



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**



**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA**

**CAMBIO EN LA COBERTURA DE MANGLAR
EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ,
QUINTANA ROO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADA EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:
ANDREA GABRIELA SÁNCHEZ NADURILLE



DIRECTORA DE TESIS:
MTRA. ANGÉLICA MARGARITA FRANCO GONZÁLEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Quisiera agradecer a las personas que me han acompañado durante mi formación académica y el cierre de esta etapa. En primer lugar me gustaría agradecer a mi asesora, Angélica Margarita Franco González, quien me brindo orientación y tiempo para la realización de mi tesis.

Agradezco a mis sinodales, Dra. María de Lourdes Rodríguez Gamiño, Dra. María Ángeles Pérez Martín, Dra. Leticia Gómez Mendoza y Dr. Jesús Abraham Navarro Moreno, quienes me brindaron invaluable comentarios y aportaciones para mejorar la calidad de mi trabajo.

Igualmente me gustaría agradecer a las personas que forman parte de la Subcoordinación de Percepción Remota en CONABIO, en especial a Ma. Isabel Cruz, Samuel Velázquez y Alberto Alcántara, quienes me apoyaron en la realización de mi servicio social y me brindaron valiosos comentarios acerca de mi investigación.

Agradezco a la bióloga Patricia Santos y al Dr. Jaime González de CONANP por brindarme importantes insumos acerca del Área Natural Protegida “Manglares de Nichupté” para la realización de este documento.

Por último, y no por menos importante, quisiera agradecer a todas las personas que formaron parte de mi vida académica en la UNAM: profesores, investigadores, colegas y amigos.

Agradezco a mi familia por su apoyo, sin ustedes no estaría aquí.

Y a todas las personas que se interesen en leer esta investigación.

Dedicatorias

Dedicó mi trabajo a todas las personas que creyeron en mí, y que me apoyaron aún pensando que la geografía no era la mejor opción para estudiar.

A mi hermano y mi madre, esas dos personas que han sido un pilar en mi vida. Gracias hermano por hacer indirectamente de mí una mejor persona, te amo con todo mi corazón. Gracias madre por incitarme a luchar por lo que quiero sin importar lo que las personas piensen de mi.

A mi abuela y bisabuela, mujeres fuertes que me han acompañado en todo momento. Estaré eternamente agradecida por sus enseñanzas y por su ayuda en momentos difíciles.

A mí tíos, quienes directa e indirectamente me han enseñado quién soy y quién quiero ser. Gracias por su apoyo y por inspirarme a ser una mejor persona.

A mis primos, las personas con las que he pasado momentos muy divertidos. Igualmente a todos mis familiares que me han alentado a crecer y ver el lado bueno de la vida.

A todas las personas que he conocido a lo largo de mi vida que han participado en la construcción de la persona que soy. A esas amigas y amigos que hice a lo largo de mi vida académica y fuera de ella, no necesito nombrarlos, solo quiero que sepan lo mucho que los aprecio.

AnYor

Humanity has grown to the point where it can make major changes to its environment; it now needs to decide what those changes should be.

– Simon Wright.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO 1	
Bases teórico-metodológicas	12
1.1. Uso de suelo	13
1.1.1. Factores que influyen en el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal.....	16
1.1.2. Consecuencias del cambio de uso del suelo y cobertura vegetal	18
1.2. Sistema Manglar-Laguna	20
1.2.1. Sistema	20
1.2.2. Sistema complejo	22
1.2.3. Manglar	24
1.2.4. Laguna	27
1.2.5. Manglar-Laguna.....	29
1.3. Metodología	32
CAPÍTULO 2	
Contexto geográfico del Sistema Lagunar Nichupté	37
2.1. Localización y descripción física	37
2.1.1. Geología, geomorfología e hidrografía	38
2.1.2. Clima.....	41
2.1.3. Suelos y biota.....	44
2.2. Contexto histórico y socioeconómico	50
2.2.1. Cancún	52
2.2.2. Población	54
2.2.3. Actividades económicas.....	57
2.3. El manglar en el Sistema Lagunar Nichupté	59
2.3.1. Características del manglar	59
2.3.1.1. Superficie ocupada por manglar	61
2.3.1.2. Tipos y especies de manglar	62
2.3.2. Importancia ecológica del manglar del Sistema Lagunar Nichupté... ..	65
2.3.3. Uso y valoración del manglar.....	66
2.3.4. Gestión para la conservación del manglar	68
2.3.4.1. Área Natural Protegida “Manglares de Nichupté”	68

2.3.4.2. Sitio Ramsar “Manglares de Nichupté” 70

CAPÍTULO 3

Cambios espaciales en la cobertura del manglar del Sistema Lagunar Nichupté 73

3.1. Uso de suelo y cobertura vegetal 74

3.2. Transformaciones de la superficie de manglar 83

3.3. Pérdidas en la superficie de manglar 89

Conclusiones.. 93

Fuentes consultadas 96

Anexos..... 104

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

TABLA 1. CLASES PARA LA CARTOGRAFÍA DE USO DE SUELO. 35

TABLA 2. PRINCIPALES ACONTECIMIENTOS EN EL SITIO DE ESTUDIO..... 51

TABLA 3. DATOS DE POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE BENITO JUÁREZ Y LAS LOCALIDADES DE CANCÚN Y
ALFREDO V. BONFIL..... 56

TABLA 4. CAMBIOS PRESENTADOS EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ 82

TABLA 5. SUPERFICIE DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE MANGLAR EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ 83

TABLA 6. INVENTARIO DE FLORA DEL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ 104

TABLA 7. INVENTARIO DE FAUNA DEL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ 111

TABLA 8. SUPERFICIE DE CAMBIOS DE MANGLAR A OTRAS CLASES EN LOS DIFERENTES PERIODOS 116

TABLA 9. HECTÁREAS Y PORCENTAJE DE LAS DIFERENTES CLASES DE USO DE SUELO CON RESPECTO AL
TOTAL DE LA SUPERFICIE DEL POLÍGONO DEL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ..... 139

FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE LA ZONA DEL SITIO RAMSAR Y ÁREA NATURAL PROTEGIDA "MANGLARES DE NICHUPTÉ"	8
FIGURA 2. COMPONENTES DEL SISTEMA MANGLAR-LAGUNA DEL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ.....	31
FIGURA 3. FASES DE INVESTIGACIÓN	33
FIGURA 4. LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO.....	38
FIGURA 5. PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MEDIA POR MES, CON DATOS DE LA ESTACIÓN 23155, CANCÚN. PERÍODO: 01/04/1988 - 31/12/2012	43
FIGURA 6. MAPA EDAFOLÓGICO DEL SITIO DE ESTUDIO	45
FIGURA 7. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN, 1970-1971.....	75
FIGURA 8. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 1980	76
FIGURA 9. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 1990	78
FIGURA 10. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 2005	80
FIGURA 11. PORCENTAJE DE USO DE SUELO Y COBERTURA VEGETAL DEL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ..	81
FIGURA 12. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS, GANANCIAS Y PERMANENCIA DE LA SUPERFICIE DEL MANGLAR EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ.....	86
FIGURA 13. PERDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 1972-2015.....	88
FIGURA 14. CAMBIOS EN LA COBERTURA DE MANGLAR CON OTRAS CLASES DE 1972-2015.	90
FIGURA 15. PORCENTAJE DE SUPERFICIE DE LOS CAMBIOS DE MANGLAR A OTRAS CLASES.....	92
FIGURA 16. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 1972.	117
FIGURA 17. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 1985.	118
FIGURA 18. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 1995.	119
FIGURA 19. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 2000.	120
FIGURA 20. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 2010.	121
FIGURA 21. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR NICHUPTÉ, 2015.	122
FIGURA 22. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 1972-1980.....	123
FIGURA 23. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 1980-1985.....	124
FIGURA 24. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 1985-1990.....	125
FIGURA 25. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 1990-1995.....	126
FIGURA 26. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 1995-2000.....	127
FIGURA 27. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 2000-2005.....	128
FIGURA 28. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 2005-2010.....	129
FIGURA 29. PÉRDIDA Y GANANCIA DE SUPERFICIE DEL MANGLAR, 2010-2015.....	130
FIGURA 30. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 1972-1980.	131
FIGURA 31. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 1980-1985.	132
FIGURA 32. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 1985-1990.	133
FIGURA 33. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 1990-1995.	134
FIGURA 34. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 1995-2000.	135
FIGURA 35. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 2000-2005.	136
FIGURA 36. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 2005-2010.	137
FIGURA 37. CAMBIOS EN LA SUPERFICIE DE MANGLAR, 2010-2015.	138

INTRODUCCIÓN

Entre los humedales, uno de los ecosistemas más importantes en México, los manglares se distinguen por su riqueza natural y los servicios ambientales que brindan. México, junto con Indonesia, Brasil, Nigeria, Australia y Malasia, es uno de los seis países con mayor superficie de este ecosistema, y estos países contienen el 50% de la superficie de manglares del mundo. Los manglares de México representan el 5% del total mundial, cubriendo el 0.4% del territorio, colocando a nuestro país en el cuarto lugar de los 125 países y territorios que poseen este ecosistema (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Los manglares de América Latina y el Caribe exhiben una amplia variación en las características estructurales, funcionales, y fisonómicas (Cintrón y Shaeffer, 1985; Rollet, 1986; Lacerda, 1993; Jiménez, 1994a; Sánchez *et al.*, 2000a, citados en Lugo, 2002). A lo largo de la península de Yucatán y en las islas bajas como las Bahamas y otros en el Caribe, los manglares crecen en un entorno de carbonato y en esta configuración, los manglares alcanzan completamente diferentes fisonomías y estructuras (Lugo, 1981 y 1994; Trejo *et al.*, 1993, citados en Lugo, 2002) y con nutrientes limitados (Feller *et al.*, 1999, citado en Lugo, 2002).

Los manglares en México se distribuyen de forma discontinua a lo largo de sus 10,000 km de litoral, en función de las características climáticas, del origen morfotectónico de las costas, del intervalo de mareas y del tamaño de la cuenca hidrológica (Flores-Verdugo *et al.*, 1992, citado en Sánchez *et al.*, 2007). Cabe resaltar que los manglares de la costa noroccidental de México y el Caribe son menos extensos y menos desarrollados que los del Golfo de México y la costa sudoccidental (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

En México se presentan seis especies de manglares: el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), el mangle negro (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), *Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii*. Las últimas dos encontrándose solamente en las costas del estado de Chiapas.

El Sistema Lagunar Nichupté está ubicado en la parte noreste de la Península de Yucatán, en el Estado de Quintana Roo, interacciona con el Mar Caribe a través de dos bocas; la boca Cancún en el norte y la boca en Punta Nizuc en el sur, como se puede observar en la Figura 1. El sistema lagunar consiste principalmente de cinco cuerpos de agua, todos ellos interconectados por canales.

Esta zona está cubierta densamente por manglar (mangle rojo, mangle negro, mangle botoncillo y mangle blanco), sobre todo en la parte occidental y sur. En el lado occidental estos manglares se desarrollan sobre una llanura de inundación y van siendo sustituidos por una selva baja caducifolia. Debido a las formaciones de rocas calcáreas de permeabilidad alta, el agua de lluvia se filtra rápidamente y fluye a través de ríos o interconexiones subterráneas (Calderón *et al.*, 2014).

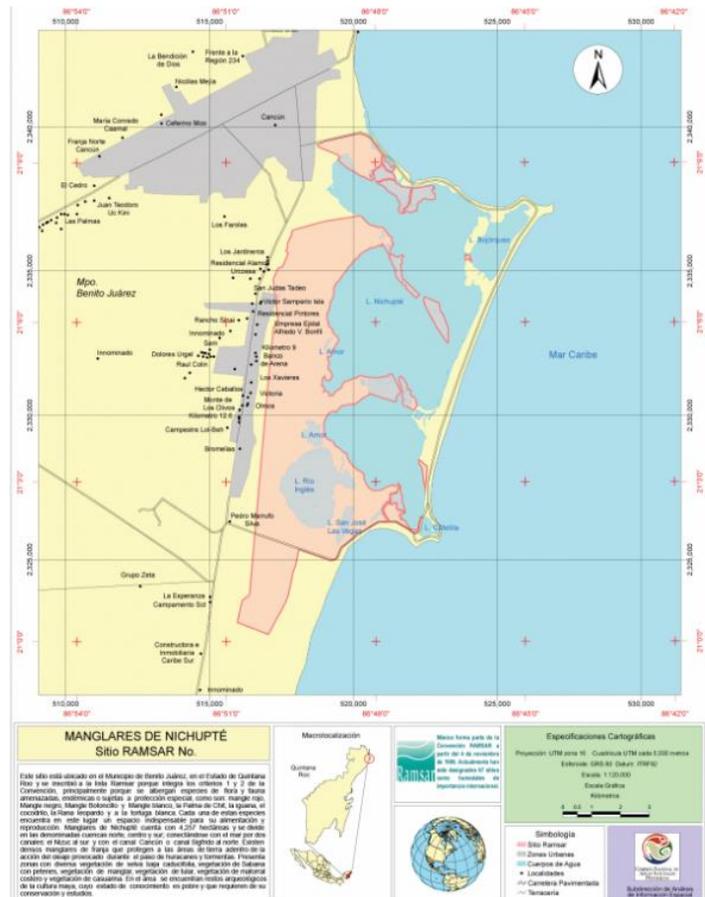


Figura 1. Mapa de la zona del Sitio Ramsar y Área Natural Protegida "Manglares de Nichupté". Fuente: CONANP (2008)

La mayor influencia en el cambio de cobertura en el Sistema Lagunar Nichupté empezó a realizarse desde 1970, fecha en la que se comenzara un proyecto para la realización de una ciudad turística, Cancún. Desde la creación del "Proyecto Cancún", la zona del Sistema Lagunar Nichupté se ha convertido en un área importante para la atracción turística, así como base para actividades portuarias y de pesca. Lo anterior ha dado como resultado que la cobertura vegetal haya cambiado durante las últimas cuatro décadas. La pérdida corresponde al ámbito socioeconómico como al físico, esto es porque las amenazas obtenidas por el

Sistema Lagunar Nichupté son realizadas por el ser humano o por fenómenos naturales, que el mismo humano no ha podido encontrar la forma de controlar.

En el Sistema Lagunar Nichupté se desarrollan y reproducen diferentes especies de flora y fauna. Es el manglar la vegetación que más predomina en la zona, éste se encuentra colindante a una zona urbana, por lo que la presión de actividades antrópicas (realización de actividades turísticas, rellenos o simplemente como tiraderos clandestinos de desechos) ponen en riesgo al Sistema Lagunar Nichupté.

Los servicios ambientales que brinda el manglar a la zona son de gran importancia, ya que no solo funcionan como una barrera natural para la retención de erosión e impacto de fenómenos hidrometeorológicos, sino como una zona de protección y crianza de especies acuícolas, así como un área de captura de gases de efecto invernadero, entre otras funciones.

El manglar es un elemento que forma parte de un sistema complejo, en donde cada elemento se relaciona entre sí para que exista un equilibrio ecológico. Sin embargo, la presencia de actividades antrópicas y de fenómenos naturales, que amenazan el desarrollo del manglar, cambiarán las condiciones ambientales de todo el Sistema Lagunar Nichupté, así como la disminución de la superficie del manglar.

El manglar es un recurso que brinda diversos e importantes servicios ambientales a zonas contiguas, por lo tanto, es significativo el estudio de este recurso, tanto en su ubicación como de las amenazas que éste posee, así como de los agentes causales de estas amenazas.

Las actividades antrópicas construyen la principal amenaza para los manglares; estas actividades están relacionadas con el turismo, el desarrollo urbano, industrial, ganadero, agrícola y acuícola. Las especies de flora y fauna que habitan conjuntamente con el mangle asimismo son amenazadas.

El conocimiento de cambio de suelo en una zona específica, como lo es el Sistema Lagunar Nichupté, ayudará en la comprensión de la disminución de desarrollo, en este caso del manglar, por diferentes agentes, con el propósito de proponer un mejor manejo de este recurso.

Esta investigación tiene el fin de servirle a estancias gubernamentales, como es el municipio de Benito Juárez y el gobierno de Quintana Roo, estancias no gubernamentales que estén interesados acerca de esta temática, y a la misma comunidad que está establecida en la periferia del Sistema Lagunar Nichupté; para brindar información acerca del estado en el que se encuentra el manglar en el Sistema Lagunar Nichupté.

La hipótesis de la presente tesis es que la cobertura del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté ha disminuido del periodo de 1970-2015 debido a la presión de las actividades antrópicas y los fenómenos naturales, propiciando un cambio de uso de suelo.

El objetivo general con el que se rige esta investigación es el determinar los patrones de cambio de la cobertura del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté de 1970 al 2015. A razón de esto se identifica el contexto geográfico del Sistema Lagunar Nichupté. Acto seguido se reconoce la importancia biológica, económica y cultural del mangle en el mismo sistema lagunar. En seguida se examina de forma multitemporal el estado de la cobertura del manglar y, por ultimo, se expone los cambios espaciales realizados por los agentes principales en la cobertura del manglar del Sistema Lagunar Nichupté.

La tesis está organizada en cuatro capítulos. En el primer capítulo se desarrolla la parte teórica-metodológica de la investigación, para ilustrar el enfoque que se tomó como base para esta investigación. En el segundo capítulo se resume el

contexto geográfico del Sistema Lagunar Nichupté, se explica la localización y descripción física, así como el contexto socioeconómico del área. Igualmente se identifica el manglar que se desarrolla en la zona, explicando sus características, la flora y fauna asociada; así mismo, se expone la importancia ecológica, el uso y valoración del manglar y la gestión para la conservación del manglar en la zona.

En el último capítulo se realiza un análisis y discusión de los resultados obtenidos en la realización de la cartografía de uso de suelo y vegetación, en la transformación de la superficie del manglar y cambios en la superficie del manglar cumpliendo el objetivo de esta tesis.

CAPÍTULO 1

Bases teórico-metodológicas

Desde sus orígenes, la geografía ha estado vinculada de forma estrecha con el término de ambiente y con su dimensión territorial, para poder comprender el ambiente es necesario el estudio de los elementos que conforman el espacio geográfico, así como la comprensión de las interrelaciones que existen entre estos elementos. La contribución que la Geografía brinda a investigaciones en cuestiones ambientales está relacionada con el campo de trabajo realizado por la rama de la geografía denominada Geografía Ambiental. Autores como Castree *et al.* (2009) y Bocco *et al.* (2011) (citados en Bocco y Urquijo, 2013) proponen a la Geografía Ambiental como una herramienta conceptual que permita cerrar la brecha entre la Geografía Física y Humana.

