtenidos indican que el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, para el año de 1976 contaba con una superficie transformada de 2,119 ha que corresponde al 0.46% de la superficie total terrestre, sin embargo para el año 2000, no se reporta área transformada. En el período analizado entre 1976 y 2000, se estima una tasa de -0.019%, equivalente a -88 ha/año, transformándose en 24 años 2,119 ha. En este periodo la selva alta y mediana subperennifolia y el manglar recuperaron la superficie afectada por los incendios.

El análisis por período muestra una disminución continua en la tasa de transformación del hábitat; siendo el período 1986-1992 el que presenta la tasa de transformación más alta con -0.043% (-148 ha/año), siendo este periodo el de mayor recuperación.

Introducción

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP's) constituyen porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional, representativas de diversos ecosistemas y de su biodiversidad, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre y están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo. Con el establecimiento de áreas naturales protegidas se crea una estrategia para la conservación de los recursos naturales y la biodiversidad de México a fin de asegurar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (LGEEPA, 1997).

Estos ecosistemas representan el patrimonio natural del país, el cual requiere ser conservado no solo por el valor que representa la naturaleza en sí misma, sino también por los servicios ambientales que éstos proporcionan. Las ANP's deben ser vistas desde una perspectiva amplia, en donde se puede ordenar el desarrollo regional, proponer alternativas económicas ambientalmente sustentables y procurar el crecimiento armónico de la población.

En México, los ecosistemas han sido modificados tanto por factores naturales como por el hombre en un lapso de tiempo corto. Un ejemplo de esto son las selvas, las cuales han sido explotadas por diversos sectores de la industria, y más aún han sido transformadas en regiones agropecuarias. En 1984 el aprovechamiento comercial de las selvas representaba más de la tercera parte del bosque comercial del país, donde llegaba a producirse prácticamente el 90% de toda la madera tropical comercial (Ruiz y Gómez, 1987).

Tradicionalmente, los bosques han sido uno de los recursos naturales más importantes para la humanidad. Estos proporcionan fuentes de energía y materias primas, al mismo tiempo que suministran diversos servicios ambientales. Sin embargo, la acelerada pérdida de los bosques es uno de los problemas ambientales de mayor importancia en el mundo. Actualmente se estima que sólo un tercio de la superficie continental (3.54 mil millones de ha) se encuentra bajo cubierta forestal (UNAM,2000).

Varios autores han enfatizado la necesidad de cuantificar dicho grado de conversión y expresarlo en términos de los factores desencadenadores del cambio, dando principal énfasis al resultado de la acción antrópica. Una manera confiable para medirlo es a través del estudio de la dinámica espacio temporal de la cubierta vegetal (Berry, *et al*, 1996). En México, durante los últimos años se han realizando diversos trabajos para conocer la situación que guardan los recursos naturales y estimar la tasa de transformación, a través de la generación de los

inventarios forestales. Las estimaciones de superficies forestales perdidas anualmente varían de 365,000 a 1'600,000 hectáreas (Velázquez *et al.* 2002).

El concepto de inventario forestal nacional incluía básicamente la cuantificación del volumen maderable disponible y su distribución espacial, sin embargo este enfoque se ha ido complementando con una visión ecológico-ambiental e integral del recurso forestal incluyendo además una valoración del recurso no maderable y de los servicios ambientales. El nuevo marco conceptual del Inventario Forestal Nacional 2000-2001 busca obtener información que sirva como base para otras gestiones ambientales, como son el cambio de uso del suelo, la estrategia de conservación de áreas naturales protegidas, la formulación de regiones de alto riesgo y en general de apoyo a la gestión de diversos programas federales y estatales (UNAM,2000).

En ANP's son pocos los trabajos que se han realizado con el fin de estimar la tasa de transformación. Dirzo y García en 1992, encontraron que para la región de los Tuxtlas la vegetación se redujo un 56% en 20 años y hacia los inicios de 1986, aproximadamente el 84% de la selva original se había perdido. Con esta tendencia, la selva original se reduce a pequeños fragmentos en forma de archipiélagos, de los cuales los mayores coinciden con las áreas actualmente bajo protección y aquellas zonas más inaccesibles. Arreola *et al*, 1997 y 1999, analiza la tasa de deforestación de la reserva de la biosfera El Triunfo y Montes Azules, así como la región conocida como Márquez de Comillas en el estado de Chiapas. Arreola estimó que la tasa promedio de deforestación para El Triunfo fue de 0.6% anual para el periodo comprendido entre 1975 y 1995 con una pérdida de casi 25,000 hectáreas, mientras que para Montes Azules la tasa en el periodo comprendido entre 1970 y 1993 fue de 0.8% anual, lo cual significa que en casi veinte años, se han perdido aproximadamente 50,000 ha de vegetación original. Mientras que Hernández, 2002, estimó para el Triunfo, una tasa de transformación de 1.32% anual, para el año de 1996-2000. Hinojosa y Delgadillo en 1999 elaboraron el trabajo titulado "Caracterización del paisaje en la vegetación y uso del suelo, y su cambio en las tres últimas décadas apoyados con imágenes Landsat MSS, en el estado de Baja California, México".

Bocco *et al*, 2001 realizaron el trabajo sobre "Predicción del cambio de cobertura y uso del suelo. El caso de la ciudad de Morelia", utilizando fotografías aéreas de 1960, 1975 y 1990, donde presentan modelos predictivos para conocer la dirección del cambio de uso de suelo en los próximos treinta años, mediante el uso de sistemas de información geográfica, cadenas de Markov y análisis de regresión. Además se cuenta con la información de Ramírez, 2001 sobre "Cambios en las cubiertas del

suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000”, donde menciona que la tasa de deforestación es de 0.2%, para esta zona. Así mismo Brower *et al.*, 2002, analizan los cambios en un área de hibernación principal para la Mariposa Monarca en una superficie de 42,020 ha en los períodos 1971, 1984 y 1999 encontrando que la tasa anual de la degradación entre 1971 a 1984 fue de 1.7% y de 2.41% para los siguientes años de 1984 a 1999. Sin embargo, al analizar los cambios en el área decretada en 1986 la degradación se incrementa del 1% entre 1971-1984 al 3% entre 1984-1999; mencionando que el decreto de 1986 no protegió el bosque.

Uno de los trabajos más recientes es elaborado por Velázquez, *et. al*, 2002 sobre la “Regionalización Ecológica a nivel regional (Escala 1:250,000 y 1:100,000). Análisis del cambio de uso del suelo”, en el cual se menciona que actualmente los estudios referentes a los procesos dinámicos en la cobertura del suelo y la deforestación, son importantes y necesarios porque proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada. Actualmente la SEMARNAT (2003), publicó el libro titulado “La deforestación en 24 regiones PRODERS (Programa de Desarrollo Regional Sustentable)”, que incluyen Áreas Naturales Protegidas, y en el cual se mencionan las causas de deforestación y las tasas de cambio para estas regiones.

Justificación

Las acciones gubernamentales en las ANP's se han orientado a consolidar programas que permitan desarrollar actividades permanentes de conservación y en manejar dichas zonas con criterios de sustentabilidad. Sin embargo, dada la escasez de recursos económicos, la política de conservación se ha concentrado en 60 de las 148 ANP's establecidas, que cubren el 80% de la superficie bajo protección. A partir de esta definición de prioridades se protegen los ecosistemas más representativos del país, ya que en ellos se localiza la mayor biodiversidad de México.

Algunas de estas ANP's se encuentran enmarcadas dentro de compromisos internacionales contraídos en diversos foros. Al concentrar los esfuerzos institucionales en áreas de relevancia internacional, se pretende consolidar un grupo de ANP's de alta calidad que sirva de base para ampliar la atención institucional hacia otras áreas mediante el autofinanciamiento y la obtención de fondos por parte de organismos multilaterales. Simultáneamente, se continúa avanzando en otras ANP's

que presentan mayor presión al uso de los recursos naturales, el nivel de organización local, el compromiso institucional, etc.

Actualmente la superficie total de las 148 ANP's de carácter federal en México es de aproximadamente 17,303,133 hectáreas, equivale al 6.9% del territorio nacional y 17.11% del mar territorial (12 millas náuticas). Como complemento a las acciones de manejo que el gobierno federal implementó en las áreas naturales protegidas desde 1995, el Gobierno de México y el Banco Mundial crearon en 1997 el Fondo para Áreas Naturales Protegidas dentro del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza A.C.