La Geografía Ambiental se enfoca en temas clave como lo señalado por Bocco y Urquijo (2013) que son los riesgos, la vulnerabilidad, la biodiversidad con base en la distribución territorial, la planificación y uso de suelo, los análisis de paisaje, tenencia y acceso a los recursos, manejo de cuencas y cambio de cobertura, entre otros. La relevancia que cobra la Geografía en estudios ambientales es con un interés en el análisis espacial, en donde contribuye de forma notable sobre estudios de paisaje, procesos productivos, cambio de uso de suelo y patrones de asentamiento. Existe un vínculo muy grande actualmente entre la Geografía y las ciencias ambientales, ya que la Geografía ha aportado mucho entorno a la problematización interdisciplinaria ambiental, a través de la espacialización o territorialización.

En este capítulo, así como en toda la presente investigación, se aborda desde un enfoque sistémico el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal. El cambio de uso de suelo es un tema que la Geografía Ambiental trata, ya que ésta tiene como finalidad la comprensión del impacto de las actividades humanas en la naturaleza, todo esto desde una perspectiva espacial. Es importante comprender los elementos

y conceptos que son la base teórica de esta tesis, como lo son el uso de suelo, el sistema y sistema complejo, el manglar, la laguna y la relación de estos dos últimos elementos. Este primer capítulo se dedica a exponer las bases teórico-metodológicas que preceden la presente investigación.

1.1. Uso de suelo

Los ecosistemas terrestres han sufrido grandes transformaciones, la mayoría debido a la conversión de la cobertura del terreno y a la degradación e intensificación del uso del suelo (Lambin, 1997b). Los cambios de usos de suelo ya sean legales o ilegales son cada día más frecuentes (Pineda *et al.*, 2009).

El estudio del cambio de uso de suelo y de la cobertura vegetal van totalmente de la mano; en este trabajo es necesario tener presente las diferencias de estos dos conceptos y también la relación que tienen, así como Mendoza *et al.*, (2010:28) mencionan a continuación:

“La cobertura de vegetación y los usos del suelo constituyen la expresión conjunta de las plantas oriundas o introducidas y la utilización antrópica que se hace del medio biofísico de un área.”

Los procesos relacionados con el cambio de uso de suelo y pérdida de cobertura vegetal han atraído la atención de un amplio grupo de investigadores en las últimas décadas, desde los dedicados a la modelación de patrones espacio-temporales de la conversión de uso de suelo, hasta aquellos interesados en la comprensión de las causas y consecuencias de estos cambios. Durante este proceso de cambio, es común que ocurran una serie de fenómenos naturales, tales como huracanes e incendios, que afecten de manera importante en la pérdida de cobertura vegetal. Sin embargo, en el último siglo, y particularmente durante las últimas décadas, han sido las actividades humanas las que han desencadenado en mayor grado estos efectos, como consecuencia de factores demográficos y económicos. En México, el cambio en la cobertura vegetal y de uso de suelo se ha presentado desde la época precolombina; no obstante, en los

últimos 50 años este proceso ha incrementado de forma alarmante (Osuna *et al.*, 2015).

La vegetación es la expresión evolutiva del agregado de especies vegetales en un lugar y en un tiempo determinado. Como tal, es un elemento indicador del estado o condición que guardan los ecosistemas. Su expresión espacio-temporal es la cobertura vegetal (Mendoza *et al.*, 2007).

La pérdida de cobertura vegetal natural tiene implicaciones con la vulnerabilidad a desastres. En la zona costera, la vulnerabilidad aumenta cuando un sitio es naturalmente peligroso y se modifica para instalar infraestructura urbana poniendo en riesgo a la población que lo habita (Seingier *et al.*, 2009). Lambin (1997a) explica que las transformaciones en los ecosistemas terrestres se consideran cada vez más como un elemento importante del cambio global. Los datos cuantitativos sobre dónde, cuándo y por qué del cambio de la cubierta vegetal, que tiene lugar a nivel mundial, siguen siendo incompletos.

Eliminar la vegetación para construir zonas urbanas o áreas turísticas acarrea problemas, como la falta de recarga de mantos freáticos, disminución de la diversidad, erosión de costas, entre lo más destacable (Thomassiny y Chan, 2011). Pero también refleja la importancia de la tierra como un recurso clave y finito para la mayoría de las actividades humanas como la agricultura, la industria, la silvicultura, la producción de energía, el asentamiento, la recreación y la captación y almacenamiento de agua (Turner *et al.*, 1993). Ni la población ni la pobreza por sí mismas constituyen las únicas y las principales causas subyacentes de los cambios de la cubierta vegetal en todo el mundo (Lambin *et al.*, 2001).

La cobertura vegetal (los atributos biofísicos de la superficie terrestre) y los usos del suelo (los distintos propósitos humanos con los que se aprovechan estos atributos) determinan el funcionamiento de los ecosistemas terrestres: afectan directamente a su biodiversidad, contribuyen a los cambios climáticos locales,

regionales y globales y son las fuentes primarias de la degradación de los suelos (Mendoza *et al.*, 2007).

Según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2012) el uso del suelo, a diferencia de la cobertura, es definido por la actividad humana. “Esta clasificación principalmente no considera criterios físicos sino factores humanos y socioeconómicos, por lo que no puede ser derivada directamente de datos obtenidos por sensores remotos. Algunos ejemplos de clases de uso del suelo son; áreas industriales, puertos, o terminales aéreas, entre otros, las cuales tienen en común que se derivan de las clases de cobertura de suelo correspondientes a asentamientos humanos, también llamada con frecuencia área construida o material consolidado”.

El ritmo, la magnitud y el alcance espacial de las alteraciones humanas de la superficie terrestre de la Tierra no tienen precedentes. Los cambios en la cobertura y uso de la tierra se encuentran entre los más importantes. (Lambin *et al.*, 2001). Tales cambios también determinan, en parte, la vulnerabilidad de los lugares y las personas a las perturbaciones climáticas, económicas o socio-políticas (Kasperson *et al.*, 1995).

El cambio de cobertura vegetal y de uso del suelo es, en mayor medida, consecuencia de las interacciones entre las actividades humanas con el medio natural. La evaluación oportuna y precisa de los patrones de ese cambio permite conocer el impacto de las actividades económicas y de desarrollo sobre el territorio y sus recursos, además de ser el indicador ambiental más claro para identificar problemas relativos a la sustentabilidad en el uso de los bienes y servicios ecosistémicos (Berlanga *et al.*, 2009).

Las zonas costeras en los países tropicales y subtropicales son paisajes altamente modificados, que albergan a grandes poblaciones, a menudo pobres. Estas áreas están bajo una enorme presión no sólo a causa de la gran cantidad de personas que dependen de los recursos de estas áreas, pero sobre todo a causa de la

conversión indiscriminada de estas áreas para otros usos del suelo (Acharya, 2002).

1.1.1. Factores que influyen en el cambio de uso de suelo y cobertura vegetal

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual, debido a las implicaciones que éstos conllevan en relación con la pérdida de hábitat, de diversidad biológica, servicios ambientales y la capacidad productiva de los ecosistemas (Rosete *et al.*, 2008).

El uso del suelo se determina obviamente por factores ambientales tales como las características del suelo, el clima, la topografía y la vegetación, pero también refleja la importancia de la tierra como un factor fundamental de la producción. Por lo tanto, la comprensión de los cambios pasados en el uso del suelo y la proyección de las trayectorias futuras del uso del suelo requiere la comprensión de las interacciones de las fuerzas humanas básicas que motivan la producción y el consumo. El alto crecimiento demográfico o el aumento de la demanda de consumo combinado con arreglos de tenencia de tierras variadas, los grados de acceso al capital financiero, los cambios en los patrones de comercio internacional y las leyes de herencia y costumbres locales, da como resultado una tierra única en diferentes lugares y tiempos (Turner *et al.*, 1993).

Aunque existen eventos naturales, tales como los huracanes, que propician variaciones en la cobertura natural (Vitousek *et al.*, 1997), durante las últimas décadas las actividades humanas han manipulado la superficie terrestre transformando los ecosistemas existentes (Lambin, 2006); es por esto que el cambio de la cobertura vegetal es una respuesta inmediata a los cambios de uso del suelo (Turner *et al.*, 1993).

Los estudios sobre el cambio en la cobertura y uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación,

desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001). Las actividades humanas son la principal causa del cambio de uso del suelo (Schimel *et al.*, 1991). Tales acciones se producen como consecuencia de una amplia gama de objetivos sociales, como la necesidad de alimentos, espacio vital, recreación, etcétera, es por esto que no pueden entenderse independientemente a los factores que propician y limitan la producción y el consumo (Turner *et al.*, 1993). Según Lambin (1997a) la mayoría de los cambios en los ecosistemas terrestres traídos por la actividad humana son impulsados ya sea por la conversión de la cobertura de suelo, la degradación del suelo o del uso intensificado del suelo.

Las actividades humanas que impactan el uso del suelo son el factor clave en la forma que adoptan los cambios del paisaje; algunos de ellos son provocados por prácticas específicas de manejo, como agricultura, ganadería, etcétera, y otros por las fuerzas sociales, políticas y económicas que controlan los usos de suelo. (Rosete *et al.*, 2008). Oportunidades y limitaciones para los nuevos usos del suelo son creadas por los mercados y las políticas, cada vez más influenciados por factores globales. Eventos extremos biofísicos en ocasiones dan lugar a más cambios (Lambin *et al.*, 2001).

Entender el impacto que ocasiona el cambio de uso y cobertura del terreno, significa estudiar factores ambientales y socioeconómicos. Sin embargo, no existen análisis cuantitativos de la importancia relativa de estos factores con el cambio de la cobertura y el uso del terreno, ya que las interpretaciones de cómo éstos interactúan para estimular el cambio varían ampliamente de una región a otra (Rosete *et al.*, 2008).

De acuerdo con Veldkamp y Fresco (1996), el uso del suelo está determinado por las interacciones en espacio y tiempo de los factores biofísicos (limitantes) como los suelos, el clima, la topografía, etc., y los factores humanos como la población, tecnología, condiciones económicas, etc.

Turner y Meyer (1991) indican que los posibles factores que influyen en el uso y los cambios de uso del suelo pueden ser agrupados en seis categorías: población, nivel de riqueza, la tecnología, la economía política, la estructura política, y actitudes y valores. La mayor parte de la bibliografía especializada en el cambio de uso de suelo, incluso en revistas eminentemente biológicas, inician con la atención acerca de que son las actividades humanas las que desencadenan los principales cambios en los ecosistemas y en los servicios que éstos brindan (Bocco y Urquijo, 2013).

Se señala que la creación de infraestructura, la presión demográfica, la tenencia de la tierra, la intensificación del uso del suelo y el acceso a los mercados son algunas de sus causas más significativas. Cabe añadir que algunas políticas oficiales de subsidio agropecuario y de colonización también han jugado un papel importante en la transformación de los ecosistemas, particularmente en las regiones tropicales (Reyes *et al.*, 2006).

1.1.2. Consecuencias del cambio de uso del suelo y cobertura vegetal

Según Lambin *et al.* (2001), ciertas condiciones aparecieron repetidamente en estudios de caso examinados, incluyendo: las economías estatales débiles en las fronteras forestales; instituciones en transición o ausentes en las regiones en desarrollo; innovación inducida y la intensificación, en especial en las zonas accesibles peri-urbanas y de mercado de las regiones en desarrollo; aspiraciones urbanizadas e ingresos con impactos diferenciales rurales ; nuevas oportunidades económicas vinculadas a nuevos mercados, cambios en las políticas económicas o inversiones de capital; y la intervención apropiada que da lugar a modificaciones rápidas de paisajes y ecosistemas.

Los cambios de la cobertura de la tierra y el uso del suelo han tenido un papel importante en el ciclo del CO₂, del agua, en el aumento de los contaminantes, en la degradación del suelo y en la disminución de la biodiversidad. De esta forma, el cambio en el uso del suelo presenta un dilema, es esencial para la humanidad,

pero deteriora los ecosistemas de los cuales depende para su supervivencia, asimismo, presenta un reto, desarrollar esquemas de manejo sustentable (Foley *et al.*, 2005).

Las consecuencias del cambio de la cubierta vegetal dependen de factores tales como las características del pre y la post perturbación del suelo, el proceso de conversión o modificación específica, su ubicación geográfica, su distribución espacial y temporal, y si uno está considerando el impacto de los cambios en los ciclos biogeoquímicos, en el sistema climático, o en la composición y abundancia de especies (Turner *et al.*, 1993).

Varios autores afirman que, ante la necesidad de realizar políticas ambientales efectivas, se debe recurrir a todas las formas del conocimiento humano. Dentro de esta tendencia hacia la integración de ciencias y disciplinas, hay un interés creciente en la colaboración entre científicos de las áreas sociales, naturales y expertos en teledetección para tener un mejor conocimiento de las causas y los procesos que permitan una interpretación profunda de los patrones del cambio de cobertura y uso del suelo (Mertens *et al.*, 2000).

En los últimos años, se incrementó considerablemente el número de estudios en los cuales se evalúan los cambios en las coberturas del suelo, debido a las consecuencias negativas que tienen estos sobre la conservación de la biodiversidad, los suelos, el clima, el ciclo hidrológico, etc. (Mas y Fernández, 2003).

A través del uso del suelo se produce lo necesario para la supervivencia de la humanidad; sin embargo, el impacto derivado de este proceso ordinariamente se relaciona con la deforestación y fragmentación de los ecosistemas, la desertización, la alteración de los ciclos hidrológicos, la pérdida de la diversidad biológica y el incremento de la vulnerabilidad de los grupos humanos (Reyes *et al.*, 2006).

Los cambios en la cobertura y en el uso del suelo determinan la vulnerabilidad de los lugares y la sociedad hacia las perturbaciones climáticas, económicas y socio-políticas (Lambin, 2006).

El remplazo de la cubierta vegetal por la habilitación de la infraestructura turística, la trama urbana, las vías de acceso y otras, producen una disminución en el patrimonio forestal. Cabe suponer que la naturaleza libra una contienda en su afán por renovar con denuedo el equilibrio interrumpido por la acción antrópica (Pérez y Carrascal, 2000).

1.2. Sistema Manglar-Laguna

1.2.1. Sistema

La mirada a los sistemas, con preocupación por las relaciones entre sus partes, constituye el primer paso del pensamiento sistémico. Fue Bertalanffy quien en la década del 1940 lanzó el desafío de la construcción de una especie de metadisciplina que denominó Teoría General de los Sistemas (Tarride, 1995). Los estudios geográficos se soportan sobre una base sistémica y holística de la realidad, que considera la configuración de unidades territoriales ordenadas en una estructura jerárquica (Espinosa, 2009).

En las definiciones más básicas se identifican los sistemas como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre sí, que mantienen al sistema directo o indirectamente unido de modo más o menos estable y cuyo comportamiento global persigue, normalmente, algún tipo de objetivo. Esas definiciones que nos concentran fuertemente en procesos sistémicos internos deben, necesariamente, ser complementadas con una concepción de sistemas abiertos, en donde queda establecida como condición para la continuidad sistémica el establecimiento de un flujo de relaciones con el ambiente (Arnold y Osorio, 1998).

Según García (2006), el término sistema “designa a todo conjunto organizado que tiene propiedades, como totalidad, que no resultan aditivamente de las propiedades de los elementos constituyentes”.

Para Spedding (1979:18), un sistema es:

“un grupo de componentes que pueden funcionar recíprocamente para lograr un propósito común, capaces de reaccionar como un todo al ser estimulados por influencias externas. El sistema no está afectado por sus propios egresos y tiene límites específicos en base de todos los mecanismos de retroalimentación significativos”

Lugo (2011:371) en “Diccionario Geomorfológico”, basándose en el concepto desarrollado originalmente por L. Bertalanffy entre 1956 y 1962 y completado por varios autores posteriores, define al sistema como:

“conjunto de elementos de una unidad que se encuentran en relación estrecha, en una interacción que incluye tres aspectos: estructura, función e historia. La estructura es el conjunto de relaciones entre las partes del sistema; la función se refiere al grupo de reacciones sobre las condiciones del medio interior y exterior (directas e indirectas), y la historia a los cambios prolongados y, como regla, irreversibles del sistema en el tiempo.”

Para Almenar y Diago (2002:33) un sistema es “un conjunto de elementos en interacción, elementos que pueden verse como unidades subsistemas o compartimentos del mismo.”

Todo sistema tiene una historia y está en constante evolución. Los puntos críticos en el desarrollo histórico de un sistema ocurren cuando hay un desarreglo funcional que genera un cambio de su estructura. Que el sistema alcance o no un punto crítico depende, en mucho, de sus propiedades estructurales (García, 2006).

El medio ambiente de cualquier comunidad humana en su conjunto, es también un sistema en el que organismos vivos, procesos bióticos y estructuras abióticas,

pero dependientes de la vida, tienen el papel fundamental. Lo humano es un subsistema -crecientemente importante, sin duda- de ese sistema ecológico de alcance planetario, resultado histórico de la evolución de la vida y sustentado por la energía radiante del sol (Almenar y Diago, 2002).

Los sistemas ambientales son claramente abiertos, reciben permanentemente entradas y salidas y son discontinuos, es decir se interrumpen, sufren acontecimientos distintos de orden natural, social, económico y cultural (Oyama y Castillo, 2006).

Un enfoque sistémico es imprescindible para solucionar problemáticas en donde un sinnúmero de elementos se relacionan, es necesario verlo individualmente, así como un todo. Es así que en este trabajo se tendrá un enfoque sistémico, para comprender e identificar los elementos que se encuentran en el Sistema Lagunar Nichupté -como un ecosistema costero y estuarino lagunar, con diferente vegetación acuática y fauna asociada-, y cómo estos se relacionan para constituir un todo, un sistema.

1.2.2. Sistema complejo

El deterioro de los ecosistemas, la diversidad de los problemas de salud, el crecimiento de las ciudades, los cambios en los sistemas productivos, son ejemplos de situaciones de creciente complejidad que demandan nuevas formas de enfrentamiento científico tecnológico, con el objeto de otorgarnos mejor calidad de vida. Este desafío, motiva a tratar los problemas en términos de “problemas típicos de sistemas”, poniendo atención a sus ambientes, componentes y relaciones que cada día crecen en cantidad y complejidad, lo que hace plantearse la pregunta por la complejidad y los sistemas complejos (Tarride, 1995).

Según García (2006:182), un sistema complejo es:

“un sistema en el cual los procesos que determinan su funcionamiento son el resultado de la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que el sistema no es descomponible sino sólo semi-descomponible. Por lo tanto,

ningún sistema complejo puede ser descrito por la simple adición de estudios independientes sobre cada uno de sus componentes”

Matteucci y Buzai (1998:33), define un sistema complejo como:

“un sistema formado por un gran número de elementos simples, que interactúan entres sí, capaces de intercambiar información entre ellos y el entorno, y, a su vez, capaces de adaptar su estructura interna como consecuencia de tales interacciones.”

El estudio de un ecosistema natural que ha sufrido la acción del ser humano, ya sea por medio de la explotación de sus recursos, renovables o no renovables (agrosistemas industrias extractivas), o bien por la instalación de asentamientos humanos de diversos tipos, incluyendo las grandes organizaciones y las obras de infraestructura, supone la consideración del conjunto de los elementos que intervienen en tales procesos (y de los procesos sociales, económicos y políticos a ellos asociados), de sus partes o factores constitutivos, sus interrelaciones y sus interacciones con otros fenómenos o procesos; es decir, supone concebir el objeto de estudio con un sistema complejo. La teoría de los sistemas complejos constituye una propuesta para abordar el estudio de tales sistemas (García, 2006).

Las teorías de la complejidad consideran a la naturaleza como formada por entes abiertos en constante evolución. Se considera que la realidad se halla a medio camino entre el azar y el determinismo. Estas nuevas teorías prestan atención especial a aquellos cambios o perturbaciones insignificantes que pueden causar impactos colosales. La interdependencia que existe entre los múltiples elementos de un sistema está íntimamente relacionada con la complejidad que se manifiesta en los mismos (Matteucci y Buzai, 1998).

Según Tarride (1995) normalmente se da en llamar sistemas complejos a aquellos que tienen muchos componentes y a su vez muchas relaciones. Pero el solo hecho de que un sistema tenga muchas partes y/o relaciones no constituye la única forma de caracterizar la complejidad de los sistemas.

Hay reconocimiento generalizado sobre la existencia de los sistemas complejos en la evolución de la materia (sistemas físicos), en la evolución de los seres vivos (sistemas biológicos), en la evolución de la sociedad (sistemas sociales) y en la economía (sistemas económicos). Junto estas categorías hay que reconocer la existencia de sistemas complejos en las organizaciones espaciales (sistemas geográficos), en las cuales la espacialidad en la superficie terrestre se torna característica inherente y fundamental. En consecuencia, sus subconjuntos también son sistemas complejos, tales como los geosistemas, los sistemas socioeconómicos, los sistemas urbanos, los sistemas hidrológicos, los sistemas biogeográficos, entre otros (Matteucci y Buzai, 1998).

Como anteriormente se ha visto, un sistema está compuesto por un conjunto de elementos relacionados entre sí, para comprenderlo mejor en esta investigación se utiliza un enfoque en torno al sistema complejo. Esto es porque la naturaleza en la realidad es compleja, por la dinámica constante (evolución) en ella, en donde todo cambia continuamente. Esto hace saber que no es correcto descomponer totalmente un sistema para estudiarlo, esto por las relaciones tan ligadas entre sus elementos, lo cual recalca que es un sistema complejo. Todos los elementos, como lo es la vegetación y fauna asociada a la zona, el clima, la geología, los suelos, la geomorfología, la población presente en la periferia, los cuerpos de agua, ríos subterráneos, etc., que componen al Sistema Lagunar Nichupté que lo hacen un sistema complejo.

1.2.3. Manglar

Los manglares comprenden a los bosques o matorrales de la zona de mareas de regiones costeras tropicales y subtropicales, que tienen la capacidad de crecer en suelos sujetos a la inundación periódica, y que presentan adaptaciones para tolerar el agua salada y cierto grado de viviparidad (es decir, que no dan un fruto o semilla propiamente dicho, sino un embrión con un grado de desarrollo relativamente avanzado, denominado “propágulo”) (Flores *et al.*, 2007).

Según Rodríguez-Zúñiga, *et al.* (2013) los manglares presentan varias características particulares:

- Es un ecosistema de gran riqueza biológica, en el que habitan tanto especies residentes permanentes como temporales de moluscos, cangrejos, jaibas, langostinos, camarones, erizos, insectos, peces, aves, mamíferos, bromelias, orquídeas, bejucos y más.
- Es un ecosistema altamente productivo, que genera una gran cantidad de nutrientes que son exportados por las mareas a las aguas marinas, donde son aprovechados por pastos marinos, arrecifes de coral y una gran variedad de peces.
- Es un ecosistema que depende en buena medida de factores externos de gran escala, como las corrientes oceánicas, la conexión con el mar, afluentes de agua dulce, el clima y los cambios en la cobertura y usos del suelo a nivel de paisaje.
- Son hábitat de diferentes etapas de especies de fauna marina.
- Son hábitat de aves migratorias y de grupos de reproducción.

Este tipo de vegetación además proporciona una serie de beneficios para el ser humano:

- Son barreras naturales de protección que retienen la erosión causada por vientos y mareas, ayudando así a mantener la línea de costa y a sostener la arena sobre las playas.
- Disminuyen el impacto del acarreo de sedimentos y contaminantes por las corrientes de agua de ríos y arroyos sobre los arrecifes de coral.
- Son zonas de protección, crianza y desove de especies comerciales como peces, camarones, cangrejos, langostinos y moluscos.

- Funcionan como filtros biológicos en la retención y procesamiento de algunos fertilizantes utilizados en la agricultura, en la filtración de agua y abastecimiento de mantos freáticos.
- Son sumideros de bióxido de carbono y captura de gases de efecto invernadero.
- Proporcionan materiales de la construcción de viviendas rurales, fabricación de cercos para delimitar terrenos o para el confinamiento de animales domésticos.
- Se utilizan en la industria de la construcción como puntales para las cimbras; producción de leña y carbón por las comunidades rurales; como materiales para la fabricación de artes de pesca como los tapos, en la elaboración de espigas y puntales para la locomoción de pequeñas embarcaciones en zonas someras de las lagunas costeras y los esteros.
- Son zonas de desarrollo de actividades cinegéticas.
- Son zona de desarrollo de la creciente industria asociada al ecoturismo, avistamiento de aves migratorias, vida silvestre y paisajes.

Los manglares, por su elevada productividad, exportan biomasa y nutrientes hacia los cuerpos de agua adyacentes (lagunas costeras, bahías y zona marina adyacente) a través de los reflujos de marea, aumentando significativamente la fertilidad de estos ecosistemas (Flores *et al.*, 2007).

El manglar debe ser tomado como un sistema, está integrado por diferentes elementos, como la vegetación y fauna que forman parte de este. Todo elemento que compone a un manglar, así como todo componente externo al mismo, lo hace ser un sistema complejo. En el presente trabajo se toma como un sistema complejo la relación que tienen todos los elementos que conforman al Sistema Lagunar Nichupté con el manglar y viceversa.

1.2.4. Laguna

Lankford (1977, citado en Carbajal y Chavira 1987:59) considera a las lagunas costeras “como una depresión marginal de la zona costera por debajo del nivel medio de las mareas más altas, teniendo una comunicación con el mar permanente o efímera, pero protegida del mar por algún tipo de barrera”.

Según Lugo (2011), “las lagunas costeras poseen algunas de las características de los estuarios y de los lagos. Si una barra que encierra una laguna está cortada por uno o más accesos que permiten la circulación permanente de los flujos de marea, la laguna es, entonces, esencialmente un sistema estuarino, pero si la barra aísla completamente al mar, la laguna se convierte en una laguna con aguas salobres; si se forma en regiones de fuerte precipitación pluvial, y en áridas, resulta hipersalino. A través de estrechos las lagunas son alimentadas por el flujo y reflujo de mareas, pero donde la marea es de poca intensidad, con frecuencia los estrechos son obstruidos en forma periódica, en especial durante las fases secas, cuando la descarga del río es pequeña y el flujo al exterior insuficiente para evitar una acumulación por las olas y las corrientes paralelas. Tales lagunas son estuarinas cuando hay circulación del agua al exterior.”

Los sistemas lagunares estuarinos, ecológicamente se caracterizan como un ecótono costero, conectado con el mar de una manera permanente o efímera. Son cuerpos de agua someros, semicerrados, de volúmenes variables de acuerdo al clima local y a las condiciones hidrológicas. La temperatura y la salinidad son variables; predominan los fondos lodosos, alta turbidez y la topografía es irregular (Carbajal y Chavira, 1987).

Existen algunas lagunas costeras que pueden o no tener comportamiento estuarino permanente o estacional, separadas del mar por una barrera de arena o de otro tipo (Sánchez *et al.*, 2007). Carbajal y Chavira (1987) resaltan que la diferencia básica entre las lagunas costeras y los estuarios es debida a sus características geomorfológicas.

Para el Sistema Lagunar Nichupté se considera tanto el concepto de laguna costera como de laguna estuarina, este sistema posee las características de ambos conceptos. La laguna se encuentra en la línea de costa del estado de Quintana Roo, obteniendo características geomorfológicas que la identifican como una laguna costera. Al contar con una barra que la encierra y está cortada por más de un acceso que permite la circulación de agua constante con el mar, adquiere a su vez las características de una laguna estuarina.

Según Tovilla-Hernández (1998), la alta productividad de las lagunas costeras está basada no solo en la producción fitoplanctónica, sino también en la productividad de la vegetación sumergida en las macroalgas y en el manglar.

Gracias a su alta variabilidad ambiental y productividad, entre las funciones de las lagunas costeras destacan, tanto la de servir como sitios de crianza de muchas especies (peces, crustáceos, moluscos) que allí encuentran refugio y alimento, como la de exportar los excedentes de producción de materia orgánica que fertilizan el mar adyacente, contribuyendo así a la productividad y biodiversidad regional. Las ventajas naturales de las lagunas costeras y los múltiples servicios ambientales que ofrecen han provocado que sean intensamente aprovechadas por el ser humano (Hernández y Morales, 2010).

Para Carbajal y Chavira (1987), estos ecosistemas son críticos y claves en el desarrollo socioeconómico del país por:

- a) Su gran diversidad de ambientes ecológicos o hábitats
- b) Las interacciones dinámicas entre los sistemas lagunares y de estuario con la plataforma continental
- c) Su abundancia en los recursos pesqueros
- d) La probabilidad de establecer áreas de protección o santuarios de fauna y flora
- e) El gran desarrollo industrial y urbano de esas regiones

La elevada fertilidad de las lagunas costeras y estuarios mantiene una rica y compleja cadena alimenticia, caracterizada por una elevada producción pesquera (Day *et al.*, 1973 citado en Flores *et al.*, 2007).

De los ambientes lacustre, terrestre y marino, el más delicado es el lagunar, ya que en éste medio se corre el riesgo de romper la débil estabilidad que tiene (Pérez y Carrascal, 2000).

1.2.5. Manglar-Laguna

La cuenca hidrográfica se puede considerar como un sistema complejo compuesto por las interacciones de los subsistemas biofísico, económico, social y cultural (García, s.f.). Siendo la cuenca hidrográfica un sistema complejo y abierto, con interacciones sistémicas hacia el interior de sus límites y hacia el exterior, resulta importante identificar los posibles impactos que las cuencas y su dinámica territorial tienen sobre otros sistemas naturales, en concreto, el mar y particularmente las zonas costeras y los ambientes contiguos a las desembocaduras de las cuencas (Caso y Garrido, 2010).

“Las costas y mares son el receptáculo final de las cuencas hídricas de tipo exorreico; estos reciben el efecto acumulado de lo que se genera en el territorio de las cuencas a través de la carga que los ríos traen consigo desde cuenca arriba” (Caso y Garrido, 2010:165), es así que las lagunas costeras son tomadas como sistemas complejos por ser un elemento de las cuencas hidrográficas.

El enfoque sistémico facilita un mejor conocimiento de la estructura y función de la cuenca hidrográfica en términos de definir sus elementos y las relaciones entre ellos. Además, permite analizar y evaluar factores involucrados dentro de contextos mayores o menores desde diversos escenarios (administrativos, económicos, naturales, socio-culturales, etc.) (García, s.f.)

Las lagunas costeras, estuarios, manglares y humedales dulceacuícolas son ampliamente reconocidos como los ecosistemas más productivos (en referencia a la productividad primaria) de la biosfera (Whittaker y Likens, 1975; Odum y Heald,

1975; citado en Sánchez *et al.*, 2007). La vegetación dominante en las lagunas costeras y estuarios de las costas de regiones tropicales está constituida por manglares, que cubren entre 60% y 75% de las costas de regiones tropicales que están bordeadas por este tipo de vegetación (McGill, 1958, citado en Agraz *et al.*, 2006).

En México es importante el conocimiento de la dinámica ambiental de los ecosistemas lagunares-estuarinos y manglares para su manejo apropiado, sobre todo porque el país cuenta con aproximadamente 20,000 km de costa (10,000 km de litoral externo y 10,000 km litoral interno) con más de 125 lagunas costeras, las cuales abarcan una superficie total de aproximadamente 12,600 km² que cubren 33% de sus litorales (Lankford, 1977, citado en Sánchez *et al.*, 2007).

La zona costera se caracteriza por ser de los ambientes de más alta producción, no solo porque es el almacén y vivero de un buen número de organismos marinos, sino también porque es el de mayor abundancia en recursos pesqueros (más o menos 70% de la pesca mundial) (Lara-Lara *et al.*, 2008).

Además, los manglares y ecosistemas lagunares-estuarinos mantienen una gran variedad de fauna exclusiva de estos ambientes (Agraz *et al.*, 2006). Según Contreras (2005), en la zona costera de México se tienen, en conjunto, aproximadamente 400 especies de peces, 50 de moluscos y 90 de crustáceos (algunos de importancia comercial), asociados en cierta fase de su vida a la comunidad del manglar.

El acelerado desarrollo socioeconómico del país ha traído como consecuencia un deterioro en gran parte de los ecosistemas lagunares y estuarinos, debido a que no hay una planeación adecuada y a la falta de un conocimiento más amplio de estos sistemas (Carbajal y Chavira, 1987).

Los manglares y los complejos lagunares estuarinos son ecosistemas abiertos, porque para su funcionamiento requieren del aporte de agua dulce por ríos,

arroyos, y mantos freáticos, así como del aporte de agua marina. Las actividades en la cuenca hidrológica, en la franja litoral y en zona marina adyacente, son factores importantes de influencia en los procesos funcionales de los manglares y lagunas costeras estuarinas (Agraz *et al.*, 2006).

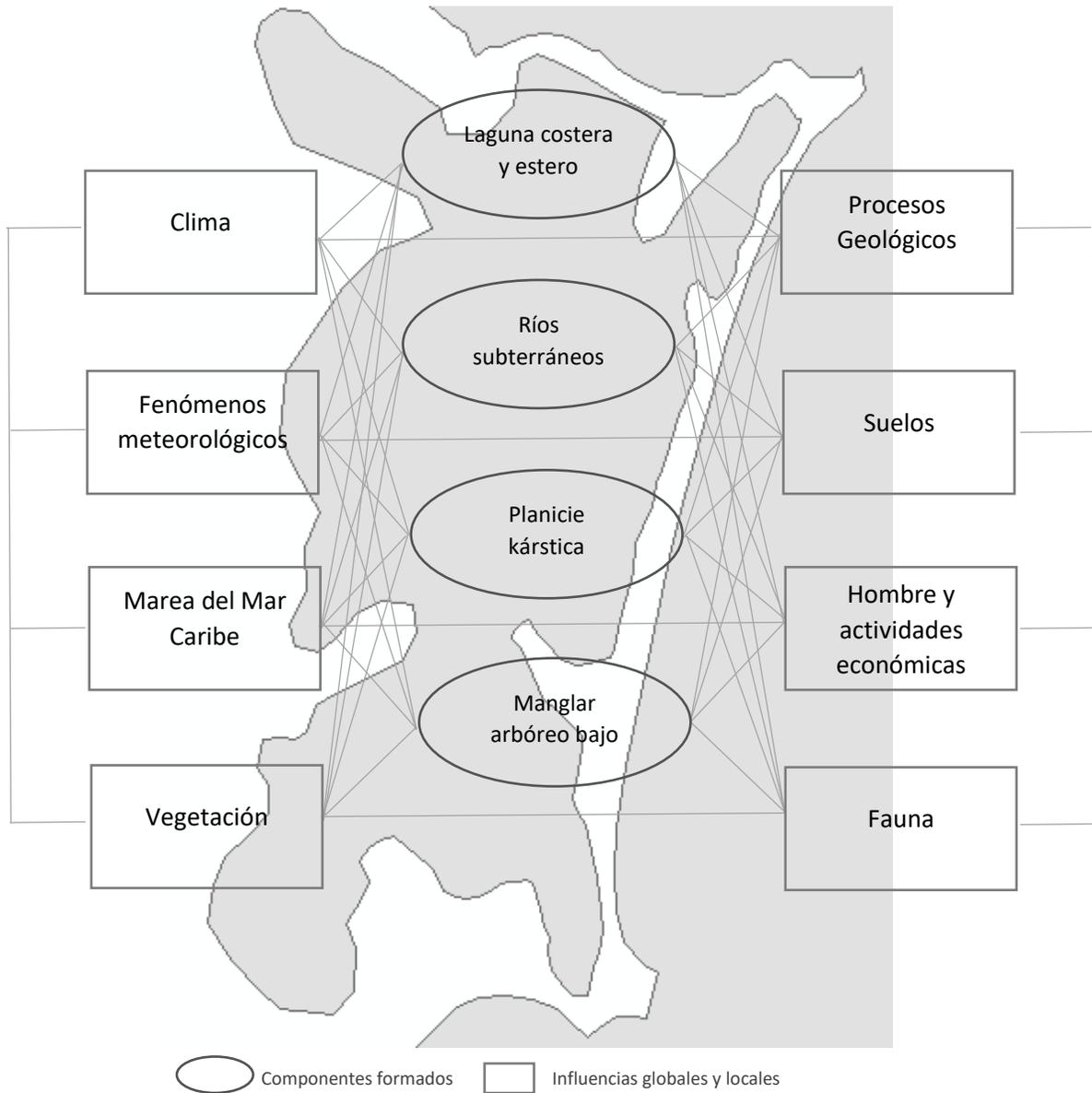


Figura 2. Componentes del Sistema Manglar-Laguna del Sistema Lagunar Nichupté. Elaboración propia con base en García, s/f.

El sistema manglar-laguna con el que se enfoca esta investigación nos ayuda a tener una visión general de los elementos que lo componen. En la Figura 2 se puede observar los elementos principales que componen el sistema manglar-

laguna del área de estudio, el Sistema Lagunar Nichupté. Los componentes señalados se interrelacionan en un sistema complejo, en donde tanto los elementos biofísicos de la zona como los socio-económicos interactúan.

Este espacio geográfico está compuesto por diferentes sistemas (o elementos) que se encuentran relacionados entre sí, los cuales a su vez se encuentran constituidos por subsistemas subordinados existiendo el permanente flujo de materia, energía e información (Espinosa, 2009).

1.3. Metodología

El objetivo de esta tesis es el analizar los patrones de cambio de cobertura del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté en el periodo 1970-2015, mediante la búsqueda de información e investigación de fuentes bibliográficas, con el fin de proporcionar datos acerca del sitio de estudio, para a continuación realizar un procesamiento de imágenes satelitales en el contexto de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Con lo anterior, se pretende identificar en qué medida se ha cambiado la cobertura de manglar en esta región.

El proceso metodológico utilizado en esta investigación se presenta de manera esquemática en la Figura 3, donde se encuentran las fases principales y los procesos aplicados para la realización de esta tesis de una forma sintetizada.