En el FANP están incluidas catorce ANP'S que abarcan una superficie de 6'358,496 ha, equivalente al 36.7% de la superficie total decretada bajo alguna categoría de protección a nivel federal en México. Estas áreas son Calakmul, El Triunfo, El Vizcaíno, Isla Contoy, Islas del Golfo de California, Mariposa Monarca, Montes Azules, Ría Lagartos, Sian Ka'an, Sierra de Manantlán, Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, Cuatrociénegas, Chichinautzin-Lagunas de Zempoala –El Tepozteco y Tehuacan-Cuicatlán (figura 1).



Figura 1. Distribución geográfica de las catorce ANP's, incluidas en el programa FANP.

En particular el Complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, a partir de 1996 cuenta con personal responsable de la administración y como parte del FANP a partir de 1997, cuenta con financiamiento que garantiza la operación básica y ha permitido llevar a cabo diversas acciones de conservación y gestionar recursos adicionales para el desarrollo de proyectos.

El programa FANP tiene por objetivo consolidar la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las Áreas Naturales Protegidas de México. A fin de conocer los avances de las ANP's enfocados a alcanzar el objetivo del programa se diseñó el Sistema de Monitoreo y Evaluación. El propósito de este sistema es evaluar, retroalimentar y adaptar el manejo de las ANP'S con base en la experiencia que se va adquiriendo. Una evaluación periódica de las acciones de manejo en campo por medio de un sistema de monitoreo que permita estimar avances, ayudará en la toma de decisiones respecto a cómo orientar las acciones de manejo de cada ANP e identificar las presiones que tienen estas áreas por las actividades humanas.

El sistema de monitoreo y evaluación del FANP incluye cuatro indicadores para medir el impacto del programa, dos de estos indicadores están orientados a medir el impacto general de las actividades de conservación en la biodiversidad: a nivel de paisaje el monitoreo biológico está enfocado al análisis de transformación del hábitat, que determina el porcentaje de la vegetación de las ANP's que ha sido transformada por actividades antropogénicas y el otro indicador es la tendencia en el promedio de organismos observados de especies clave. Los otros dos indicadores son socioeconómicos y están enfocados a medir cómo se están utilizando los recursos naturales: número de hectáreas bajo uso sustentable y número de pobladores que adoptan prácticas de uso sustentable.

La información generada con el presente proyecto permitirá contar con la línea base del estado actual de la cobertura vegetal en cada ANP y estimar la tasa de transformación del hábitat.

Objetivo general

Determinar la tasa de transformación del hábitat en el Complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, utilizando imágenes de satélite del período 1976-2000.

Objetivos particulares

- a) Conocer la línea base del estado de conservación de los recursos naturales en el área para el año 2000.
- b) Establecer una metodología para estimar la tasa de transformación del hábitat en las áreas naturales protegidas, utilizando imágenes de satélite para diferentes épocas.

Descripción del área

El complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an" es un conjunto de ANP's, que incluye las Reservas de la Biosfera de Sian Ka'an, decretado el 20 de enero de 1986, con 3 zonas núcleo, el Área de protección de Flora y Fauna Uaymil decretado el 17 de noviembre de 1994 y la reserva de la biosfera Arrecifes de Sian Ka'an decretado en 02 de febrero de 1998, con una superficie total de estas ANP's de 651,975 Ha. El complejo se ubica en el estado de Quintana Roo, en los municipios de Felipe Carrillo Puerto, Solidaridad (antes Cozumel) y Otón P. Blanco (figura 2).

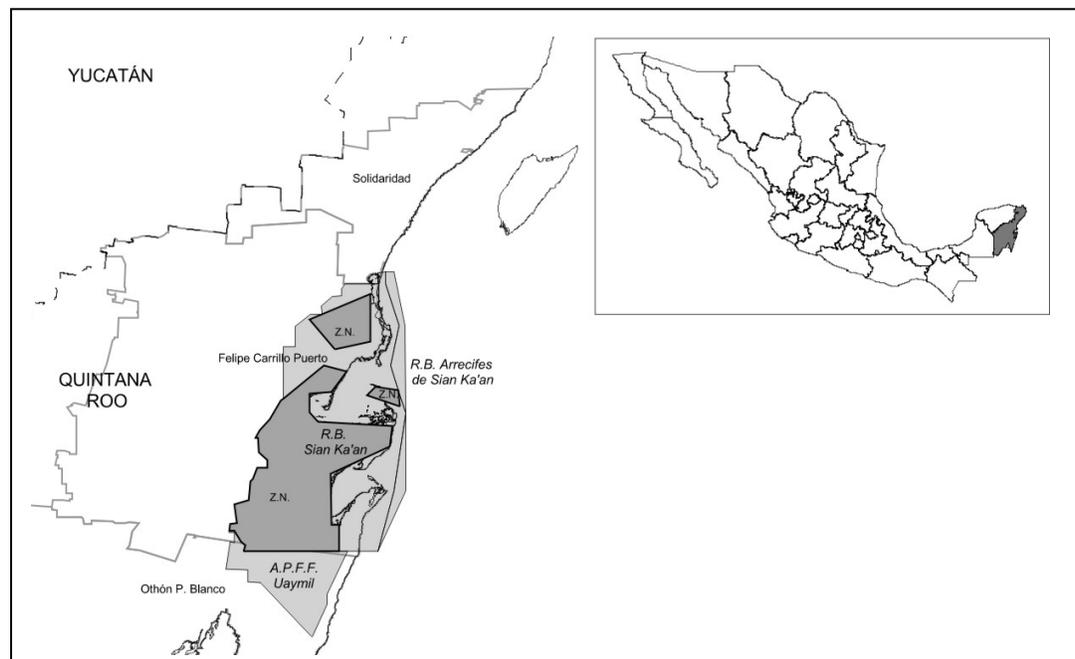


Figura 2. Localización del complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an.

Ocupa una superficie calcárea parcialmente emergida que desciende gradualmente hacia el mar, formando un gradiente que va de sitios secos hasta inundables. En este gradiente se desarrollan las selvas medianas, selvas bajas, selvas inundables, marismas y manglares. También existen lagunas salobres, zonas oceánicas someras y arrecifes coralinos.

El área presenta las oquedades y desniveles característicos del sustrato calcáreo y contiene variaciones como son los cenotes, petenes, lagunas, cayos y ojos de agua.

Desde el punto de vista biogeográfico, Sian Ka'an forma parte de la provincia de la península de Yucatán, en la región Caribeña y dentro de la región Neotropical (Rzedowski, 1978). Geológicamente, la península de Yucatán es un área de formación reciente. La barrera de arrecifes de Sian Ka'an, con cerca de 110 Km de longitud, forma parte de la segunda cadena arrecifal más larga del mundo.

Los suelos en Sian Ka'an son generalmente más pobres que los del resto de la Península; son también más jóvenes y poco evolucionados, pedregosos, someros, fácilmente degradables y con potencial forestal.

En Quintana Roo no hay corrientes superficiales con excepción del río Hondo, que lo separa de Belice. El agua de lluvia se filtra y da origen a las corrientes subterráneas que se manifiestan en los múltiples cenotes, lagunas y aguadas en todo el estado. La superficie inundada a finales de la temporada lluviosa es superior al 70% en la parte terrestre. En la época seca un 20% de esta permanece inundada y corresponde a las zonas de manglar chaparro donde la concentración salina es elevada. La permeabilidad del sustrato determina la inexistencia de ríos y corrientes superficiales, salvo en aquellos lugares muy bajos donde el nivel topográfico corta el manto freático.

El clima de Quintana Roo es en general cálido subhúmedo. La temperatura media anual es de 26° C y la precipitación media es de 1,300 mm anuales. Los meses más calientes son julio y agosto y el más frío es enero. La oscilación térmica anual es de 4.8° C.

Se distingue una época de sequía de diciembre a abril. La región está comprendida dentro de la zona ciclónica tropical del Caribe, y los vientos dominantes tienen una dirección este-sureste. Exceptuando la presencia eventual de los ciclones, el clima de Sian Ka'an es benévolo y apto para las actividades humanas. Se clasifica como Aw, cálido sub-

húmedo con lluvias en verano. La temperatura media mensual es siempre superior a 22° C, la media anual de 26.5° C. No se presentan heladas.

Sian Ka'an incluye las principales comunidades propias de la península de Yucatán y el Caribe y se sitúa como una zona de transición que permite una diversidad de ambientes en donde se desarrollan organismos tanto mesoamericanos como antillanos. Los tipos principales de vegetación son: Selva subperennifolia y subcaducifolia, Selvas bajas inundables, Tasistales, Pantanos de zacates, Manglares de franja, Manglar chaparro, vegetación de dunas, vegetación de cayos y áreas perturbadas

La reserva se encuentra situada en plena zona del dominio maya y alberga numerosos vestigios arqueológicos de las épocas clásicas y postclásicas.