La primera fase representa la información teórica base necesaria para la comprensión de la temática de la presente investigación, así como la metodología que se utiliza a lo largo de la investigación.

La segunda fase se desarrolla en los capítulos segundo y tercero, que contiene información para la descripción del sitio de estudio y del manglar característico de la zona, respectivamente.

Se recopilaron datos correspondientes al área de estudio con el fin de conocer las características biofísicas y socio-económicas, así mismo, se seleccionaron datos

para la elaboración de la cartografía base y temática que se presentan en estos capítulos por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

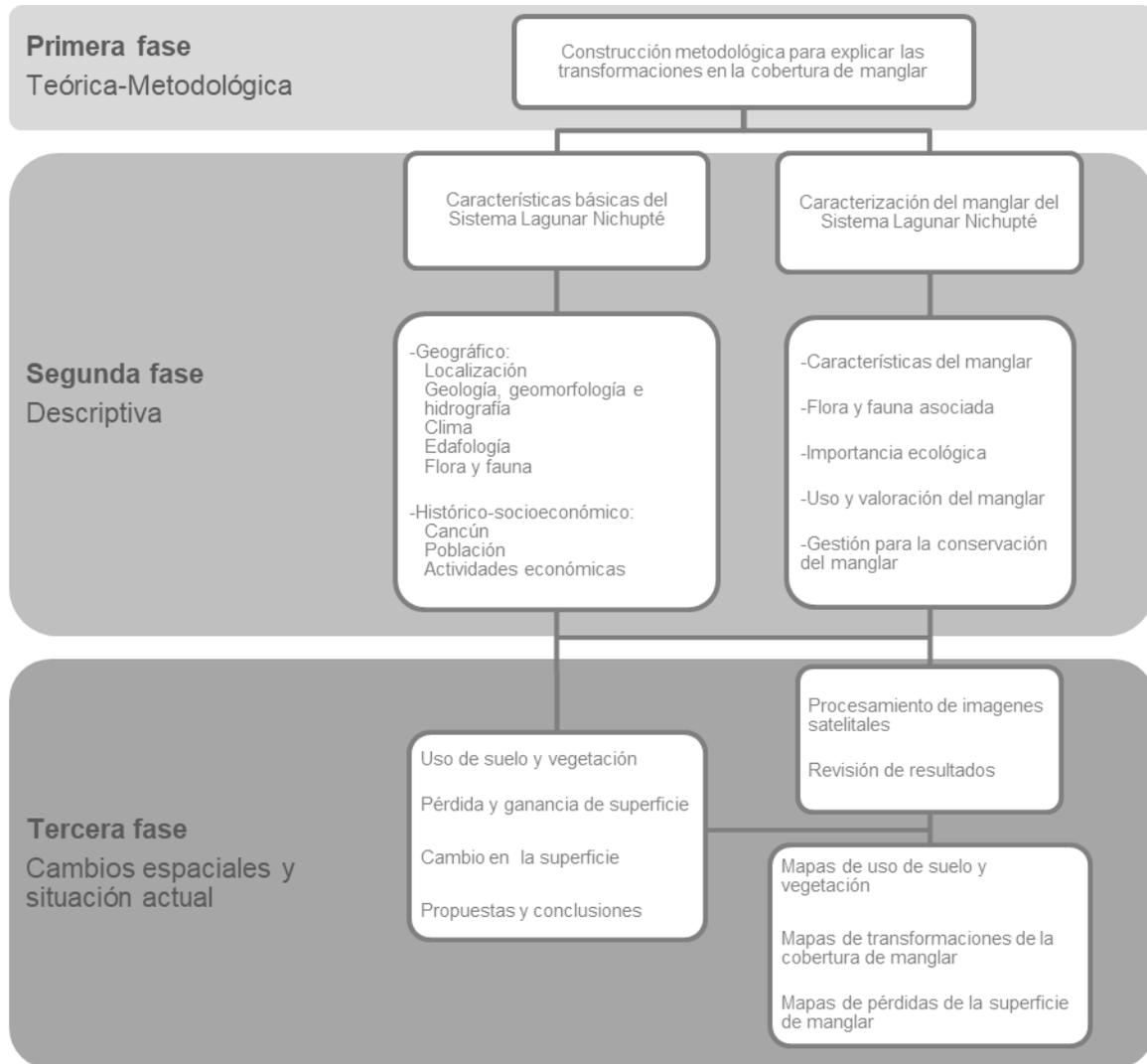


Figura 3. Fases de investigación. Elaboración propia.

La tercera fase se compone de la cartografía que se obtuvo mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat por medio de técnicas de percepción remota y utilización de Sistemas de Información Geográfica como herramientas, así como de la discusión y análisis de los resultados obtenidos de la cartografía.

Landsat genera imágenes en la faja del espectro electromagnético comprendida entre el visible y el infrarrojo medio. La mayoría de la vegetación tiene una

característica única de propiedades espectrales que les permite identificar y discriminar fácilmente con datos de detección remota (Kamaruzaman y Kasawani, 2007). Según Chuvieco (2002), la vegetación presenta valores altos de reflectancia en el infrarrojo cercano y medio.

La fecha de inicio de la cartografía presente esta aunada con las primeras imágenes obtenidas del sensor Landsat en 1972. Después se obtuvieron imágenes del mismo sensor de 1980 a 2000 con una separación de 5 años. Se tiene cartografía de los siguientes años: 1972, 1980, 1985, 1990, 1995 y 2000.

Para las fechas 2005, 2010 y 2015, la cartografía se obtuvo de la elaborada por el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM) de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Para la cartografía realizada por CONABIO se procesó un cambio en el tamaño de los píxeles, ya que la resolución espacial de las imágenes de Landsat es diferente a las imágenes que se utilizaron en la cartografía de CONABIO (SPOT).

La clasificación de uso de suelo utilizada se basa en la clasificación que tiene la cartografía del SMMM, esta clasificación se explica con mayor detalle en la Tabla 1.

El procesamiento de las imágenes satelitales y la realización de la cartografía están relacionados al polígono elaborado para este estudio con referencia a los polígonos del Área Natural Protegida "Manglares de Nichupté" hecho por CONANP y del sitio prioritario "Nichupté" de CONABIO. El polígono utilizado corresponde a los límites establecidos en el decreto del ANP y el del sitio prioritario de CONABIO, los cuales poseen diferentes delimitaciones.

Se hizo una clasificación supervisada y no supervisada para el trazo de los polígonos que muestran las diferentes superficies de uso de suelo y extensión de manglar de las diferentes fechas. El mapa base para la realización de las clasificaciones supervisadas y no supervisadas fue el realizado por CONABIO de 1981. Se obtuvieron seis mapas de las fechas anteriormente mencionadas, (1972,

1980, 1985, 1990, 1995 y 2000), con los que se realizó un análisis del uso de suelo y vegetación del Sistema Lagunar Nichupté.

Tabla 1. Clases para la cartografía de uso de suelo. Fuente: Rodríguez-Zúñiga et al., 2013.

ID	Clase	Descripción
1	Desarrollo antrópico	Incluye poblados, estanques acuícolas, granjas camarónicas, salineras, caminos y carreteras, así como obras de infraestructura hidráulica que incluye canales.
2	Agrícola-Pecuaria	Incluye las tierras utilizadas para agricultura de temporal, riego y los pastizales dedicados a la actividad pecuaria. Esta categoría corresponde a coberturas antrópicas destinadas a la producción de alimento, así como los monocultivos perennes arbolados propios de cada región, y otros agroecosistemas. Incluye áreas agrícolas en descanso.
3	Otra vegetación	Incluye la vegetación arbustiva y arbórea de selvas bajas perennifolias, subperennifolias y caducifolias inundables y selva mediana subperennifolia inundables, diferentes tipos de vegetación secundaria arbórea y arbustiva y la vegetación secundaria herbácea
4	Sin vegetación	Incluye las áreas sin vegetación aparente y con erosión, dunas costeras de arena y playas.
5	Manglar	Incluye humedales arbustivos y arbóreos conformados por la asociación vegetal de una o más especies de mangle: mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>), mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>) y mangle botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>).
6	Manglar perturbado*	Incluye humedales conformados por parches de árboles y/o arbustos de manglar muerto o en regeneración. Esta categoría se refiere a la cubierta forestal perturbada por huracanes, tormentas, ciclones y por la construcción de infraestructura hidráulica, carreteras y caminos.
7	Otros humedales	Incluye la vegetación hidrófita de popal-tular-carrizal, además de pastizales inundables, vegetación hidrófita o halófila con individuos de mangle dispersos o en pequeños islotes y los terrenos salinos costeros con poca cubierta vegetal.
8	Cuerpos de agua	Incluye océanos, bahías, esteros, lagunas, ríos, presas, cenotes, aguadas.

*La cartografía realizada por el SMMM es la única que tiene esta clasificación, esto por la resolución espacial de las imágenes satelitales utilizadas en el monitoreo (SPOT).

Posteriormente, se obtuvieron los mapas de pérdida y ganancia de cobertura de manglar intersectando los mapas anteriores de uso de suelo, de diferentes periodos de tiempo, para obtener las zonas de cambio. También se realizaron los mapas de cambio de superficie de manglar para obtener información sobre la clase a la que se transformó a lo largo de las fechas.

Los resultados de los mapas de cambio de cobertura de manglar y de pérdida y ganancia se analizaron para su descripción y así relacionarlos con la investigación bibliográfica previamente hecha, esto para proporcionar la información necesaria para conocer las causas de los cambios en la superficie del manglar, así como las bases para la realización de conclusiones y propuestas.

CAPÍTULO 2

Contexto geográfico del Sistema Lagunar Nichupté

En el presente capítulo se exponen los rasgos físico-geográficos y biológicos que caracterizan al Sistema Lagunar Nichupté. Igualmente se describe el estado actual, así como los antecedentes, en la que se desarrolla la ciudad de Cancún, un elemento importante que conforma el sistema complejo que es el Sistema Lagunar Nichupté.

El manglar presente en el Sistema Lagunar Nichupté es el objeto a estudiar en esta tesis, para comprender su distribución es necesario obtener los datos más amplios acerca de esta especie de vegetación. En el primer capítulo se ha hablado brevemente acerca de algunas características particulares que presentan los manglares y la relación manglar-laguna. En este capítulo se examina las características y distribución de esta vegetación, así como de la flora y fauna asociada y el uso y valoración que se tienen global y localmente.

La información de este apartado se obtuvo de la ficha informativa de humedales de Ramsar para el sitio “Manglares de Nichupté”, realizada por CONANP (2008), así como del Programa de manejo para el Área de Protección de Flora y Fauna “Manglares de Nichupté” (CONANP, 2015) y de otras fuentes complementarias.

2.1. Localización y descripción física

El Sistema Lagunar Nichupté (SLN) se localiza en el estado de Quintana Roo, dentro del municipio de Benito Juárez (Figura 4). El municipio de Benito Juárez se encuentra en la zona norte del estado de Quintana Roo, limita al norte con el municipio de Isla Mujeres, al oeste con el de Lázaro Cárdenas y al sur con el de Solidaridad, está ubicado entre las coordenadas geográficas extremas de 20° 43' a 21° 22' de latitud norte y 86° 44' a 87° 19' de longitud oeste (Calderón *et al.*, 2014; Pérez y Carrascal, 2000).

Se encuentra dentro de la región denominada “Planicie Costera Suroriental”, que se extiende desde la Sierra de Naolinco, en el centro de Veracruz, abarcando el Istmo de Tehuantepec, casi la totalidad del estado de Tabasco, porciones del estado de Chiapas y la península de Yucatán. Se encuentra de cero a los cuatro metros sobre el nivel del mar.



Figura 4. Localización del sitio de estudio. Elaboración propia.

2.1.1. Geología, geomorfología e hidrografía

El origen y evolución de la Laguna de Nichupté, así como de su zona de inundación, se remontan a la existencia de una terraza cárstica de 7.5 kilómetros de amplitud y de aproximadamente nueve metros bajo el nivel del mar, que forma parte de la Formación Carrillo Puerto. Hacia el límite marino de la terraza existían

crestas de dunas del Pleistoceno litificadas y erosionadas, mientras que en la zona marginal del continente se desarrolló un conjunto de crestas de playa que se acrecieron a tierra firme, manifestadas por un ligero escarpe que marca el contacto entre los sedimentos sin consolidar del Holoceno y las capas de calizas continentales (Ward, 1985, citado en CONANP, 2015).

Según Velázquez-Lule, *et al.* (2009), en la zona se encuentran ambientes geológicos en los siguientes porcentajes, omitiendo los cuerpos de agua: Calcareo (70.42%), Lacustre (23.91 %), Litoral (3.47%) y Eólico (2.20%).

El Sistema Lagunar Nichupté, según CONANP (2008), se puede ubicar en la unidad morfotectónica IV, caracterizada por una dinámica neutra de la línea de costa y procesos dominantes de acumulación – abrasión, ocasionados por abrasión marina.

Se caracteriza por su suave relieve, baja elevación sobre el nivel del mar, topografía cárstica y ausencia de corrientes superficiales. Se pueden distinguir por su morfología las siguientes unidades: zona costera y zona de mayor firmeza (CONANP, 2008).

El Sistema Lagunar Nichupté se ubica en la Región Hidrológica 32 “Yucatán Norte”. La naturaleza de la península de Yucatán hace que no existan muchos escurrimientos superficiales y la gran mayoría del agua se infiltra para formar numerosos ríos subterráneos, los cuales son visibles solamente en los cenotes (Buenfil, 2009).

Según Velázquez-Lule *et al.* (2009), el Sistema Lagunar Nichupté se encuentra en la cuenca hidrográfica denominada Península de Yucatán, siendo la Laguna de Nichupté el principal cuerpo lagunar con un área de 4,691 hectáreas. Los principales aportes de agua al sistema son por la marea del mar Caribe. No existe un sistema superficial de corrientes de agua dulce permanente, sino un flujo de agua subterránea debido a la infiltración de agua pluvial a través de la roca caliza.

El sistema hidrológico depende principalmente de la aportación de agua subterránea en temporadas de lluvias, cuando se incrementa el nivel freático, y de los aportes de las precipitaciones que caen directamente o que son arrastradas desde las partes más elevadas hacia las zonas de inundación (Grupo de Ingeniería Sagitario, 2002, citado en CONANP, 2015).

El Sistema Lagunar Nichupté se divide en las denominadas cuencas norte, centro y sur; conectándose con el mar por dos canales: el canal Nizuc al sur y con el canal Cancún o canal Sigfrido al norte. En su interior se observan tres cuerpos de agua que presentan características especiales: la Laguna de Bojórquez al norte, la Laguna del Amor al centro y la Laguna del Río Inglés al sur.

La primera y última son cuerpos relativamente aislados con sistemas de circulación limitados por su escasa profundidad; presentándose en la primera una acumulación intensiva de algas filamentosas. La Laguna del Río Inglés muestra una estrecha relación hidrológica con dos cuerpos de agua menores: las lagunas Ciega y San José las Vegas, situadas al sureste y al noroeste, respectivamente (CONANP, 2008). La Laguna del Amor alcanza profundidades de hasta tres metros y en ella existen manantiales de agua dulce que provienen del acuífero y determinan que en ese sitio se presente una menor salinidad y temperatura que en sus inmediaciones, que corresponden a la Laguna Nichupté. (CONANP, 2015).

En la porción sur del Sistema Lagunar Nichupté, se encuentra un extenso cuerpo de agua de escasa salinidad y profundidad que, dependiendo de la intensidad de la precipitación y lo extenso de la estación de secas, presenta marcadas expansiones y contracciones en su espejo de agua. Si bien se encuentra físicamente separado del resto del Sistema Lagunar Nichupté por la construcción del Boulevard Kukulkán, mantiene contactos hidrológicos superficiales esporádicos con el resto del sistema a través de las alcantarillas construidas en dicha vialidad (CONANP, 2008).

En diversos lugares de la Laguna de Nichupté, como es el caso en la porción de la cuenca central de la laguna, así como dentro de la Laguna del Amor se presentan

manantiales y resurgencias en general pequeñas. Estas representan el proceso de descarga del agua subterránea por piezometría y se ha estimado en aproximadamente 8.6 millones de metros cúbicos por kilómetro de costa cada año (Velázquez, 1986, citado en CONANP, 2008).

Las aguas del sistema lagunar son prácticamente marinas, con gradientes de salinidad de 24 a 30 psu (1 psu = 1000 ppm), así como valores de oxígeno disuelto y pH similares a los del ambiente marino. La variación anual de la temperatura del agua es entre 26 y 27.3 °C. Los aportes subterráneos de agua dulce producen ciertas áreas salobres; sin embargo, su influencia no alcanza a modificar la salinidad general del sistema lagunar, por lo que es un efecto local (Buenfil, 2009).

Las masas de agua se portan de manera diferente en las tres zonas de la laguna de Nichupté debido, probablemente, al efecto de los bajos por una parte y, por otra parte, al aporte del subsuelo a través de cenotes situados en el margen occidental en las zonas central y sur de la laguna (Jordan *et al.*, 1977).

2.1.2. Clima

El clima presente en el estado de Quintana Roo es tropical con temperaturas medias mensuales que varían de 23°C a 27°C a lo largo del año y temperaturas medias máximas que alcanzan los 33°C y medias mínimas que alcanzan los 17°C. Los eventos extremos que afectan a la región son, en primer lugar, los huracanes y tormentas tropicales, en segundo lugar, los frentes fríos que se presentan todos los años durante el invierno (CONANP, 2008).

De acuerdo al sistema de Köppen modificado por García (1973) y con base en los datos de la estación meteorológica Cancún, el clima del área corresponde al subtipo Aw1(x')(i'): cálido subhúmedo con lluvias en verano, con cociente P/T de 50.5 a 15.1 por ciento de lluvia invernal y un rango de oscilación térmica de 5.7°C.

Las lluvias se presentan en los meses de mayo a septiembre, con una precipitación media anual de 1128 mm, una evaporación potencial de 1600 mm y una evapotranspiración de 805 mm (Buenfil, 2009).

La precipitación del mes más seco es menor de 60 milímetros; las lluvias de verano y el porcentaje de lluvia invernal va del 5% al 10.2% del total anual. La estación seca se extiende de enero a mayo, con un período invernal intermedio de nortes. Los nortes son frecuentes durante la última parte del verano y el comienzo del otoño (agosto a noviembre). La dirección de los vientos es de sureste a noreste (Vázquez-Lule *et al.*, 2009).

La temperatura promedio anual es de 27.3°C, con una temperatura máxima extrema de 39°C (mayo y junio) y una mínima extrema de 9.5°C (marzo). Estas diferencias se originan por las variaciones en el ingreso de energía solar en las diversas estaciones del año y las de intensidad de nubosidad imperante (CONANP, 2015). La temperatura media anual es de 25°C, con vientos dominantes en invierno provenientes del noreste y del este (18 km/h), y en verano del sureste y este (12 km/h) (Buenfil, 2009).

En el sitio se ubica una sola estación climatológica con la cual se puede obtener la información meteorológica necesaria para el lugar desde 1988, fecha en que esta comenzó a operar por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN). En la Figura 5 se muestra el promedio de precipitación y temperatura media por mes, desde el año 1988 al 2012. Durante octubre se registran mayores precipitaciones, correspondientes a intensos fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en esta zona. La temperatura responde a la ubicación del área de estudio, un sitio intertropical con un clima cálido subhúmedo con lluvias cenitales.

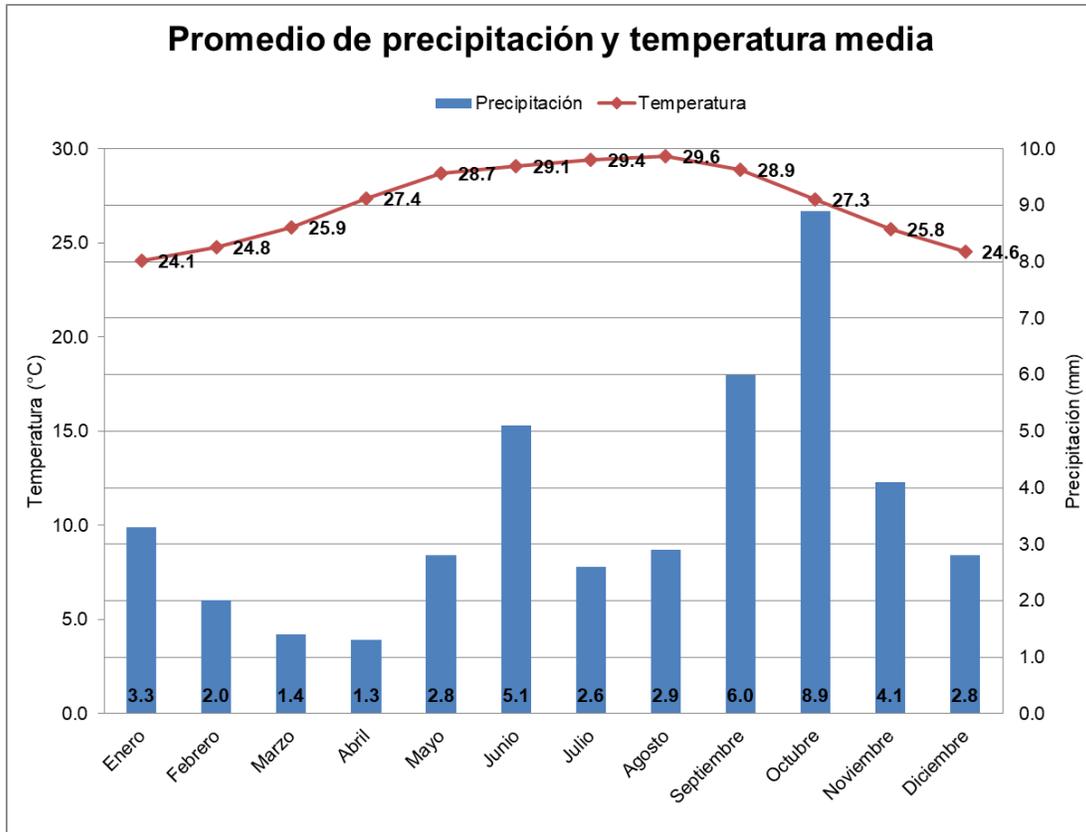


Figura 5. Promedio de precipitación y temperatura media por mes, con datos de la estación 23155, Cancún. Período: 01/04/1988 - 31/12/2012. Fuente: CONAGUA, 2016.

El Sistema Lagunar Nichupté se encuentra en una de las regiones más susceptibles a los efectos de eventos meteorológicos de tipo ciclónico que se generan en las zonas del Caribe Oriental y Atlántico (Sánchez, 1980, citado en CONANP, 2015).

Según Velázquez-Lule *et al.* (2009) y Buenfil (2009), el sitio de estudio se ha visto afectado con diversos huracanes y tormenta tropicales, los de mayor impacto fueron:

- Depresión tropical Henri: septiembre de 1979, aproximadamente 25 km/hr de velocidad de vientos.
- Tormenta tropical Keith: noviembre de 1988, aprox. 60 km/hr de velocidad de vientos.

- Huracán Gilberto: septiembre de 1988, categoría 5.
- Huracán Opal: septiembre de 1995, categoría 3.
- Huracan Roxanne: octubre de 1995, categoría 3.
- Huracan Emily: julio de 2005, categoría 4.
- Huracán Wilma: octubre de 2005, categoría 5.

Lo anterior resalta puesto que estos fenómenos inciden en el Sistema Lagunar Nichupté y los elementos biológicos que se desarrollan en el sitio, afectando a las comunidades biológicas y humanas que se encuentran asentadas en el área. En el cuarto capítulo se abordan los elementos que impactan directa e indirectamente al sitio de estudio, siendo uno de estos los fenómenos hidrometeorológicos.

2.1.3. Suelos y biota

Según Vázquez-Lule *et al.* (2009), los porcentajes de los diferentes tipos de suelos en el sitio de estudio son: Litosol (38.01 %) Rendzina (30.30%) Solonchack (27.35%) y Regosol (4.34%).

Según CONANP (2008), como lo podemos ver en la Figura 6, los tipos de suelos presentes en el Sistema Lagunar Nichupté se caracterizan de la siguiente forma:

El primer grupo de suelos es de Litosol, que se localiza en los alrededores de Laguna del Amor y la parte norte del Río Ingles. Este tipo de suelo se encuentra donde existe vegetación de manglar de franja, manglar chaparro y *Rhizophora mangle*.

El segundo grupo es Rendzina que cubre la parte oeste, este tipo de suelo se caracteriza por poseer una capa superficial abundante en humus y muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos y son generalmente arcillosos. La vegetación está constituida por selva baja caducifolia.

El tipo de suelo Solonchak, se localiza en la parte norte, sur y oeste del sistema y cubre la mayor extensión del área de estudio. Se caracterizan por presentar un alto contenido de sales en toda o alguna parte del suelo. Su vegetación, está constituida principalmente por manglares, sábana, petenes, selva baja caducifolia o por algunas plantas que toleran el exceso de sal.



Figura 6. Mapa edafológico del sitio de estudio. Elaboración propia.

El Regosol se localiza entre Punta Nizuc y Río Ingles, las capas de este tipo de suelo son semejantes a la roca que les dio origen. Son suelos de zonas planas sometidas a inundaciones frecuentes y por ello, presentan una saturación excesiva de agua durante todo el año. Dado que están sometidos al aporte de sedimentos acarreados por flujos laminares, su textura son limo-arenosas formando lodos calcáreos con procesos de lenta humificación. El tipo de vegetación que se presenta en el área de estudio sobre este tipo de suelo, son manglares.

En los manglares vive una gran diversidad de fauna, tanto terrestre como acuática, y diversas especies de plantas. Para México, algunas especies vegetales con cierto grado de tolerancia a la salinidad pueden ser parte de las comunidades de manglar. Las raíces de los mangles proporcionan un hábitat adecuado para muchas de las especies de fauna (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Sobre o alrededor de los manglares vive una comunidad heterogénea de organismos, que dependen del mangle para su acoplamiento, refugio, o nutrientes. Los árboles de mangle pueden sufrir o beneficiarse de su presencia. Pueden ser residentes permanentes, o pueden ocupar el mangle temporalmente, ya sea estacional o parte de su ciclo de vida. Los animales o las plantas asociadas al manglar son de origen ya sea terrestre o marino (Hogarth, 2007).

El Sistema Lagunar Nichupté presenta zonas con diversa vegetación de selva baja caducifolia, vegetación de sabana con petenes, vegetación de manglar, vegetación de tular, vegetación de matorral costero y vegetación hidrófila. A continuación, se describen cada una de estas zonas. En la Tabla 6 (ver en Anexo) se incluye en extenso un listado de la vegetación existente en el Sistema Lagunar Nichupté.

Selva baja caducifolia: Este tipo de vegetación se localiza en la porción oeste del Sistema Lagunar Nichupté y actualmente se encuentra afectada por actividades antrópicas. Esta comunidad es frecuente que llegue a entremezclarse con las comunidades de vegetación adyacente, principalmente con la sabana en la porción de la llanura inundable y que llega a ser el elemento dominante de los

petenes. Asimismo, es frecuente que en su composición cuente con individuos propios del matorral costero (CONANP, 2015)

Vegetación de sabana y petenes: Este tipo de vegetación se localiza en la porción oeste del Sistema Lagunar Nichupté, en la parte media del terreno, ésta prospera en los sitios bajos frecuentemente inundados por agua salobre, en colindancia con la franja de manglares y la porción de selva baja (CONANP, 2015). La vegetación de sabana está representada principalmente por la especie de cortadera (*Cladium jamaicense*). Este tipo de vegetación está asociada con densas especies hidrófilas, con áreas de tulares y de de tasistal, que se entremezclan con las cuatro especies de mangle presentes en el área. Así mismo, en la colindancia con la zona de vegetación de selva baja caducifolia, está asociada con vegetación de cecéenla. La zona de la sabana está amenazada por los incendios ya que se observa evidencia de fuego en el tronco de las palmas de tasiste (CONANP, 2008).

Los petenes están compuestos por un centro arbóreo y arbustivo, el cual está rodeado de una vegetación herbácea generalmente inundable. Dentro de las especies más representativas en los petenes de la zona de estudio se tienen a los mangles *Rhizophora mangle*, *Avicenia germinans* y *Langucularia racemosa*. (CONANP, 2015).

Vegetación de tular: Estas comunidades de plantas hidrófitas generalmente están dominadas por hierbas y arbustos, anuales y perennes. Se desarrollan sobre sitios inundables reciben el nombre genérico de aguadas, aunque dependiendo de la especie dominante se nombra de distintas maneras como tular. Existe discontinuidad en su distribución y presenta inaccesibilidad (CONANP, 2008). La importancia ecológica de las aguadas es vasta, al ser sitio de alimentación y de reproducción de numerosos animales residentes y migratorios. Existe una zona donde se desarrolla una masa casi pura de tule y que se asocia a escurrimientos de agua dulce que emanan del acuífero en el área de sabana (CONANP, 2015).

Vegetación de matorral costero: Se desarrolla en la porción occidental de la laguna y se presenta bajo dos condiciones: la primera con dominancia herbácea,

que se establece cerca del cuerpo lagunar y está representada por especies herbáceas de crecimiento postrado (CONANP, 2015).

Hidrófilas (algas y pastos marinos): Si bien la vegetación dominante en los márgenes corresponde a franjas de manglar, la vegetación acuática dominante en los sitios someros corresponde a los denominados pastos marinos (*Thalassia testudinum* y *Halodule wrightii*), que se encuentran con frecuencia en todo el Caribe. Desafortunadamente no existe información previa que permita estimar las condiciones de estas especies, previo al inicio de las actividades de desarrollo de la infraestructura turística, ya que la información disponible sólo indica las especies presentes (CONANP, 2015).

Muchas epífitas también crecen en los árboles de mangle: cuenta con un surtido de plantas trepadoras, orquídeas, helechos y otras plantas, muchas de las cuales no pueden tolerar la salinidad y, por lo tanto, sólo crecen en lo alto del mangle (Hogarth, 2007).

Principales especies de fauna¹

En los manglares coexiste la ictiofauna, avifauna y mastofauna, así como de crustáceos y moluscos, entre otros, de tal manera que estos humedales proveen de alimento para la supervivencia de innumerables especies, entre ellas los que se encuentran en peligro de extinción (Pérez y Carrascal, 2000). Se ha registrado la presencia de al menos 171 especies, conformadas por 78 especies de peces, 10 de anfibios, 14 de reptiles, 44 de aves, 20 de mamíferos y cinco de invertebrados (CONANP, 2015).

Fauna en la zona de selva baja caducifolia: La fauna está representada principalmente por mamíferos, aves y reptiles.

La ornitofauna asociada al Sistema Lagunar Nichupté habita en las comunidades vegetales que bordean el cuerpo de agua, siendo las aves acuáticas las que se

¹ Las principales especies de fauna del Sistema Lagunar Nichupté se encuentran en un listado extenso en el Anexo (ver Tabla 7).

observan preferentemente en las zonas de escaso tirante de agua o en la vegetación de manglar que rodea el espejo lagunar (CONANP, 2015).

Fauna en la zona de sabana: Está representada principalmente por mamíferos, aves y reptiles.

La mayoría de las especies de anfibios y reptiles se distribuyen en los márgenes del cuerpo de agua o asociadas a las zonas de salida de agua dulce que brotan en la zona de manglar. Dentro del cuerpo de agua no se registra ningún anfibio, debido a que este grupo de organismos no tienen la capacidad de habitar en zonas salobres o saladas. Los reptiles que se registran de manera consistente en el cuerpo de agua del Sistema Lagunar Nichupté son los *Crocodylia*, aunque existe información de que ocasionalmente se observan tortuga blanca (*Chelonia mydas*). La tortuga gravada (*Trachemys scripta*) sólo se registró en la zona de sabana y es poco probable que habite en las zonas salobres y salinas del sistema lagunar (CONANP, 2015).

Fauna en la zona de manglar: Ésta área está representada principalmente por aves y reptiles.

En los manglares se encuentran los insectos herbívoros que se alimentan de hojas, flores, semillas o propágulos de mangle; los detritívoros, que comen madera muerta o en descomposición; recolectores en general; y los depredadores. Algunos insectos juegan un papel crucial como polinizadores. Sorprendentemente poco se sabe de la importancia de los insectos de mangle (Hogarth, 2007).

La mastofauna del sistema lagunar se restringe a las zonas con vegetación que bordean el cuerpo de agua, mientras que los tlacuaches y los mapaches habitan lugares donde existen construcciones. Entre las especies reportadas se registraron con estatus de protección las siguientes: el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), el puerco espín tropical (*Coendou mexicanus*) y el jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) (CONANP, 2015).

En comparación con los anfibios, los reptiles son relativamente comunes en los hábitats de manglar. Los reptiles que se desarrollan habitualmente en los

manglares incluyen numerosas especies de serpientes y lagartos, y algunas especies de cocodrilo. Muchas especies de serpientes no son especialistas de manglar, sin embargo, algunas serpientes utilizan a los manglares como un hábitat primario. En Centroamérica el cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) y el lagarto común (*Caiman crocodylus*) se desarrollan en los manglares. Estos cocodrilos pueden alcanzar una longitud de 7 u 8 m. Los pequeños cocodrilos capturan peces e invertebrados asociados al mangle; los grandes también se alimentan de mamíferos, incluyendo, si se presenta la oportunidad, de los seres humanos (Hogarth, 2007).

En el caso de los peces, existe una predominancia de especies marinas, que una parte o la totalidad de su ciclo de vida la realizan en los diversos ambientes acuáticos que existen en el sistema lagunar; muchas de ellas tienen importancia comercial (CONANP, 2015).

Son muy pocas las especies totalmente dependientes de los manglares, y rara vez se encuentran en otros lugares. El intercambio de especies entre los manglares y otros hábitats puede haber limitado la aparición de especialistas de mangle (Hogarth, 2007).

2.2. Contexto histórico y socioeconómico

El Sistema Lagunar Nichupté representó un sitio de gran importancia para el comercio marítimo que se realizó en las costas de la península y por el Mar Caribe en el periodo Posclásico Maya (CONANP, 2015).

El Instituto Nacional de Antropología e Historia ha reportado que, en el área de estudio, se encuentran restos arqueológicos de la cultura maya, cuyo estado de conocimiento es pobre y que requieren de su conservación y estudios. Se encuentran ubicados a orillas del río Ingles, en terrenos inundables por lo que es necesario protegerlos. En los alrededores del Sistema Lagunar Nichupté se han encontrado alrededor de 11 unidades aisladas y grupos de estructuras arqueológicas, de las cuales dos se ubican en la parte sur de la zona inmediata al

Sistema Lagunar cerca de la Laguna del Río Ingles y se llaman, Las Vegas y Río Inglés (CONANP, 2008).

Este número de estructuras arquitectónicas indican la importancia que para los mayas navegantes representó la zona y que una vez realizada la Conquista decayó al verse rotas las estructuras económicas que regían la actividad comercial marítima. La región donde se ubica la laguna de Nichupté tiene evidencia de que, en el sitio que actualmente ocupa la Zona Arqueológica El Rey, hubo asentamientos humanos costeros en el año 200 d.C. dedicados a actividades pesqueras, que para el año 1200 d.C. participaban además en el comercio de sal (CONANP, 2015). En la Tabla 2 se resume los principales acontecimientos que sucedieron en el sitio de estudio, desde 200 d.C. hasta 1971, siendo esta última fecha el inicio del desarrollo de la ciudad de Cancún.

Tabla 2. Principales acontecimientos en el sitio de estudio. Elaboración propia, con base en CONANP, 2015 y Pérez y Carrascal, 2000.

Fecha	Principales eventos
200-1519 d.C.	Gran importancia para el comercio marítimo en todas las costas de la península y por el Mar Caribe. Principales actividades: pesqueras y comercio de sal.
1519-1550	La actividad comercial prehispánica decreció y la zona fue abandonada una vez realizada la conquista del altiplano por Hernán Cortés.
1550-1930	La zona no fue de interés, solo por algunos cartógrafos y navegantes.
1930-1960	Inicio de poblamiento, particularmente por la siembra de cocoteros debido a la demanda de su aceite durante la Segunda Guerra Mundial.
1960-1971	Estudios por parte del gobierno mexicano para el desarrollo de un centro turístico por ser una zona deprimida debido a la pérdida de mercado de la fibra de henequén, la producción maderera y del chicle.

Desde la conquista se tenía conocimiento sobre esta zona, pero no era de gran interés más que para algunos marineros. Estos marineros señalaban en sus mapas lo que todavía se denomina Isla Cancún. Según CONANP (2015), para la época porfirista no se contaba con información de la zona y fue hasta que se

consolidaron las comunicaciones marítimas de Isla Mujeres y Cozumel con el resto del país que se inició en la década de los treinta un poblamiento en la isla de Cancún, particularmente por la siembra de cocoteros debido a la demanda de su aceite durante la Segunda Guerra Mundial.

En 1960 las principales actividades económicas del entonces territorio y hoy día estado de Quintana Roo se encontraban en una situación crítica, se tenía un escenario dominado por el desempleo agrícola como consecuencia de la caída de la producción maderera, del chicle y del henequén (Espinosa-Coria, 2013).

Fue hasta finales de la década de los sesenta e inicio de la de los setenta que el gobierno mexicano, por intermediación del Banco de México, realizó los estudios y gestiones necesarios para desarrollar un centro turístico en una zona deprimida debido a la pérdida de mercado de la fibra de henequén, que era el principal sostén de la economía regional (CONANP, 2015).