En lo que se refiere al régimen de propiedad, el 99% de la tierra en Sian Ka'an es de propiedad nacional. Solamente en la franja costera que enfrenta al mar abierto hay propiedades privadas. Las costas en las bahías son de propiedad nacional. El límite occidental de la Reserva está marcado por ejidos del municipio de Felipe Carrillo Puerto y del municipio de Cozumel. Los únicos sectores organizados entre la población de Sian Ka'an son los pescadores.

Respecto a las vías de comunicación, Sian Ka'an está dividida por el camino de Felipe Carrillo Puerto a Vigía Chico que se continúa por un ramal hasta la costa que enfrenta a Punta Allen. Este camino cuenta en la actualidad con un ramal de terracería en dirección noroeste hacia el pueblo de Chumpón ya fuera de los límites de la Reserva. Existen otros dos caminos costeros de terracería que comunican a Punta Allen con Tulum y a Punta Herrero con Majahual respectivamente. Ningún tramo de estos caminos está pavimentado.

La única población con servicios de agua potable y alcantarillado es Punta Allen en el resto de Sian Ka'an no existe un servicio de agua potable. Esta se extrae de pozos someros.

La pesca es la actividad económica más importante de Sian Ka'an y la que ocupa a mayor número de habitantes. La pesca deportiva se practica esporádicamente como actividad ligada al turismo.

La principal influencia en la conservación a largo plazo de Sian Ka'an es el turismo. De manera particular, la creación del corredor Cancún-Tulum, el cual consiste de una franja costera dedicada al turismo

y cuya extensión llega hasta el límite de la zona arqueológica de Tulum y la Reserva. El inicio de las actividades turísticas en la Reserva, hoy todavía muy incipientes, se remonta a principios de los setenta cuando las ruinas de Tulum comenzaron a atraer turistas nacionales y extranjeros (SEMARNAP, 1996).

Materiales y métodos

Para el presente trabajo se emplearon imágenes de satélite Landsat con sensores: Multiespectral Scanner (MSS) y Landsat Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), identificadas con el path 19, row 46 y 47. En la tabla 1, se observa el tipo de sensor, fecha y la cantidad de bandas procesadas de las imágenes de satélite para esta área protegida.

Tabla 1. Características de las imágenes de satélite

CÓDIGO	SENSOR	FECHA	NUMERO DE BANDAS	IMÁGENES PROCESADAS
19/46	MSS	12/Febrero/1976	5	4
	MSS	03/Diciembre/1986	5	4
	MSS	01/Mayo/1992	5	4
	ETM	22/Junio/2000	8	6
19/47	MSS	02/Diciembre/1975	5	4
	MSS	11/Noviembre/1984	5	4
	MSS	20/Noviembre/1990	5	4
	ETM	22/Junio/2000	8	6
TOTAL DE IMÁGENES			46	36

Las imágenes MSS empleadas en el presente estudio fueron proporcionadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), que corresponden al proyecto North American Landscape Characterization (NALC) que forma parte del Landsat Pathfinder Program de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Las imágenes MSS, cuentan con una resolución espacial de 79 m (0.62 ha) de lado por cada píxel, con una resolución espectral de 0.5 a 1.1 micras distribuidas en 5 bandas (1, 2, 3, 4, 5) que corresponden al espectro visible y al infrarrojo. Para el estudio se emplearon 4 bandas (1, 2, 3, 4).

Las imágenes ETM+ empleadas en el presente estudio, fueron proporcionadas por el Inventario Forestal Nacional 2000-2001, y están compuestas por 8 bandas espectrales que corresponden al satélite más

reciente de la familia Landsat e incluye nuevas características que pueden facilitar estudios de cambio de la cobertura vegetal y para su análisis se emplearon 6 bandas que corresponden al espectro visible y al infrarrojo (1, 2, 3, 4, 5 y 7). Las imágenes MSS y ETM+, fueron importadas en ERDAS Imagine 8.5, utilizando el formato BSQ (Band Sequential) a fin de separar las bandas para su procesamiento. Posteriormente se generaron compuestos en falso color de 24 bits, que sirvieran como base para la identificación de los tipos de vegetación y uso del suelo.

Para la vectorización, se utilizaron Arcinfo 8.1 y Arcview 3.2. Los polígonos de la cobertura vegetal se generaron a partir de la información de uso del suelo y vegetación INEGI, Serie II escala 1:250,000, a nivel comunidad. Con base a la imagen generada en falso color y clasificaciones automatizadas, se realizaron modificaciones a los límites de los tipos de vegetación y las actividades antrópicas dentro del área para los años 1976, 1986, 1992 y 2000, asimismo se adicionaron polígonos a una escala aproximada de 1:100,000. La superficie total que incluye las tres ANP's antes mencionadas que conforman el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, es de 651,975 ha.

Los tipos de uso del suelo y vegetación, que se identificaron para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, en los años 70's, 80's, 90's y 2000, se agruparon de la siguiente forma, de acuerdo a la clasificación del INEGI (tabla 2).

Tabla 2. Agrupación de los tipos de uso de suelo y Vegetación (INEGI Serie II).

Tipos de vegetación y uso del suelo
Manglar
Popal-Tular
Selva alta y mediana subperennifolia
Selva baja subperennifolia
Área sin vegetación aparente
Cuerpo de agua
Nubes y sombras
Área incendiada
Porción Marina

La descripción de cada tipo de vegetación corresponde al "Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación" de INEGI, 2000, que se presenta en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para el Complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an

Vegetación	Descripción	Especies representativas
Manglar	Vegetación que se desarrolla en las zonas bajas y fangosas de las costas, en esteros, lagunas costeras y estuarios de ríos, siempre bajo la influencia de agua salobre. Se caracteriza porque algunos de sus componentes presentan raíces aéreas en forma de zancos. Pueden desarrollarse como una comunidad densa y alta (más de 20 m) o bien en forma de un matorral bajo, aún tratándose de la misma especie.	<i>Rhizophora mangle</i> (Mangle Rojo), <i>Avicennia germinans</i> (Mangle Negro), <i>Laguncularia recemosa</i> (Mangle Balco), y <i>Conocarpus erecta</i> (Botoncillo).
Popal	Vegetación herbácea que se desarrolla en lugares pantanosos de las planicies costeras, con agua permanente, donde vive enraizada en el fondo, sobresaliendo del agua sus hojas.	Algunas de las plantas que lo forman son: popoay (<i>Calathea spp</i>), quentó (<i>Thalia geniculata</i>) platanillo (<i>Heliconia spp</i>) y algunas especies graminoideas acuáticas como <i>Leersia spp</i> , <i>Paspalum spp</i> , <i>Panicum spp</i> y <i>Cyperus spp</i> , entre otros.
Tular	Comunidad de plantas herbáceas enraizadas en el fondo de terrenos pantanosos o en las orillas de lago y lagunas, tanto de zonas cálidas como de regiones templadas. Se caracteriza porque sus componentes tienen hojas largas y angostas o carecen de ellas.	Pertenece a los géneros: <i>Typha</i> , <i>Scirpus</i> y <i>Cyperus</i> . Incluye los llamados "Saibadales" de <i>Cladium jamaicense</i> y los "Carrizales" de <i>Phragmites communis</i> y <i>Arundo donax</i> .
Selva alta subperennifolia	El clima cálido húmedo donde alrededor del 25% de los árboles tiran follaje durante la época más seca, que es corta pero bien definida. Se distribuye en condiciones de menor precipitación hacia el sur de la Península de Yucatán, y en contacto con la Selva Alta Perennifolia o la Selva Mediana Subcaducifolia a lo largo de la costa del Pacífico.	Destacan: <i>Manilkara zapota</i> (Chicozapote), <i>Brosimum alicastrum</i> (Ramón), <i>Bucida buceras</i> (Pucté), <i>Bursera simaruba</i> (Chacá), etc.
Selva mediana subperennifolia	Ocupa partes de mayor pendiente con drenaje superficial más rápido o bien en regiones planas pero ligeramente más secas y con drenaje rápido, como en la península de Yucatán. En la época más seca del año tira entre el 25 y el 50% de sus hojas, y los elementos arbóreos tienen entre 15 y 30 m de alto. Está constituida por varios estratos de entre 7 y 25 m de altura, además de los estratos arbustivo y herbáceo.	Son más notorios algunos árboles como <i>Manilkara zapota</i> (Chicozapote), <i>Brosimum alicastrum</i> (Ramón), <i>Lysiloma spp.</i> (Guaje, Tepeguaje, Tzalam), <i>Bursera simaruba</i> (Palo Mulato, Copal, Chacá), y <i>Videx gaumeri</i> (Ya'axnik), entre otros.
Selva baja subperennifolia	Es una selva de 4 a 12 metros que se caracteriza porque del 25% al 50% de sus componentes tiran sus hojas en la época seca. Se desarrolla en terrenos con drenaje deficiente de zonas con climas cálido-húmedo y subhúmedo; se inundan en la época de lluvias, pero se secan totalmente en la seca. Se distribuye principalmente en la Península de Yucatán en las hondonadas llamadas "bajos o bajiales".	Las especies más comunes son: palo de tinte (<i>Haematoxylon campechianum</i>), pucté (<i>Bucida buceras</i>), chechém (<i>Metopium brownei</i>) y Sakpah (<i>Byrsonima bucidaefolia</i>).