2.2.1. Cancún

Al inicio de la década de los años setenta, el Programa de Desarrollo de Centros Turísticos Integrales llevado a cabo por el Fondo Nacional de Fomento al Turismo (FONATUR), anteriormente INFRATUR, planeó la diversificación de la oferta del sector económico turístico, tanto en el Pacífico como en el Caribe. En esta última región creó en 1975 el polo de desarrollo turístico de Cancún (Pérez y Carrascal, 2000).

“La calidad de la infraestructura y equipamiento, la concurrencia de las inversiones necesarias y un Plan Maestro de Desarrollo fueron los ingredientes que dieron forma a este exitoso destino. Ubicado en la costa noreste del estado de Quintana Roo en el este de México, el primer Centro Integralmente Planeado de FONATUR inició operaciones en 1974 y en tan solo 40 años se ha convertido en una moderna ciudad planificada que constituye actualmente el centro turístico mexicano más reconocido a nivel mundial, con variada infraestructura de servicios de alta calidad para deportes acuáticos, buceo en incomparables escenarios

naturales, pesca de altura o deportes extremos; además cuenta con el segundo arrecife de coral más grande del mundo” (FONATUR, 2016).

En 1968 nació la idea del proyecto turístico de Cancún y en 1975 se iniciaron las operaciones, así como también comenzó la acción antrópica sobre el paisaje natural con el desmonte de selva, manglar y tular (Pérez y Carrascal, 2000). La situación del mercado turístico internacional fue un factor decisivo en el nacimiento del proyecto Cancún (Espinosa-Coria, 2013).

Un aspecto fundamental del proyecto “Cancún” es un plan urbanístico que incluye dos secciones independientes y perfectamente definidas: la sección de recreo turística que se ubica en la porción denominada “Isla Cancún”, porción que, si bien no es propiamente una isla, si corresponde a la zona de mayor atractivo turístico por encontrarse situada entre la laguna y el mar (García de Fuentes, 1979). La segunda sección, diseñada para el centro de población de Cancún, corresponde a la zona urbana denominada Ciudad Cancún, planificación hecha para 20 mil habitantes. Hoy día, sus límites han sido rebasados, debido a la migración provocada por la atracción que ejerce el centro turístico (Pérez y Carrascal, 2000).

En unas cuantas décadas, una franja costera prácticamente deshabitada se transformaría en un destino favorito en el gusto de millones de turistas nacionales y extranjeros, así como un polo de atracción de inmigrantes en busca de una oportunidad de trabajo en la industria turística. El aeropuerto internacional de la ciudad de Cancún fue inaugurado en 1973 y llegó a posicionarse como la segunda terminal aérea más importante del país (Espinosa-Coria, 2013).

La ciudad de Cancún se encuentra establecida en la periferia del Sistema Lagunar Nichupté. Al poniente del Sistema Lagunar Nichupté se encuentra la ciudad de Cancún, mientras que la Isla Cancún, mejor conocida como la zona hotelera, rodea el norte, oriente y sur del Sistema Lagunar. Esta ciudad ejerce un impacto, tanto positivo como negativo, al sistema complejo que conforma junto con el sitio de estudio de esta tesis; es por esto que es importante el conocimiento del

espacio geográfico en donde forman parte la ciudad de Cancún y el Sistema Lagunar Nichupté.

La localidad de Alfredo V. Bonfil se encuentra también en los alrededores del Sistema Lagunar Nichupté, ubicada a unos kilómetros al sur de la ciudad de Cancún, formando parte de la Zona Metropolitana de Cancún. Esta localidad, que inicialmente estaba encargada de proveer de productos agropecuarios a la ciudad, creció de la misma forma rápida que lo hizo la ciudad de Cancún, siendo una de las localidades con mayor número de habitantes del estado de Quintana Roo.

2.2.2. Población

Cancún apenas contaba con algo más de cien habitantes cuando se decidió la construcción del centro turístico (Babinger, 2012). El surgimiento de Cancún responde a la migración y en él se observa una aceleración del proceso de crecimiento urbano y que en solo siete años la localidad paso de unos cientos de habitantes a más de treinta mil (García de Fuentes, 1979).

Según Babinger (2012), con datos del ayuntamiento de Benito Juárez (municipio del que forma parte Cancún), en 1970 ya se contaba con 441 habitantes, sobre todo personal encargado de levantar las estructuras e infraestructuras necesarias para el futuro desarrollo de la ciudad. A partir de 1975, ya con Quintana Roo erigido como estado federal y con la fundación del municipio de Benito Juárez, la ciudad tenía una población de 8,500 habitantes. A partir de entonces el crecimiento ha sido explosivo, continuado y muy significativo, especialmente por la fuerte inmigración.

Con el desarrollo de la industria turística, Cancún se fue transformando en un gran centro urbano en cuyo espacio se han asentado personas provenientes de zonas rurales, de otras entidades del país y el extranjero (Espinosa-Coria, 2013).

En 2010, el municipio de Benito Juárez tenía 661,176 habitantes, lo que represento el 49.87% de la población del estado (INEGI, 2010). En un lapso de 40 años, lo que era un sitio despoblado pasó a albergar a la mitad de todos los

habitantes del estado de Quintana Roo (Espinosa-Coria, 2013). Este crecimiento explosivo, que no puede ser asimilado por las estructuras urbanas, provoca una gran falta de servicios e infraestructuras básicas (Babinger, 2012). El acelerado crecimiento de poblacional se refleja en la necesidad de cada vez mayores y mejores servicios públicos, entre ellos la infraestructura vial. Las vialidades de la ciudad superan los 1,000 kilómetros; circulan un poco más de 110 mil vehículos, que se incrementan significativamente en la temporada de alta afluencia de turismo nacional. Las vías de comunicación, el incremento de la oferta hotelera y la inversión de capitales en proyectos estratégicos de desarrollo urbano, incide directamente en el crecimiento de la zona urbana (H.A.B.J., 2008, citado en Calderón *et al.*, 2014). Se estima que el número de personas que habitarán en la ciudad para el año 2030 se incrementará casi en 300%, llegando a más de dos millones de personas (Buenfil, 2009).

En la Tabla 3 se puede observar la información estadística con base en los datos que proporcionan los Censos de Población y Vivienda realizados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en las fechas indicadas. Con esto se puede comprender el crecimiento poblacional tanto en el municipio de Benito Juárez como de sus localidades Cancún y Alfredo V. Bonfil, las cuales se encuentran en la periferia del Sistema Lagunar Nichupté.

La localidad de Cancún es la más significativa para el municipio del que forma parte (Benito Juárez) y del mismo estado de Quintana Roo, ya que ésta aporta un número considerable de población económicamente activa (PEA) al total estatal y municipal, respectivamente, ocupada principalmente al sector terciario. Se debe resaltar la cantidad de PEA del censo del 2000 y del censo 2010, la cual creció al doble aproximadamente en 10 años en las dos localidades (Cancún y Alfredo V. Bonfil).

Con respecto a la población que es derechohabiente a servicio de salud y que no cuenta con derechohabiencia, está bastante cercana con respecto al total municipal, esto aunado a que Cancún es la principal localidad del municipio en donde más población habita.

Tabla 3. Datos de población del municipio de Benito Juárez y las localidades de Cancún y Alfredo V. Bonfil. Elaboración propia con base en INEGI, 1990, 2000 y 2010.

	Municipio de Benito Juárez		Cancún		Alfredo V. Bonfil		% con respecto al total municipal		% con respecto al total municipal				
	1990	2000	2010	1990	2000	1990	2000	1990	2000	1990	2000		
Población total	176,765	419,815	661,176	167,730	397,191	628,306	95%	95%	8,148	14,900	1.53%	1.94%	2.25%
Población masculina	92,641	215,352	334,945	87,152	203,471	317,990	94%	95%	1,438	4,228	1.55%	1.96%	2.28%
Población femenina	84,124	204,463	326,231	80,578	193,720	310,316	96%	95%	1,258	3,920	1.50%	1.92%	2.23%
Densidad de población (hab/km ²)	85	201	316	1271	3010	4761	100%**	100%**	294	888	100%**	100%**	100%**
Población económicamente activa	68,053	183,024	307,649	64,105	174,634	293,994	94%	96%	954	2,981	1.40%	1.63%	2.03%
Población ocupada en el sector primario	1,210	1,843	*	620	994	*	51%	*	44	72	3.64%	3.91%	*
Población ocupada en el sector secundario	11,612	29,594	*	10,190	27,521	*	88%	*	277	833	2.39%	2.81%	*
Población ocupada en el sector terciario	49,451	145,331	*	47,738	140,271	*	97%	97%	571	1,870	1.15%	1.29%	*
Población de derechohabiente a servicio de salud	*	224,828	425,874	*	216,560	407,038	*	96%	*	4,080	*	1.81%	1.92%
Población sin derechohabiente a servicio de salud	*	185,671	211,732	*	172,057	199,283	*	94%	*	3,901	*	2.10%	2.77%
Grado promedio de escolaridad	*	9	9.38	*	9	9.45	*	100%	*	7	*	77.78%	83.69%
Total de viviendas habitadas	*	106,891	188,555	*	101,412	179,501	*	95%	*	1,901	*	1.78%	2.12%
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada, drenaje y	*	97,331	158,000	*	94,689	153,611	*	97%	*	1,142	*	1.17%	0.71%
* Sin datos													

Fuentes: INEGI (1990), INEGI (2000), INEGI (2010)

Es evidente que el porcentaje con respecto al total municipal que tiene la localidad de Alfredo V. Bonfil es bajo, ya que esta localidad es pequeña a comparación de su vecino, Cancún. Es necesario resaltar que esta localidad junto con las localidades de Leona Vicario, Puerto Morelos y Central Vallarta, así como de las localidades adyacentes del municipio de Isla Mujeres, forman parte de la denominada Zona Metropolitana de Cancún (ZMC).

Como se observa el grado de escolaridad promedio de Cancún está ligado con respecto al municipio y este equivale a que la población llega, en promedio, a un nivel de bachillerato. En la localidad de Alfredo V. Bonfil la población tiene en promedio un nivel de secundaria. Esto puede reflejar una falta en infraestructura y/o de interés por la educación tanto del gobierno como de la población.

2.2.3. Actividades económicas

Cancún ha sido el motor del crecimiento económico del mismo estado. Entre 1970 y 1985, los primeros 15 años de vida del proyecto, el PIB de Quintana Roo creció casi el triple (2.8 veces) que el PIB nacional. La vida económica del estado de Quintana Roo depende exclusivamente del sector de servicios, principalmente del turismo (Espinosa-Coria, 2013).

Es importante destacar el valor paisajístico de la zona y su importancia como sitio para la realización de un turismo de bajo impacto o ecoturismo que permita a la gente gozar de los escenarios naturales que el área posee. De esta forma el área actúa como importante marco para el desarrollo turístico y económico de la región, generando al mismo tiempo en cada una conciencia hacia la conservación y valoración de los recursos naturales del sistema, del país y del mundo (CONANP, 2008). El iniciar la construcción de Cancún, el primero de cinco polos turísticos en las costas mexicanas, sería la base de una nueva política pública de fomento al turismo (Espinosa-Coria, 2013).

La oferta de empleo en el municipio es la actividad turística, siendo Cancún su principal polo de desarrollo. Entre los indicadores turísticos de la Secretaría de

Turismo del estado de Quintana Roo (SEDETUR), para 2007 Cancún contaba con una infraestructura hotelera de 28 mil 218 cuartos, presentó 67.8 por ciento de ocupación hotelera y obtuvo ingresos de 3 millones 4 mil 802 turistas, aportando una derrama económica de 3 mil 072.91 millones de dólares (56.4 por ciento del total del concepto que percibe la entidad) (CONANP, 2015).

Según Vázquez-Lule *et al.* (2009), las actividades económicas que predominan en el sitio de estudio son el turismo, la pesca tanto dentro del Sistema Lagunar Nichupté como en el mar, y las actividades portuarias.

La pesca realizada en el sistema lagunar es escasa. Dentro de las especies que se logran extraer se encuentran el pargo, sábalo, mojarra blanca, pargo gris, pargo ronco y barracuda. En Punta Nizuc se lleva a cabo pesca de poco rendimiento, organizada en cooperativas y libre. De igual manera, se desarrolla actualmente en la laguna de Nichupté la acuicultura (Buenfil, 2009).

A partir de 1990, el sector hotelero de Cancún ha registrado cambios cuantitativos y cualitativos importantes, derivados del arribo de cadenas hoteleras nacionales e internacionales que han modificado la estructura de equipamiento de hospedaje en la ciudad. En los últimos 15 años se ha incrementado notablemente la infraestructura hotelera de alto nivel y ha modificado el escenario del turismo local (Calderón *et al.*, 2014).

La actividad turística en el estado de Quintana Roo da lugar a una transformación extraordinariamente rápida debida a la urbanización iniciada en 1975. Pérez y Carrascal (2000) deducen que la acelerada ocupación del espacio geográfico es por la actividad turística, cuya dimensión prevista en el plan de desarrollo integralmente Planeado de Cancún, y de sus megaproyectos, sobrepasa la capacidad de sostenibilidad de ese entorno y de sus ecosistemas.

2.3. El manglar en el Sistema Lagunar Nichupté

Los manglares corresponden a la vegetación arbórea y arbustiva de la zona de mareas en las regiones tropicales y subtropicales. Son plantas halófilas facultativas que pueden crecer en diferentes salinidades, pero que alcanzan su máximo desarrollo en condiciones salobres (Agraz-Hernández, *et al.*, 2006), donde el hidropériodo (tiempo, frecuencia y nivel de inundación) determina la especie a establecerse, el crecimiento, reproducción y desarrollo de la vegetación (Herrera-Silveira *et al.*, 2013).

2.3.1. Características del manglar

Los manglares son inundados periódicamente por las mareas. Por lo tanto, los árboles de mangle crecen en la tierra que está más o menos permanentemente inundada, y en aguas cuya la salinidad fluctúa, con la evaporación, pudiendo ser incluso más alta que la del mar abierto (Ibídem). Las especies de manglar poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten ocupar hábitats bajo condiciones especiales, tales como suelos desde limosos hasta arenosos, inestables y con baja concentración de oxígeno, en ambientes salinos y salobres (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Los árboles de mangle se han adaptado para sobrevivir en un entorno tan poco prometedor. Las adaptaciones más llamativas de estos árboles son las diversas formas de raíces aéreas. La arquitectura de las raíces difiere según la especie, pero también en cierta medida se adapta a las condiciones predominantes. El sistema de raíces de los manglares también tiene la función de anclaje (Hogarth, 2007), un sistema de raíces verticales, conocidos como pneumatóforos que captura oxígeno atmosférico, y de raíces de cable y de anclado que penetran hasta 60 cm y que da estabilidad y soporte al tronco (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Una parte importante del sistema radicular de los manglares se encuentra fuera del suelo, en mayor o menor medida, lo que les permite captar gases atmosféricos

y transportarlos a las raíces subterráneas que se encuentran en suelos poco oxigenados. El género *Rhizophora* tiene un sistema de raíces aéreas con pequeños poros llamados lenticelas, en tanto que *Avicennia* y en algunas ocasiones *Laguncularia* desarrollan raíces aéreas conocidas como pneumatóforos (Rodríguez-Zúñiga *et al.*, 2013).

Los manglares, como muchas otras plantas, tienen la capacidad de cambiar las propiedades físicas y químicas de los suelos en donde se desarrollan (López y Ezcurra, 2002).

Los manglares pueden crecer a diferentes salinidades que van desde 0 ups (dulceacuícolas) hasta hipersalinas (más de 40 y hasta 90 ups), alcanzando su máximo desarrollo en condiciones salobres (aproximadamente a 15 ups), las unidades ups equivalen a gramos de sal por litro de agua (Agraz-Hernández *et al.*, 2006; Sánchez *et al.*, 2007). En algunas circunstancias, los manglares incluso se encuentran en condiciones hipersalinas, y el problema de la adquisición de agua es relativamente malo (Hogarth, 2007).

La salinidad de las zonas de manglar presentes en el Sistema Lagunar Nichupté son las siguientes (Vázquez-Lule *et al.*, 2009), con un rango de 19.9 a 35.5 ppm:

- Marina estuarinas (25 a 50 ppm), se caracteriza por la presencia de las cuatro especies de manglar.
- Estuarinas – dulceacuícolas (0 a 25 ppm), se caracteriza por la presencia de las cuatro especies de manglar, siendo dominante *Rhizophora mangle*.
- Estuarino-marino (20 a 35 ppm), se encuentran las cuatro especies de manglar y la uva de mar.

En cuanto a la salinidad, se ha determinado para la Península de Yucatán que el mejor desarrollo de la vegetación de manglar es en sitios con salinidad menor a 35 g/kg (Herrera-Silveira *et al.*, 2011, citado en Herrera-Silveira *et al.*, 2013).

Dada la variedad de métodos de hacer frente a la sal (exclusión, tolerancia y secreción), no es sorprendente que las especies de manglar difieren en el grado de su tolerancia a la sal (*Ibídem*).

El entorno de los manglares, entonces, es generalmente pobre en nutrientes, en la medida en que el crecimiento de los árboles puede ser restringido. La adquisición de suficiente nitrógeno y fósforo (y de otras sustancias esenciales) depende de las interacciones complejas entre el ambiente del suelo, la actividad microbiana dentro de ella, y en su estado aeróbico (*Ibídem*). En una entrevista realizada a la encargada del Área Natural Protegida "Manglares de Nichupté", Patricia Santos, se mencionó que los nutrientes aportados por las aguas filtradas provenientes de la ciudad de Cancún ayudan a una mejor reproducción y crecimiento del manglar del Sistema Lagunar Nichupté.

Todos los manglares dispersan sus descendientes por el agua. Una característica distintiva de la mayoría de las especies de manglares es que producen estructuras de propagación inusualmente grandes, denominados propágulos. Es decir, que no dan un fruto o semilla propiamente dicho, sino un embrión con un grado de desarrollo relativamente avanzado. Después de la polinización el embrión en crecimiento se mantiene en el "árbol padre", y es dependiente de él, durante un periodo que a menudo se extiende muchos meses. El fenómeno se conoce como *viviparidad* (Hogarth, 2007; Sánchez *et al.*, 2007).

2.3.1.1. Superficie ocupada por manglar

Los manglares son casi exclusivamente tropicales, esto sugiere una limitación por la temperatura. A pesar de que pueden sobrevivir a temperaturas tan bajas como 5°C, los manglares son intolerantes a las heladas, siendo las plántulas las más vulnerables. La distribución de los manglares casi siempre corresponde estrechamente con la temperatura del mar. Los manglares rara vez se desarrollan fuera de la gama delimitada por la isoterma de 20°C, y el número de especies tiende a disminuir a medida que se aproxima a este límite (Hogarth, 2007).

Las características kársticas (substrato formado por rocas calizas) que presenta la península de Yucatán y el carácter oligotrófico (con pocos nutrientes disponibles) de las aguas del Caribe, así como la presencia frecuente de tormentas tropicales y huracanes, son determinantes en el grado de desarrollo de los manglares de esta región. La escasez de ríos superficiales limita el grado de desarrollo de los manglares por la falta de nutrientes y de sedimentos finos. Otro factor determinante para la expansión de los manglares es el intervalo de las mareas. En la costa del Pacífico el rango de mareas es superior a 1 metro, mientras que en el Caribe es de menos de 30 centímetros (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Según Agraz-Hernández *et al.* (2006), los elementos que determinan la distribución y zonación de los manglares (de forma diferente para cada especie) resultan de las situaciones hidrológicas, producto de la combinación de las mareas, aportes fluviales, escurrimientos terrestres, precipitación-evaporación, viento, profundidad y geomorfología del cuerpo de agua adyacente, tasa de sedimentación (y hundimiento o subsidencia) y la extensión de su nivel topográfico óptimo.

2.3.1.2. Tipos y especies de manglar

A pesar de que los manglares en México están constituidos relativamente por pocas especies reconocidas como manglar, existe una gran variabilidad en su composición, estructura y función. Los ecosistemas de manglar exhiben una gran variabilidad en su estructura que responde con los gradientes ambientales relacionados con el relieve, el tipo de sustrato, el grado de inundación, los niveles de salinidad y con las perturbaciones naturales y humanas (Rodríguez-Zúñiga, *et al.*, 2013; Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Por lo anterior es que existen grandes diferencias en los manglares del país, encontrando gran variedad entre los manglares presentes en las zonas del Pacífico, Golfo de México y el Caribe. Es así que se pueden observar manglares con alturas de hasta 30 metros en ciertas zonas del país, mientras que en el

Sistema Lagunar Nichupté la altura máxima es de 4 metros, según el estudio realizado por Herrera-Silveira *et al.* en 2013.

Los manglares también varían dentro de su comunidad, lo que origina distintos tipos fisionómicos de bosque con base a su densidad, área basal y altura. Una clasificación común, de tipo fisionómico los caracteriza como ribereño, cuenca, sobrelavado, borde y matorral/chaparro (Lugo y Sendaker, 1974; Flores-Verdugo, 1992, citado en Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

En la vegetación de manglar presente en el Sistema Lagunar Nichupté se distinguen tres asociaciones fisionómicas, según CONANP (2015):

- Manglar de borde: El manglar de borde se desarrolla en toda la periferia de los cuerpos de agua del sistema lagunar y está conformado por comunidades densas constituidas únicamente por la especie de mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Es la principal fuente de refugio para la ictiofauna de la zona y sitio de numerosas aves acuáticas. Esta comunidad se vio drásticamente afectada por el huracán Wilma y aún no se recuperan sus poblaciones.
- Manglar de cuenca: Comprende diversas comunidades de mangle que se desarrollan en suelos que se inundan estacionalmente, por lo que en su composición intervienen las cuatro especies características de mangle: rojo (*Rhizophora mangle*), blanco (*Laguncularia racemosa*), negro (*Avicennia germinans*) y botoncillo (*Conocarpus erectus*). El mangle rojo es la especie dominante en las proximidades del cuerpo de agua, mientras que los mangles blanco y negro prosperan en los sitios de inundación estacional intermedia, y el mangle botoncillo se distribuye preferentemente en las zonas de menor inundación conformando una zona de transición entre la porción de la sabana y la selva baja.
- Manglar chaparro: Se observa una condición particular de bajo crecimiento que da origen a la denominación local de mangle chaparro, que es una comunidad constituida únicamente por la especie de mangle rojo. Este se

desarrolla a una altura que no rebasa los dos metros y se encuentra adyacente a la vegetación de sabana.

Según el estudio realizado por Herrera-Silveira *et al.* (2013) para el Sistema Lagunar Nichupté, los tipos de manglar que se determinaron en este ecosistema se agruparon en cinco tipos:

- Franja o Cuenca de *Rhizophora mangle*: corresponde a manglar de tipo franja o cuenca (12% de cobertura) y dominancia de la especie *Rhizophora mangle*.
- Chaparro de *Rhizophora mangle*: con cobertura del 29%, la domina el manglar chaparro de *Rhizophora mangle*.
- Cuenca o Franja de *Rhizophora mangle* o *Avicennia germinans*: Es un manglar que puede ser de alturas de dos a cuatro metros, pero que tiene síntomas de deterioro (10%), por lo que sus densidades son bajas. Hay tanto la especie *Rhizophora mangle* como *Avicennia germinans*.
- Chaparro o Cuenca de baja densidad: áreas donde se ha perdido la cobertura de manglar vivo correspondiente al 9 %. Estas áreas estaban constituidas por manglares de franja y chaparro de las especies *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*.
- Pastizal con manglar Chaparro: Es la clase dominante (40 %). La constituye un grupo de vegetación con mezcla de pastizales salinos (*Cyperus* y *Spartina*) con algunos árboles de mangle rojo y arbustos de mangle botoncillo.

Como se vio anteriormente, los tipos de manglares presentados en el Sistema Lagunar Nichupté son las especies de mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle negro (*Avicennia germinans*), Mangle Botoncillo (*Conocarpus erectus*) y Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), las cuales están catalogadas como especies sujetas a protección especial. Además, también existe la Palma de Chit (*Thrinax radiata*), catalogada como especie amenazada. En su conjunto cubren el 27% del área (CONANP, 2008).

2.3.2. Importancia ecológica del manglar del Sistema Lagunar Nichupté

Los ecosistemas de manglar brindan importantes servicios ecosistémicos como el mantenimiento de la calidad de agua, protección de la costa, hábitat y fuente de alimentación de una infinidad de organismos, muchos de ellos de importancia ecológica, social y económica (Herrera-Silveira *et al.*, 2013).

Los manglares sirven como sistemas naturales de control y barrera contra inundaciones e intrusión salina, control de la erosión y protección a la costa y filtro biológico (por remoción de nutrientes y toxinas). Son además el hábitat de especies de peces, crustáceos y moluscos de importancia ecológica y comercial. Constituyen zonas de refugio y alimentación de fauna silvestre amenazada y en peligro de extinción, y de especies endémicas y migratorias. Son fuentes de energía (leña o turba), proporcionan materias para tinción de telas y curtido de pieles, así como desinfectantes y astringentes (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

Los bosques de mangle pueden ser, en general, más sometidos a las perturbaciones que otros bosques. Así como los bosques son propensos a lidiar con interrupciones normales, los manglares tienen que lidiar con diversas interrupciones como son los huracanes, la erosión costera, las altas variaciones de caudal de ríos, etcétera. Estas fluctuaciones se superponen a las tensiones más o menos constantes y predecibles de alta salinidad y anoxia del suelo, que también retarda o revierte los cambios de sucesión. El cambio frecuente, junto con el estrés ambiental, hace que sea menos probable que los procesos de sucesión culminen en una comunidad clímax reconocible (Lugo, 1980, citado en Hogarth, 2007).

La productividad ecológica de los manglares es superior a la de las selvas de áreas lluviosas, e incluso similar al más eficiente de nuestros cultivos tropicales (la caña de azúcar). La productividad de los manglares es 20 veces superior a la productividad del mar y llega a ser cinco veces superior a la de las zonas de surgencias (Sánchez *et al.*, 2007).

Los manglares, por su elevada productividad, exportan biomasa y nutrientes hacia los cuerpos de agua adyacentes (lagunas costeras, bahías y zona marina adyacente) a través de los reflujos de marea, aumentando significativamente la fertilidad de estos ecosistemas. Se estima que una hectárea de manglar puede producir anualmente unos 767 kg de pescado y camarón, sin requerir de agroquímicos y sin los riesgos ambientales asociados a estos compuestos (Turner, 1991, citado en Sánchez *et al.*, 2007). Turner (1997, citado en Sánchez *et al.*, 2007) estima una pérdida anual de 767 kg de camarón y peces de importancia comercial por cada hectárea de manglar destruido.

Los manglares, marismas y otros humedales actúan como “esponjas” funcionando como vasos reguladores de las inundaciones en época de lluvias y como aportadores de agua durante el estío. Adicionalmente, los manglares con sus raíces y la arena de las playas con sus dunas, amortiguan el efecto erosivo del oleaje de tormentas (Sánchez *et al.*, 2007).

Los manglares proveen protección a los estadíos juveniles de peces y crustáceos contra los depredadores y les aportan alimento (Noruddin, 1987, citado en Sánchez *et al.*, 2007). La elevada producción heterotrófica de estos ecosistemas también ha permitido que las regiones donde existen sean un importante punto de alimentación y descanso de varios cientos de miles de aves migratorias (Sánchez *et al.*, 2007).

Vázquez-Lule *et al.* (2009) aclara que es de gran importancia el SLN para el ciclo biológico de diferentes especies en particular para: (*Rizophora mangle*), el mangle negro (*Avicennia germinans*), el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), el mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y la palma de Chit (*Thrinax radiata*), así como el cocodrilo (*Crocodylus moreletii* y *C. acutus*), la rana leopardo (*Rana berlandieri*), y la iguana (*Ctenosaura similis*) y la tortuga blanca (*Chelonia mydas*)

2.3.3. Uso y valoración del manglar

Los estudios muestran consistentemente que los manglares de América Latina y el Caribe son altamente productivos en términos de la madera, la biomasa y la

producción de hojarasca y la exportación de carbono orgánico (Twilley *et al.*, 1992; Cintrón, 1987, citados en Lugo, 2002).

En la Península de Yucatán los usos tradicionales es el manejo de la corteza del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) para curar elefantiasis, lepra, diarrea y disentería; la infusión de hojas del mangle rojo se usa para curar el escorbuto, como enjuague bucal para el dolor de muelas y en aplicación local para tratar la úlcera leprosa. La infusión de hojas del mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), se receta para curar el asma, el estado bilioso, el dolor de cabeza, evacuaciones amarillas, y la infusión de sus raíces se usa para tratar testículos inflamados y reumatismo (Agraz-Hernández *et al.*, 2006).

El uso de subsistencia local no está tan bien documentado y probablemente infravalorada, y el conocimiento histórico es poco más que anecdótico. No obstante, puede ser sustancial e importante (Hogarth, 2007).

Para la zona del Sistema Lagunar Nichupté en específico no se tiene una utilización de cualquiera de las especies de manglar presentes, la forma de uso que se le puede atribuir es la paisajística para la realización de actividades turísticas en el sitio.

Diversos estudios han tratado de calcular el aporte monetario de los ecosistemas costeros a las economías mundiales, con el propósito de evaluar las consecuencias económicas del cambio de uso de suelo (Calderón *et al.*, 2009).

Entre los distintos tipos de humedales, en México destacan los manglares. Estos ecosistemas generan bienes y servicios para la sociedad y realizan varias funciones ecológicas y ambientales; sin embargo, su valor no ha sido reconocido en su totalidad, esto es, bienes y servicios que se pueden medir en términos monetarios que no han sido valorados económicamente para un mejor manejo del recurso. Por tal motivo, muchos de esos valores no se incluyen en las tomas de decisión públicas y privadas, provocando el deterioro de una importante fuente de riqueza para el país (Sanjurjo, 2001).

Los manglares son el paradigma de un ecosistema forestal que produce valores de mercado y no de mercado a través de ambos productos madereros y no madereros (FAO, 1994, citado en Lugo, 2002).

Muchos son los servicios provistos por los manglares al hombre que podrían ser cuantificables monetariamente; entre los más importantes o notorios se encuentran la regulación de perturbaciones, el abastecimiento y regulación de agua, la formación de suelos, el tratamiento de desechos y la producción alimenticia, así como servicios recreativos y culturales. De manera sorprendente, son los valores indirectos los que repercuten y los más productivos, en términos económicos, para el hombre (Calderón, Aburto y Ezcurra, 2009).

En diversos países del Caribe, el turismo asociado a los humedales es la principal fuente de ingresos y se calcula que el valor económico y ecológico de los manglares en beneficios directos e indirectos, está entre 10,000 y 125,000 dólares por hectárea (Agraz-Hernández, 2006).

2.3.4. Gestión para la conservación del manglar

El sitio de estudio, el Sistema Lagunar Nichupté, se encuentra en el área denominada Manglares de Nichupté. Esta área se encuentra en la lista de Áreas Naturales Protegidas (ANP) y en la lista de Humedales de Importancia Internacional (Sitios Ramsar), nombrado los dos desde el año 2008, por lo tanto, es necesario comprender la forma en como este sitio fue denominado ANP y Sitio Ramsar, así como la forma en cómo se gestiona.

2.3.4.1. Área Natural Protegida “Manglares de Nichupté”

Las Áreas Naturales Protegidas son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas. 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,

su Reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico (SEMARNAT, 2015).

En México, las ANP se encuentran sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 177 áreas naturales de carácter federal que representan más de 25,628,239 hectáreas (CONANP, 2016); están divididas en nueve Regiones en el país: Península de Baja California y Pacífico Norte; Noroeste y Alto Golfo de California; Norte y Sierra Madre Occidental; Norte y Sierra Madre Oriental; Occidente y Pacífico Centro; Centro y Eje Neovolcánico; Planicie Costera y Golfo de México; Frontera Sur, Istmo y Pacífico Sur; y, Península de Yucatán y Caribe Mexicano (Ibídem).

Las Áreas de Protección de Flora y Fauna son áreas que se constituirán en los lugares que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres. En dichas áreas podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio, investigación y aprovechamiento sustentable de las especies mencionadas, así como las relativas a educación y difusión en la materia (SEMARNAT, 2014).

El Área de Protección de Flora y Fauna, Manglares de Nichupté, se estableció mediante un Decreto Federal publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 26 de febrero de 2008, con un área de 4,257.49 hectáreas.

La importancia de esta Área Natural Protegida consiste en el hecho de que es la zona de humedales más importante, asociado al Sistema Lagunar Nichupté (SLN), que permite el mantenimiento y desarrollo de la dinámica ecológica lagunar y de los arrecifes que conforman el Parque Nacional Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc, que forman parte del Sistema Arrecifal Mesoamericano (SAM). Con el Decreto del Área de Protección de Flora y Fauna Manglares de Nichupté se logra, bajo un esquema de conservación permanente,

el reconocimiento de la íntima relación y dependencia ecológica de los humedales con el sistema lagunar y las formaciones arrecifales (CONANP, 2015).

El 26 de febrero de 2008, después de concluir que la categoría más apropiada para la preservación de Manglares de Nichupté es la de Área de Protección de Flora y Fauna, y habiendo incorporado 914.49 hectáreas correspondientes a los cuerpos de agua de las lagunas interiores (Del Amor y Río Inglés), así como las zonas bajas inundables, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Decreto por el que se declara Área Natural Protegida, con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna, la región conocida como Manglares de Nichupté, localizada en el municipio de Benito Juárez, en el estado de Quintana Roo, integrada por 12 polígonos, con una superficie total de 4 mil 257 hectáreas (CONANP, 2015).

De acuerdo al Ordenamiento Ecológico de la Laguna de Nichupté, las políticas ambientales que conforman el decreto se agrupan en cuatro categorías: Protección, Conservación, Aprovechamiento, Restauración y Turismo, aunque el sitio pertenece a la política ambiental de protección. Las actividades ecoturísticas, científicas o ecológicas permitidas se definen en el programa de manejo diseñado para tal efecto. Toda actividad recreativa deberá garantizar la permanencia de la vegetación y fauna del sistema lagunar, así como las áreas de anidación existente (CONANP, 2008).

2.3.4.2. Sitio Ramsar “Manglares de Nichupté”

La convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, conocida también como Convenio RAMSAR fue firmada en la ciudad de Ramsar (Irán) el 2 de febrero de 1971 y entró en vigor en 1975. Ramsar es el primero de los tratados modernos de carácter intergubernamental sobre conservación y uso sostenible de los recursos naturales, que está dedicado a un ecosistema, con disposiciones relativamente sencillas y generales. México se adhirió a este Convenio en 1986, aunque el instrumento no forma parte del sistema de convenios y acuerdos sobre medio ambiente de las Naciones Unidas. Actualmente, es la Comisión Nacional de

Áreas Naturales Protegidas, la dependencia del Gobierno Federal encargada de llevar a cabo la aplicación de la Convención (SEMARNAT, 2013).

Manglares de Nichupté fue designado como Humedal de Importancia Internacional (Sitio Ramsar) con una superficie de 4,257 hectáreas, registrado en la Lista de Humedales de Importancia Internacional establecida con arreglo al Artículo 2.1 de la Convención Ramsar, con el número 1777, el día 2 de febrero de 2008.

La inclusión de un humedal en la Lista representa el compromiso del gobierno mexicano de adoptar las medidas necesarias para garantizar que se mantengan sus características ecológicas. La Convención incluye diversas medidas para responder a las amenazas para las características ecológicas de los sitios (RAMSAR, 2014).

Según CONANP (2008), este sitio cumple los primeros dos criterios, de los nueve criterios para considerarse Sitio Ramsar:

Criterio 1: La selva baja caducifolia ocurre de manera restringida en la Península de Yucatán, y en especial en el estado de Quintana Roo, ya que su desarrollo está asociado a condiciones edáficas muy particulares, como afloramientos de roca (Durán, 1986, citado en CONANP, 2008). En Quintana Roo, este tipo de vegetación se encuentra sólo en la costa del Caribe, donde su distribución es particularmente discontinua. Igualmente, la presencia de cenotes, humedales costeros de cuevas cársticas, lo hace un ecosistema especial.

Criterio 2: El sitio alberga especies de la flora y fauna bajo alguna categoría de protección por la NOM-059-ECOL-2001, como son: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), Mangle negro (*Avicennia germinans*), Mangle Botoncillo (*Conocarpus erectus*) y Mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), catalogadas como especies que están sujetas a protección especial. Además, también existe la Palma de Chit (*Thrinax radiata*), catalogada como amenazada. Faunísticamente ocurren especies como la iguana (*Ctenosaura similis*) catalogada como amenazada, el cocodrilo (*Crocodylus moreletii*), la Rana leopardo (*Rana berlandieri*) Sujetas a

Protección Especial y a la tortuga blanca (*Chelonia mydas*) en peligro en extinción. Cada una de estas especies encuentra en este lugar un espacio indispensable para su alimentación y reproducción.

Según la regionalización de la Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el sitio se encuentra en dos Regiones Prioritarias (Arriaga *et al.*, 1998 y Arriaga, 2002, citado en CONANP, 2008):

- Región Hidrológica Prioritaria 105 Corredor Cancún – Tulum
- Región Marina Prioritaria 63 Punta Maroma-Punta Nizuc

CAPÍTULO 3

Cambios espaciales en la cobertura del manglar del Sistema Lagunar Nichupté

En nuestro país la superficie de manglar está desapareciendo a un ritmo de 2.5 por ciento anual (INE, 2010, citado en Flores-Mejía *et al.*, 2010), mientras que, a nivel global, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), reporta un índice de pérdida de este tipo de ecosistemas de 0.66 por ciento. México tiene una tasa promedio de pérdida cuatro veces mayor a la mundial, es decir, 4.43 hectáreas cada día y que, de continuar a ese ritmo, para el año 2025 habrá desaparecido entre el 40 y el 50 por ciento de la superficie de manglar estimada en el año 2000 (de 880,000 ha) (Flores-Mejía *et al.*, 2010).