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 árida, salinas, o bien porque la vegetación fue eliminada totalmente por actividades humanas	
Cuerpo de agua	Extensión de agua limitada por tierra.	

Las coberturas generadas en Arcinfo, fueron transferidas a Arcview 3.2 para su análisis obteniendo el área total en hectáreas de cada uno de los tipos de vegetación por año. Los cálculos de superficie se realizaron en base a la porción terrestre del complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an que cubre una superficie de 460,718 Ha.

Los tipos de vegetación presentes en la reserva, se agruparon en vegetación forestal y vegetación no forestal. La primera agrupa 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), citada por Bocco et al, 2001, expresada de la siguiente manera:

$$\delta_n = \left(S_2/S_1 \right)^{1/n} - 1$$

Donde:

δ = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

S_1 = superficie forestal, al inicio del período

S_2 = superficie forestal, al final del período

n = número de años entre las dos fechas

En el sistema Arcview se realizó la intersección entre las coberturas de cada década, obteniendo los polígonos que marcan el cambio de uso de suelo. La intersección se realizó de la siguiente forma: 70's/80's, 80's/90's, 90's/2000 y 70's/2000. Una vez realizada la intersección, se

calculó el área de los polígonos de cambio para generar la base datos, con las propiedades de cada polígono. A partir de esta información se generaron las matrices de Marcov, con los datos de la intersección, donde se muestra las pérdidas y ganancias de cada década como lo muestra Bocco et al. 2001. La matriz contiene en el eje vertical los tipos de vegetación 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 en la cobertura de vegetación y uso de suelo.

Resultados y discusión

Para el análisis se procesaron 36 imágenes de satélite de las que se obtuvieron falsos colores para cada década. La combinación de bandas utilizadas para la generación de compuestos RGB (red, green & blue) se muestran en la tabla 4. En las imágenes MSS, se utilizó un compuesto 421, donde los valores de la vegetación en la banda 4 son muy altos y los de las bandas 2 y 1 muy bajos. Las áreas con este tipo de cobertura aparecen en tonalidades de rojo muy vivas, en la figura 3 se presentan algunos ejemplos de los compuestos usados con muy buenos resultados.

Tabla 4. Combinación de bandas para la elaboración de los compuestos en falso color.

Tipo de sensor	Combinación de bandas
Landsat MSS	421
	321
Landsat ETM	432
	453
	452

Las cuatro coberturas obtenidas como resultado de la modificación de la información de uso del suelo y vegetación INEGI serie II, se encuentran en formato shape compatible a ArcInfo. A los polígonos generados se asignaron identificadores para cada tipo de uso del suelo y vegetación con base a la clasificación del INEGI.

Como resultado del cruce entre las coberturas de las diferentes décadas, se obtuvieron las zonas de cambio con las que se calculó la superficie transformada que se presenta por periodo.

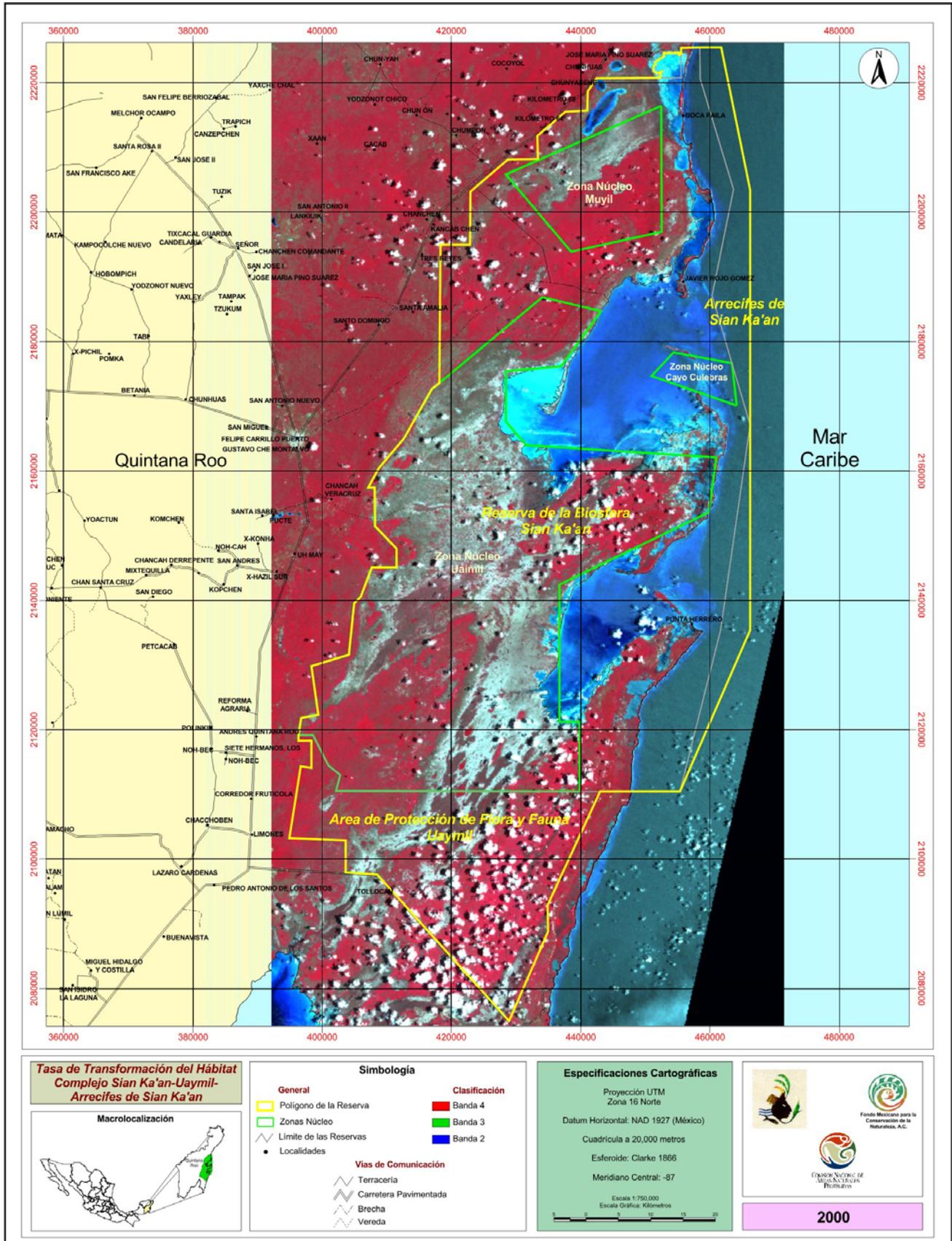


Figura 3. Falso color RGB (432) año 2000 para el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an".

Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 5, donde se puede observar que en 1976, anterior al establecimiento de 1986 como Reserva de la Biosfera "Sian Ka'an", el polígono presentó una superficie transformada de 2,119 Ha, 0.32% de la superficie total del área, por incendios forestales.

En 1986, posterior al decreto como reserva de la biosfera, el área presentó una disminución de la superficie transformada por los incendios, encontrándose 1,337 ha, 0.21% de superficie total. En el año 1992, la superficie transformada continua disminuyendo, llegando a 153 ha, correspondiente al 0.02% de la superficie total del área. Para el año 2000, no se reporta superficie transformada, observándose una recuperación en su totalidad del área afectada por los incendios forestales. Los cuerpos de agua cambian periódicamente dependiendo de la temporada del año, por lo que en algunos casos se observa una disminución o un incremento en estos (tabla 5).

Tabla 5. Tipos de vegetación y uso de suelo, identificados para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an en el periodo de 1976-2000.

TIPO DE VEGETACIÓN Y USO DE SUELO	1976	%	1986	%	1992	%	2000	%
Vegetación forestal								
Área sin vegetación aparente	1,377	0.21	1,377	0.21	1,377	0.21	1,377	0.21
Manglar	129,112	19.80	129,393	19.85	129,748	19.90	123,527	18.95
Popal-Tular	104,160	15.98	104,234	15.99	104,184	15.98	96,276	14.77
Selva alta y mediana subperennifolia	191,349	29.35	193,046	29.61	192,847	29.58	172,474	26.45
Selva baja subperennifolia	19,048	2.92	19,199	2.94	19,233	2.95	17,771	2.73
Cuerpo de agua	12,088	1.85	12,088	1.85	12,088	1.85	12,088	1.85
Nubes y sombras	1,465	0.22	44	0.01	1,088	0.17	37,205	5.71
	458,599	70.34	459,381	70.46	460,565	70.64	460,718	70.66
Vegetación no forestal								
Área incendiada	2,119	0.32	1,337	0.21	153	0.02	-	-
Porción Marina	191,257	29.34	191,257	29.34	191,257	29.34	191,257	29.34

La superficie de los tipos de vegetación para las zonas núcleo y zona de amortiguamiento se describen en la tabla 6, donde se observa que en las zonas núcleo, predominan los tipos de vegetación de popal-tular, selva alta y mediana subperennifolia, manglar, principalmente. Las zonas núcleo incluye también algunas nubes y sombras, así como aproximadamente 14,000 Ha de porción marina, en esta zona se observa que en el año de 1976 existió afectación por incendios.

Tabla 6. Uso de suelo y tipo de vegetación dentro de la zona núcleo y amortiguamiento.

Tipo de Vegetación y uso del suelo	Zona	70's (Ha)	80's (Ha)	90's (Ha)	2000 (Ha)
Área sin vegetación aparente	Núcleo	988	988	988	988
	Amortiguamiento	389	389	389	389
Manglar	Núcleo	76,618	76,942	76,702	73,597
	Amortiguamiento	52,494	52,451	53,046	49,930
Popal-Tular	Núcleo	87,905	87,944	87,894	82,531
	Amortiguamiento	16,255	16,290	16,290	13,745
Selva alta y mediana subperennifolia	Núcleo	84,829	85,138	85,205	8,0075
	Amortiguamiento	106,520	107,908	107,642	92,399
Selva baja subperennifolia	Núcleo	11,462	11,489	11,523	11,107
	Amortiguamiento	7,586	7,710	7,710	6,664
Cuerpo de agua	Núcleo	2,792	2,792	2,792	2,792
	Amortiguamiento	9,296	9,296	9,296	9,296
Nubes y sombras	Núcleo	638	43	232	14246
	Amortiguamiento	827	1	856	22959
Área incendiada	Núcleo	104			
	Amortiguamiento	2,015	1,337	153	
Porción Marina	Núcleo	14,353	14,353	14,353	14,353
	Amortiguamiento	176,904	176,904	176,904	176,904

En cuanto a la zona de amortiguamiento la vegetación que predomina son la selva alta y mediana subperennifolia y el manglar. La zona de amortiguamiento incluye en su mayoría de superficie porción marina con aproximadamente 176,000 Ha, donde se incluye los arrecifes coralinos.

En la zona de amortiguamiento de la reserva, se observa cambios en la cobertura forestal debido a incendios forestales, no se detectaron transformación del hábitat debido a actividades antrópicas, de existir en la zona costera se requiere de mayor resolución para poder cuantificarlas (tabla 6).

Los tipos de vegetación descritos en la tabla 5 y 6, agrupados en vegetación forestal y no forestal considerando la superficie terrestre del polígono del complejo, se presentan en la tabla 7, donde se puede observar su comportamiento.

Tabla 7. Superficie forestal en hectáreas para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an en el período de 1976-2000.

	FORESTAL	%	NO FORESTAL	%
SUPERFICIE TERRESTRE	460,718			
1976	458,599	99.5	2,119	0.46
1986	459,381	99.7	1,337	0.29
20 de enero de 1986, se decreta como Reserva de la Biosfera "Sian Ka'an"				
1992	460,565	99.97	153	0.03
17 de noviembre de 1994, se decreta como Área de Protección de Flora y Fauna "Uaymil"				
02 de febrero de 1998, se decreta como Reserva de la Biosfera "Arrecifes de Sian Ka'an"				
2000	460,718	100.00	-	-

La tasa de transformación del hábitat se calculó aplicando la fórmula a los resultados obtenidos en la agrupación de clases de la vegetación forestal y no forestal, y los resultados se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Tasa de transformación del hábitat en el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an en el período 1976-2000.

Período	S1 (Ha)	S2 (Ha)	Cambio (Ha)	años	Tasa de cambio	(%) Tasa de cambio anual	Ha/año	Cambio acumulado (Ha)
1976-1986	458,599	459,381	782	10	-0.00017	-0.017	-78	782
1986-1992	459,381	460,565	1,184	6	-0.00043	-0.043	-148	1,966
1992-2000	460,565	460,718	153	8	-0.00004	-0.004	-6	2,119
1976-2000	458,599	460,718	2,119	24	-0.00019	-0.019	-88	2,119

En la figura 4, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an en el año 1976, donde se observa que la vegetación que más predomina es la selva alta y mediana subperennifolia, seguido por popal-tular mezclado con manglar, los cambios que se presentan en la cobertura forestal para este año son áreas afectadas por incendios forestales, ubicadas al sureste del área en la zona conocida como Punta Herrero.

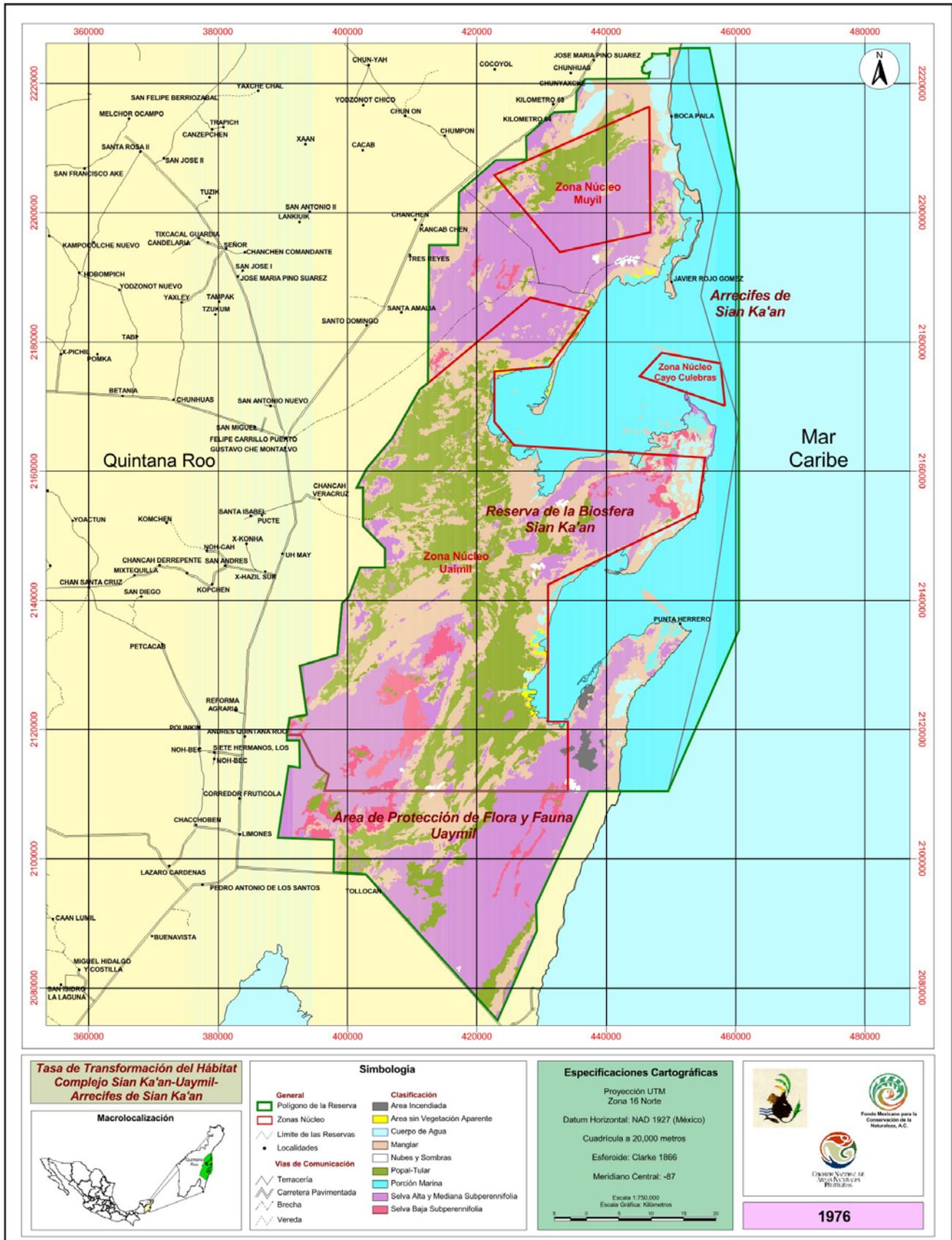


Figura 4. Uso de suelo y vegetación en 1976 para el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an".

En el periodo 1976-1986 se presentó una tasa de transformación del -0.017% (tabla 8), con -78 ha/año, recuperándose en el periodo 782 Ha, que restadas a la superficie transformada da como resultado que en 1986 disminuyan las hectáreas transformadas a 1,337 Ha que corresponde al 0.29% de la superficie terrestre (tabla 7). El resultado de la intersección de las coberturas indica que la vegetación forestal se recupera de los incendios forestales, existiendo una recuperación de 838 Ha de selva alta y mediana subperennifolia y 56 Ha de manglar fue afectado por incendios (tabla 9).

Tabla 9. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1973 y 1985.

Vegetación y uso de suelo 1976-1986	Transformación (Ha)
	Área incendiada
Área sin vegetación aparente	
Manglar	-56
Popal-Tular	
Selva alta y mediana subperennifolia	838
Selva baja subperennifolia	
Cuerpo de agua	
Nubes y sombras	
782 Ha. transformadas en el período.	

En la figura 5, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an presentes en el año 1986, donde se puede observar que las zonas identificadas como incendios forestales en 1976, para este año el área localizada al sureste cerca de la zona marina aumenta los incendios, sin embargo el polígono localizado al sur de esta disminuye notablemente.

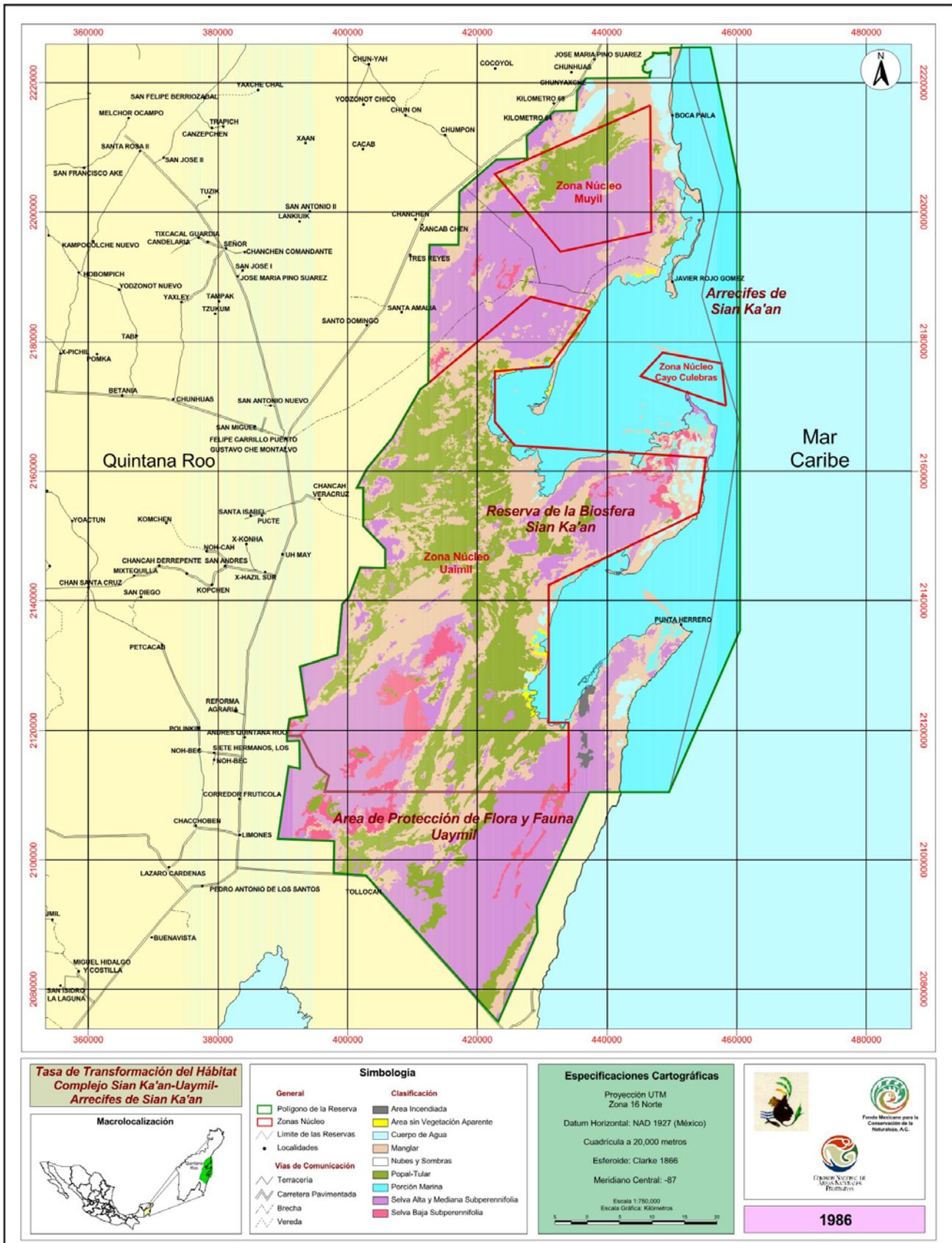


Figura 5. Uso de suelo y vegetación en 1986 para el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an".

En 1986 el área natural protegida se decreta como reserva de la biosfera "Sian Ka'an", en el período 1986-1992 se recuperaron un total de 1,184 Ha, mayor al período anterior (tabla 10).

Para este periodo se transformaron en el área 1,184 ha (tabla 8), con una tasa de transformación de -0.043% (-148 ha/año), la superficie transformada en este período restada a la superficie que se reporta para el año de 1986 se obtiene que para 1992 la superficie transformada sea de 153 Ha, equivalente al 0.03% de la superficie terrestre (tabla 7).

Los tipos de vegetación que presentan recuperación son: manglar y la selva alta y mediana subperennifolia (tabla 10).

Tabla 10. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1986 y 1992.

Vegetación y uso de suelo 1986-1992	Transformación (Ha)
	Área incendiada
Área sin vegetación aparente	
Manglar	595
Popal-Tular	
Selva alta y mediana subperennifolia	405
Selva baja subperennifolia	
Cuerpo de agua	
Nubes y sombras	184
1,184 Ha. transformadas en el período.	

En la figura 6, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an, en el año 1992, se observa que existe solo un polígono de zonas afectadas por los incendios forestales, sin embargo existe presencia de nubes y sombras, que posiblemente cubren parte de las áreas incendiadas.

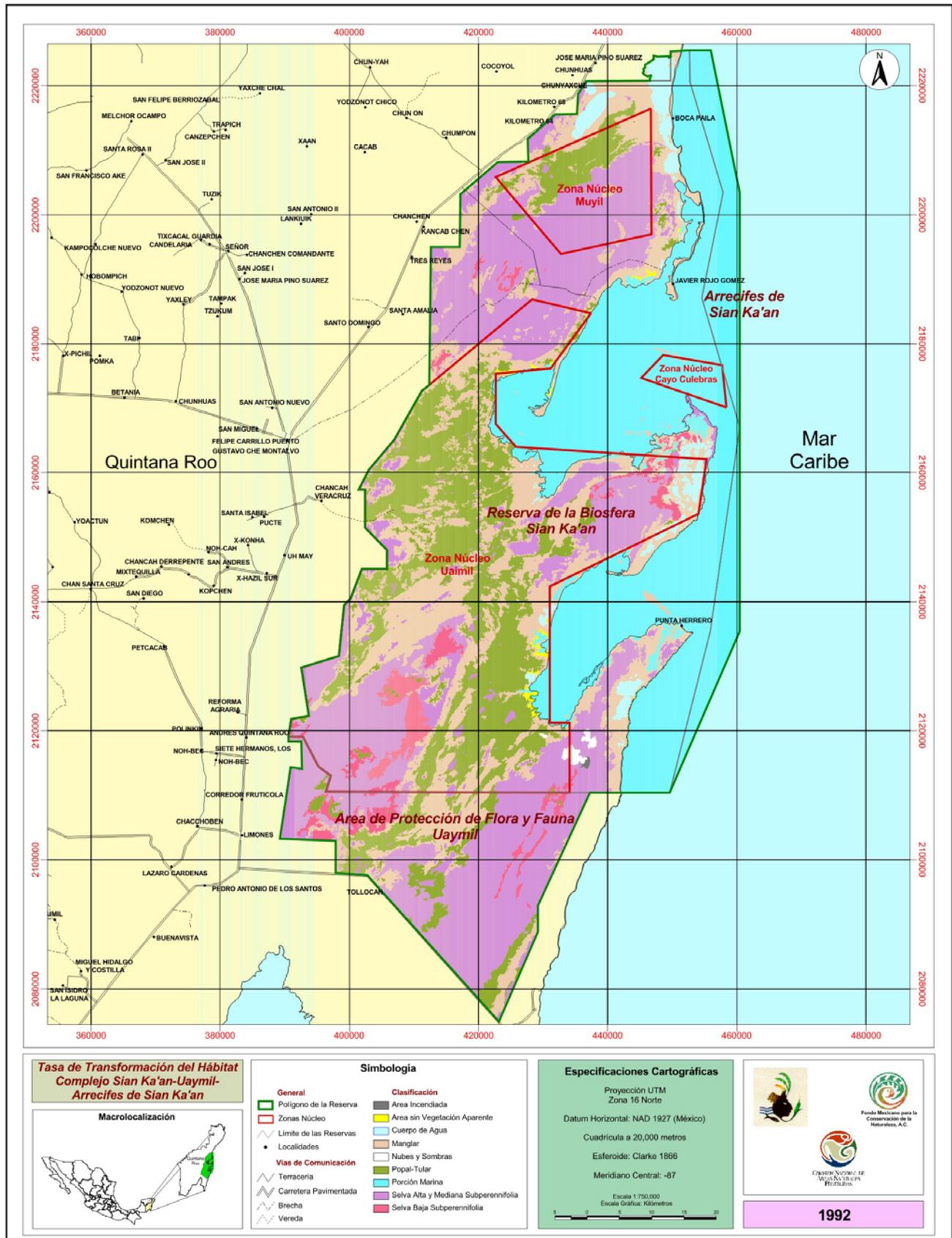


Figura 6. Uso de suelo y vegetación en 1992 para el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an".

Para el período 1992-2000 se transformaron 153 ha con una tasa de transformación a -0.004% con -6 ha/año (tabla 8), recuperándose una superficie 153 Ha (tabla 7).

Para el año de 1992, anterior al decreto del Área de protección de Flora y Fauna "Uaymil" en 1994, la zona presentaba 153 ha, transformadas, posteriormente se establece en 1998 la Reserva de la Biosfera "Arrecifes de Sian Ka'an", y para el año 2000 se reporta una recuperación de las hectáreas transformadas, llegando a este a cero hectáreas transformadas.

La intersección de los mapas (tabla 11) indica que la selva alta y mediana subperennifolia, se recupero de la afectación de los incendios.

Tabla 11. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período 1992 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 1992-2000	Transformación (Ha)
	Área incendiada
Área sin vegetación aparente	
Manglar	
Popal-Tular	
Selva alta y mediana subperennifolia	149
Selva baja subperennifolia	
Cuerpo de agua	
Nubes y sombras	4
153 Ha. transformadas en el período.	

En la figura 7, se presentan los tipos de vegetación y uso del suelo para el complejo Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian, para el año 2000. En este año existe no se registra la presencia de áreas afectadas por incendios, sin embargo en este año se observa gran parte del complejo con presencia de nubes.

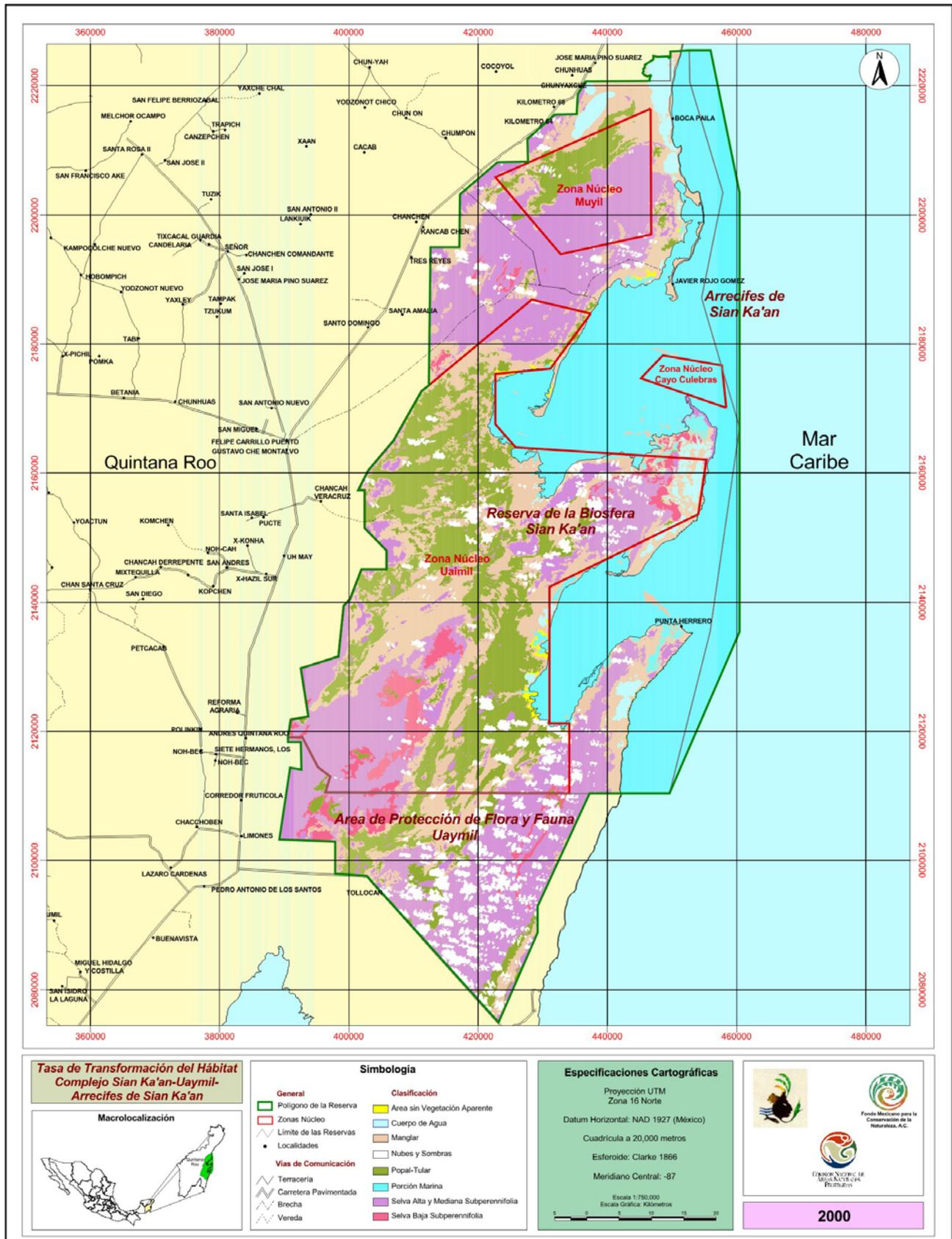


Figura 7. Uso de suelo y vegetación en el 2000 para el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an".

En la tabla 12, se muestra la transformación del hábitat del complejo “Sian Ka’an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka’an” en el periodo 1976-2000, teniendo en este período una tasa de -0.019%, -88 ha/año (tabla 8), lo cual significa que en un período de 24 años se han recuperado 2,119 Ha (tabla 12), en esta zona existe una recuperación de la vegetación por incendios forestales. La actividad reportada son los incendios forestales, sin embargo a partir del año 1976 la vegetación se encontraba en recuperación, reportándose para el año 2000 una completa recuperación.

Tabla 12. Transformación de vegetación y uso de suelo en el período de 1976 y 2000.

Vegetación y uso de suelo 1976-2000	Transformación (Ha)
	Área incendiada
Área sin vegetación aparente	
Manglar	588
Popal-Tular	
Selva alta y mediana subperennifolia	1,434
Selva baja subperennifolia	
Cuerpo de agua	
Nubes y sombras	97
2,119 Ha. transformadas en el período.	

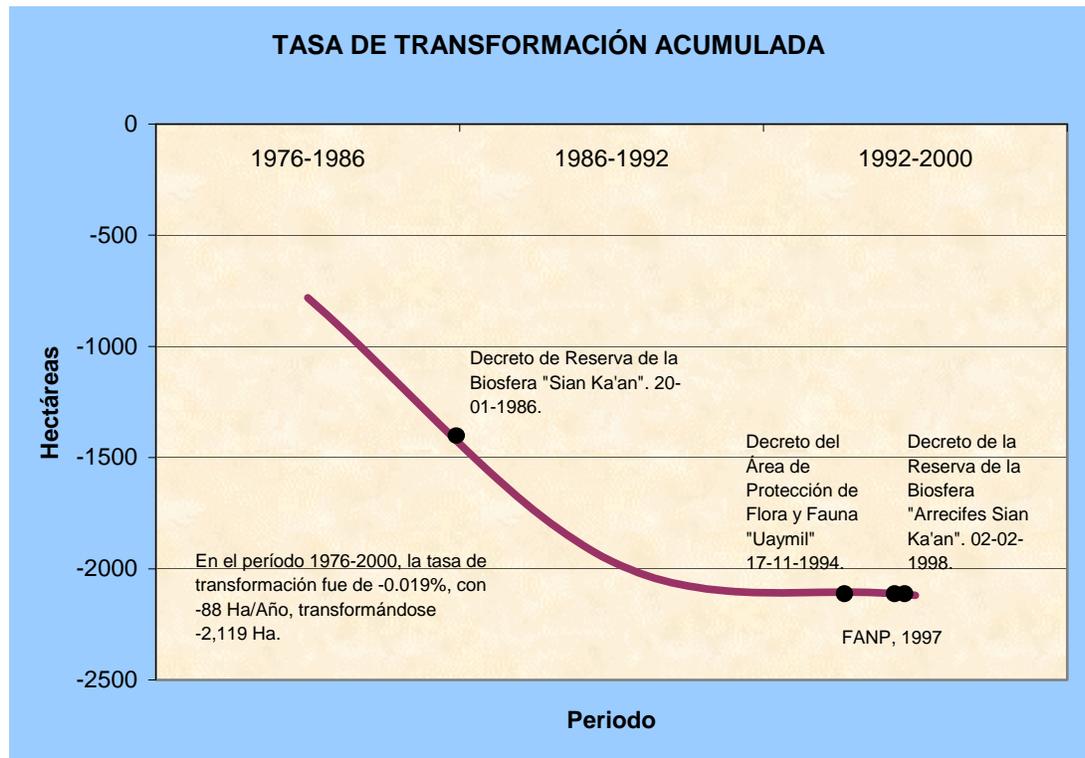
La figura 8 se presenta la transformación del hábitat en el período correspondiente a 1976-2000. En color morado se indican los cambios de uso del suelo sobre los tipos de vegetación; y en color rosa se observa la recuperación de los tipos de vegetación.

La tendencia a la transformación del hábitat a diferencia de otras Áreas Naturales Protegidas es hacia la recuperación de áreas que fueron afectadas por incendios forestales, con una recuperación promedio de 88 Ha/año (tabla 13). La gráfica 1 presenta valores negativos, representando la recuperación de la vegetación forestal a lo largo del período, esta sería una representación ideal de un ANP en proceso de recuperación.

Tabla 13. Tasa de transformación del hábitat del complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an".

	SUPERFICIE TRANSFORMADA (Ha)				FANP 2002	Tasa de Transformación Anual (% Sup Total)	Ha/Año	# de años
	70's-80's	80's-90's	90's-2000	00				
Superficie en el período (Ha/año)	782 (-78)	1,184 (-148)	153 (-6)	0		-0.019	-88	24
Superficie acumulada	2,119	1,337	153	0				

■ Período de creación del FANP
 ■ Período en que se decretó el ANP



Gráfica 1. Tendencia a la transformación del hábitat del complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an"

Es importante mencionar que el complejo Sian Ka'an-Uaymil es una de las ANP's mejor conservadas, mucho se debe a las condiciones de conservación que se encontraban al momento de su establecimiento de sus decretos y por otra parte se debe a que aproximadamente un tercio lo constituye la porción marina y los dos tercios restantes el 99% son terrenos nacional, por lo que las actividades humanas no ha transformado significativamente los ecosistemas presentes. Sin embargo existen fenómenos naturales como son los huracanes y los incendios forestales que pueden estar afectando la cobertura vegetal, por lo anterior es importante continuar monitoreando el estado de conservación de los ecosistemas a esta escala.

Por otra parte se requiere desarrollar un programa de monitoreo a nivel de la franja costera, a fin de medir los cambios que se presentan por las actividades humanas, principalmente debido al desarrollo turístico.

Por lo anterior y a fin de contar con información de base para el programa de monitoreo del Fondo para Áreas Naturales Protegidas, es necesario integrar la información correspondiente a la imagen de satélite del 2003, para conocer las tendencias en la transformación del hábitat en el futuro.

Conclusiones

La tasa de transformación del hábitat obtenida para el polígono que conforma el complejo "Sian Ka'an-Uaymil-Arrecifes de Sian Ka'an" en el periodo 1976-2000 fue de -0.019% con -88 ha/año con una transformación a la recuperación total en 24 años de 2,119 Ha. Sin presencia de áreas transformadas en el año 2000.

En el período 1986-1992, se presenta la mayor tasa de transformación con -0.043% (-148 Ha/año), lo que representa que en este período se recuperaron 1,184 Ha.

Los tipos de vegetación afectados por los incendios forestales y que se recuperaron fue la selva alta y mediana subperennifolia y manglar.

Los datos que aquí se presentan servirán de base para conocer la tendencia en la transformación del hábitat por actividades humanas o fenómenos naturales, considerando la importancia que estas ANP's tiene desde el punto de vista forestal, así como por los bienes y servicios ambientales que estos brindan.

Literatura citada

Arreola, A., Cuevas, G., Becerril, R., Guillén, C., Noble, L., Altamirano, M. 1997. Análisis sobre los cambios de uso y cobertura vegetal en la Reserva de la biosfera El Triunfo. WWF-IDESMAC. Chiapas, México. pp. 71-83

Arreola-Muñoz, A.V. 1999. Marginación y cambio de uso del suelo en tres fronteras forestales de Chiapas, Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, México. 294 pp.

Berry, M. W., R.O. Flamm, B. C. Hazen, R.L. MacIntyre. 1996. The Land-Use Change and Analysis System (LUCAS) for Evaluating Landscape Management Decisions. IEEE Computational Science & Engineering 3:1. 24-35 pp.

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. 56-76 pp.

Brower, L., Castilleja, G., Peralta, A., Lopez, J., Bojorquez, L., Diaz, S., Melgareo, D., Missrie, M. 2002. Quantitative changes in forest quality in a principal overwintering area of the Monarca butterfly in Mexico, 1971-1999. *Conservation Biology*, Vol. 16, No. 2. 354-356 pp.

Dirzo R., García M. 1992. Rates of Deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical Area in Southeast Mexico. Instituto de Geografía, UNAM. 84-86 pp.

Hernández, E. 2002. Tipos de vegetación y uso de suelo en el Corredor Sierra Madre del Sur, ("Quetzal") en el área correspondiente a la Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chiapas, México. Informe final. Conservation Internacional México, A. C. 35 pp.

Hinojosa, C. A. y R. J. Delgadillo. 1999. Caracterización del paisaje en la vegetación y uso del suelo, y su cambio en las tres últimas décadas apoyados con imágenes Landsat MSS, en el estado de Baja California, México. CONACYT. México.

INEGI. 2000. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación.

Ramírez R. I. 2001. Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. Instituto de Geografía, UNAM. 39, 45-52 pp.

Ruíz. M., y Gómez A., 1987. Diagnóstico de los Sistemas de Inventario Forestal Utilizados en la Región Trópico-Húmeda de México, *In*: Lund, H.G, Caballero-Deloya M., Villareal-Canton R. Eds. Land and Resource Evaluation for National Planning in the Tropics: Proceedings of the International Conference and Workshop; 1987; México; Gen. Tech. Report WO-39. Department of Agriculture, Forest Service; Washington, D.C. USA 524 pp.

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

SEMARNAP, 1997. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. México. 109-130 pp.

SEMARNAP, 1996. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México.

SEMARNAT, 2003. La Deforestación en 24 Regiones PRODEFS. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 123 pp.

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

Velázquez A., Mas J. F., Palacio J. L. 2002. Regionalización Ecológica a nivel regional (escalas 1:250,000 y 1:100,000) y local (1:50,000 y 1:250,000). Análisis del cambio de uso de suelo. SEMARNAT. Instituto Nacional de Ecología. Instituto de Geografía, UNAM. 5-6, 28-30 pp.