Sin una expresión cartográfica, resulta difícil entender la relación entre los procesos de cambio (causas, efectos, escenarios probables) y los fenómenos asociados, tales como ciclo hidrológico, fragmentación del hábitat, pérdida de biodiversidad, emisión de carbono, pérdida de servicios ambientales entre muchos otros temas de relevancia económica y social (Pérez Vega, 2008; Ghilardi Álvarez, 2008; Soares Filho *et al.*, 2006; Mesera *et al.*, 2005, citado en Mas *et al.*, 2009).

Es por lo anterior que en el presente capítulo se presentan los resultados de la cartografía realizada para un análisis multitemporal del cambio de cobertura de vegetación, con énfasis en la cobertura de manglar, del Sistema Lagunar Nichupté. Se identifican las pérdidas, ganancias y cambios que se han presentado en el Sistema Lagunar Nichupté desde el inicio del proyecto de la ciudad turística de Cancún, aunado a las imágenes satelitales conseguidas para este periodo (1972), hasta el año 2015.

Sírvase de encontrar en el anexo la cartografía realizada para la discusión de este capítulo.

3.1. Uso de suelo y cobertura vegetal

Se puede observar un incremento significativo de la mancha urbana a los alrededores del Sistema Lagunar Nichupté. Como se revisó anteriormente en el Capítulo 2, en la parte noroeste del Sistema Lagunar Nichupté se asentaba una pequeña población que al paso de cuatro décadas se convirtió en una ciudad de más de 600,000 habitantes. El Plan Cancún no partió de un conocimiento del potencial y características de la región, ni se planteó en ningún momento el problema de la irracionalidad en la explotación de los recursos, ya que basa su objetivo de desarrollo regional únicamente en la consideración de que la ciudad de Cancún constituiría un mercado consumidor de primer orden que se abastecería localmente (García de Fuentes, 1979).

Según Pérez y Carrascal (2000), como se observa en la Figura 7, en el año 1970 solo existía un centro de población denominada colonia Puerto Juárez, en donde años después se desarrolló la ciudad de Cancún.

En el año 1970 no se reconoce un cambio significativo en la cubierta vegetal. Se puede observar que en la parte oeste del Sistema Lagunar se distribuyen diferentes tipos de vegetación, entre *Manglar*, tular (*Otros humedales*) y la selva media subperennifolia (*Otra vegetación*). En la zona este se puede observar la dominancia de *Manglar*, al igual que en las zonas norte y sur del Sistema Lagunar.

Son en las zonas norte, este (donde ahora se encuentra la zona hotelera) y oeste, en donde se observa un continuo cambio de uso de suelo. Siendo el asentamiento humano el causante de ésta transformación, resultado de la migración a éste centro turístico.

En 1972, la zona hotelera, ubicada en la parte este del Sistema Lagunar Nichupté, estaba en proceso de construcción. Se tiene trazadas las vías de comunicación que conectan a la futura ciudad y zona hotelera de Cancún con el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Cancún.

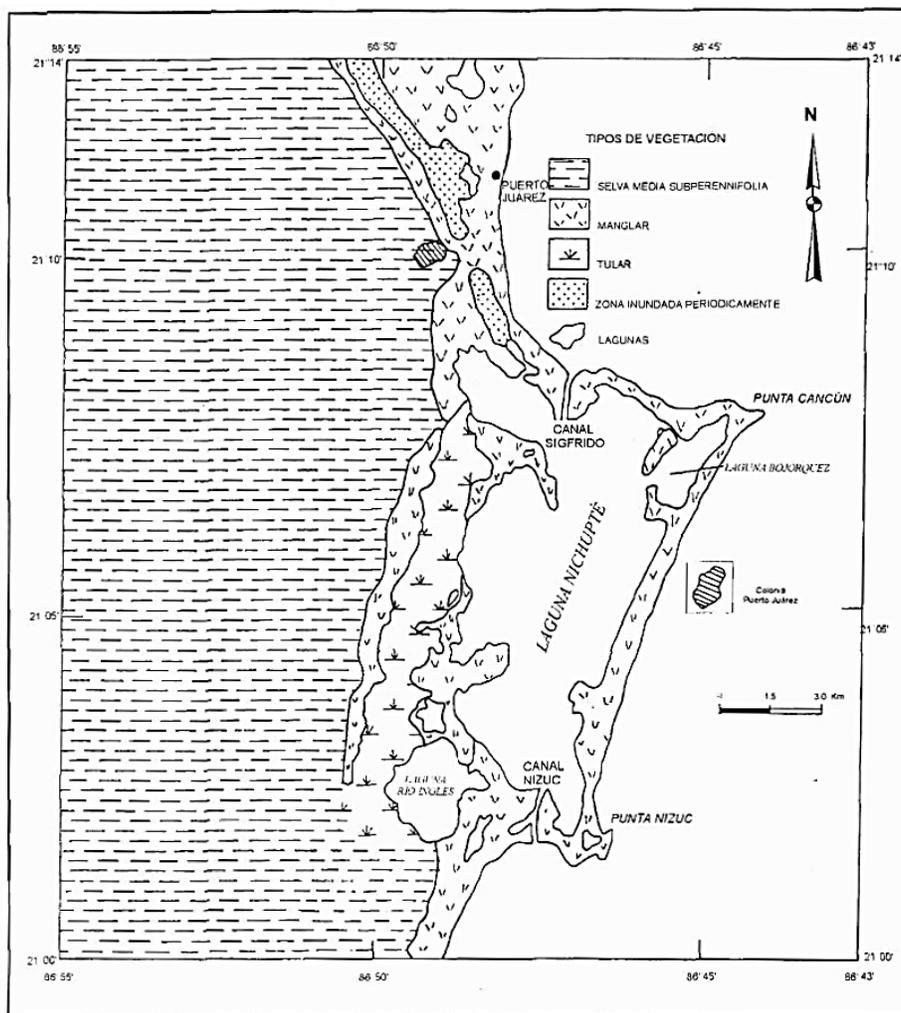


Figura 7. Uso de suelo y vegetación, 1970-1971. Fuente: Pérez y Carrascal, 2000

Ocho años después, en 1980 (Figura 8), se puede observar un aumento de la mancha urbana, abarcando un ocho por ciento de la superficie².

La localidad de Alfredo V. Bonfil se encuentra establecida, el objetivo de ésta comunidad era la actividad agrícola y pecuaria, es por esto que se observan zonas donde se mantenían estas actividades. La zona hotelera, al norte del Sistema Lagunar Nichupté ya está edificada.

² Los porcentajes están basados en la superficie del polígono utilizado en este estudio, con un área de 16, 568 hectáreas.

El desarrollo del turismo en la zona en estudio requirió de un mayor territorio para el establecimiento de la infraestructura, debido a la oferta hotelera y a la demanda de cuartos disponibles (Pérez y Carrascal, 2000).

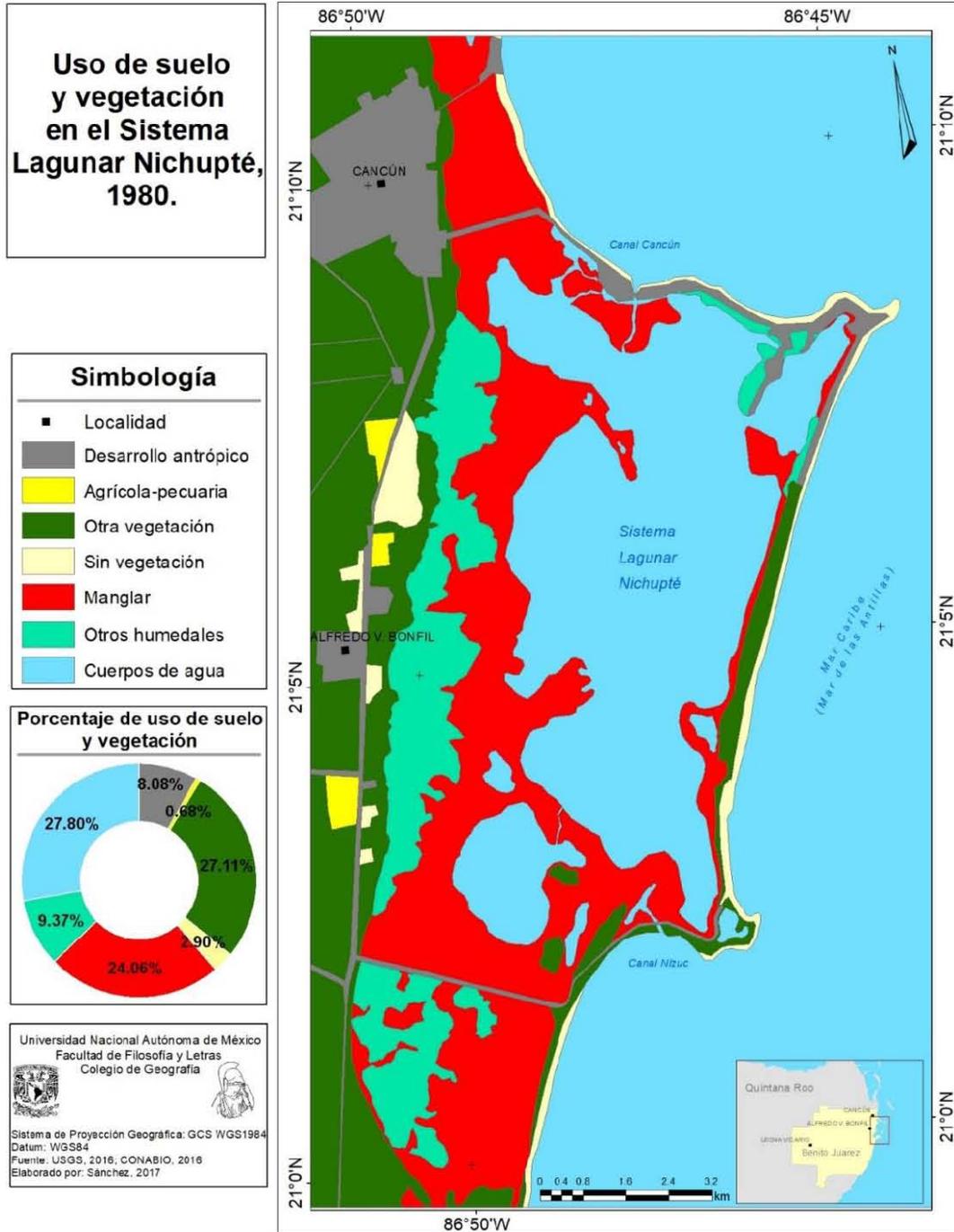


Figura 8. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 1980. Fuente: Elaboración propia

Según Fernández de Lara (2009), en el diseño de la ciudad de Cancún, la laguna fue dragada y rellenada para crear la zona residencial Pok Ta Pok, la cual ya está presente para la cartografía del año 1980 (Figura 8). Se pueden notar ciertas áreas, cercanas a la localidad de Alfredo V. Bonfil sin vegetación, éstas zonas en esos momentos estaban en proceso de construcción, se observa que la localidad se encontraba en continua ampliación.

En la parte sur del sistema lagunar se observa ya finalizado el Boulevard Kukulcán que comunica a la zona hotelera con el aeropuerto de la ciudad. Éste boulevard interrumpe el flujo hidrológico que existía en esta zona, por lo que en los siguientes años el crecimiento del manglar será poco o nulo. Sin un flujo hidrológico óptimo el manglar no puede desarrollarse de la mejor manera y otros humedales abarcarán su superficie.

La depresión tropical Henri que impactó en 1979 y la tormenta tropical Keith en 1988 generaron un aumento de superficie en la clase *Sin Vegetación*, aun siendo fenómenos de menor magnitud a comparación de los huracanes presentados en años posteriores.

Para los siguientes años (1980-1990) se observa que la cubierta del *Manglar* y *Otra vegetación* disminuyen mientras la de *Otros humedales* aumenta. El aumento continuo de la mancha urbana de la ciudad de Cancún y la comunidad de Alfredo V. Bonfil esta aunado a la disminución de superficie de la clase de otra vegetación. Alfredo V. Bonfil, al trascurrir los años, pasa de ser una comunidad con una actividad agropecuaria, con el fin de brindar a la ciudad de Cancún de alimento, a una localidad en donde comienzan a migrar las personas que no encuentran un hogar en la ciudad de Cancún.

Para la cartografía de 1990 (Figura 9) se ve un aumento de la clase *Sin vegetación*, ésta superficie crece como resultado del impacto del huracán Gilberto en 1988. A dos años de la perturbación la cubierta vegetal no muestra signos de recuperación.

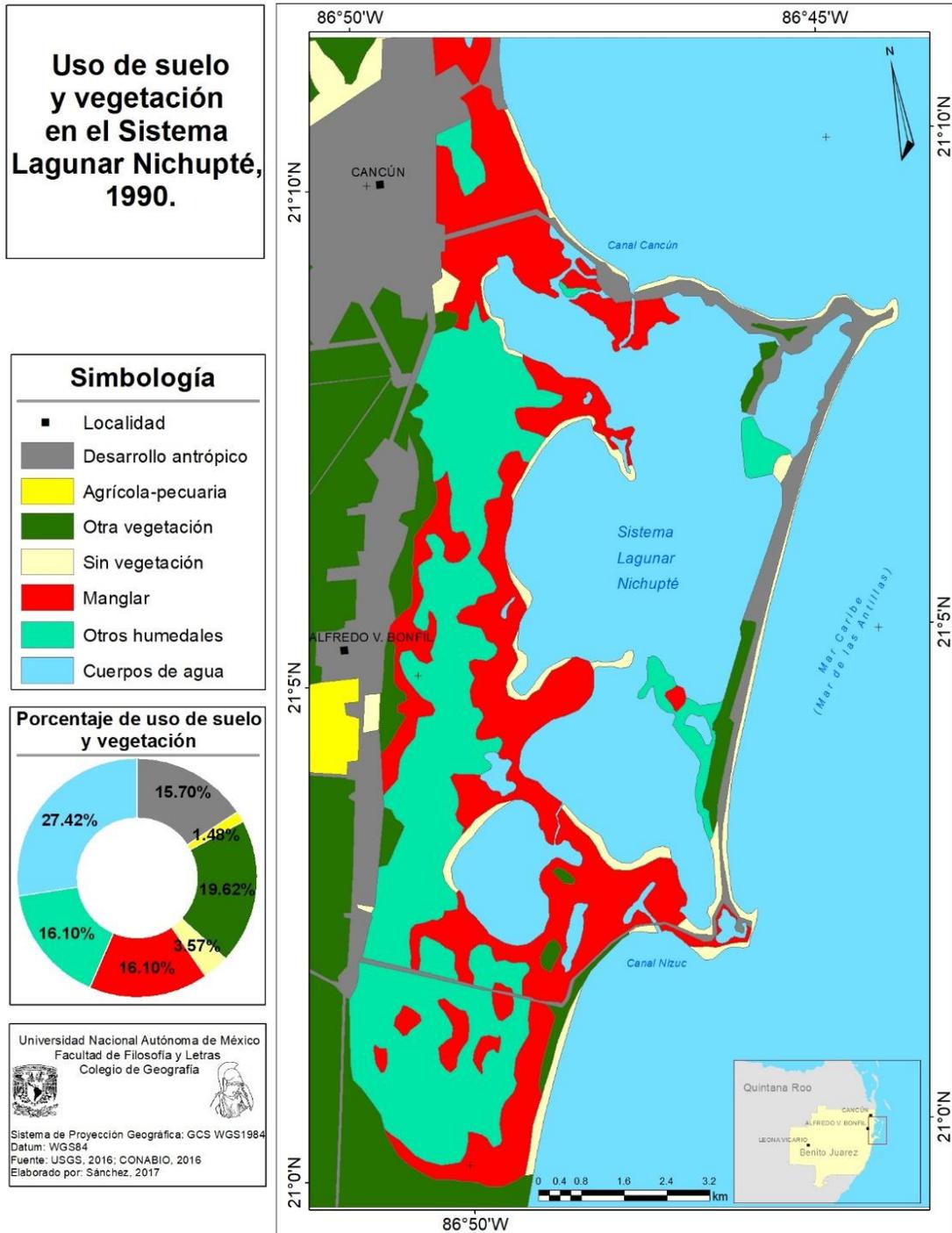


Figura 9. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 1990. Fuente: Elaboración propia.

En la misma cartografía, del año 1990, se observa la expansión de la zona hotelera en la región sureste de la Laguna Bojórquez, en donde se rellenó la laguna para construir el ahora abandonado inmueble México Mágico, la zona residencial de Isla Dorada y la plaza comercial “La Isla”. Esto ha ocasionado que

el intercambio y flujo de agua que existía entre el mar y la laguna se interrumpiera. Desde ese momento se permitió la construcción de restaurantes, hoteles, marinas, centros comerciales y centros de diversión a la orilla este del Sistema Lagunar Nichupté, por la demanda turística en la zona.

El efecto de la urbanización y de los desarrollos turísticos sobre los manglares es definitivo, ya que se realizan obras de relleno que afectan localmente las comunidades de manglar, pero que también pueden entorpecer el patrón de circulación superficial. La amenaza potencial más grande es la del establecimiento de megaproyectos turísticos (López y Ezcurra, 2002).

Después de 1990, la expansión de la zona hotelera es continua, dirigiéndose a Punta Nizuc (Canal Nizuc), al sur del sistema lagunar. Toda la primera etapa de construcción de la zona hotelera (en el norte del Sistema Lagunar Nichupté) está totalmente incluido en la clase de *Desarrollo antrópico* sin una superficie grande de vegetación que se encuentre adyacente, como en los años anteriores.

La disminución de la superficie de la clase de *Otra vegetación* es muy notoria en la cartografía del año 1995 y de los años posteriores, esto por el aumento de población de la ciudad de Cancún y de la localidad de Alfredo V. Bonfil.

Proyectos como el Malecón Tajamar y Puerto Cancún, los cuales se encuentran en la zona noroeste, se desarrollaron entre los años 1995 y 2005. Estos proyectos residenciales se construyeron en una gran superficie de manglar (Figura 10). Esta disminución de la superficie del manglar se contrarresta con el área que se obtuvo mediante el desarrollo del *Manglar* en una zona en donde antes se desarrollaban *Otros humedales*.

En la parte sur, como se observa en la Figura 10, se desarrolla el parque acuático Wet N Wild (ahora Park Ventura), así como el Resort denominado Riviera Cancún Golf Resort como parte de la tercera etapa de construcción Cancún en una superficie en donde se encontraba *Manglar* y *Otros humedales*.

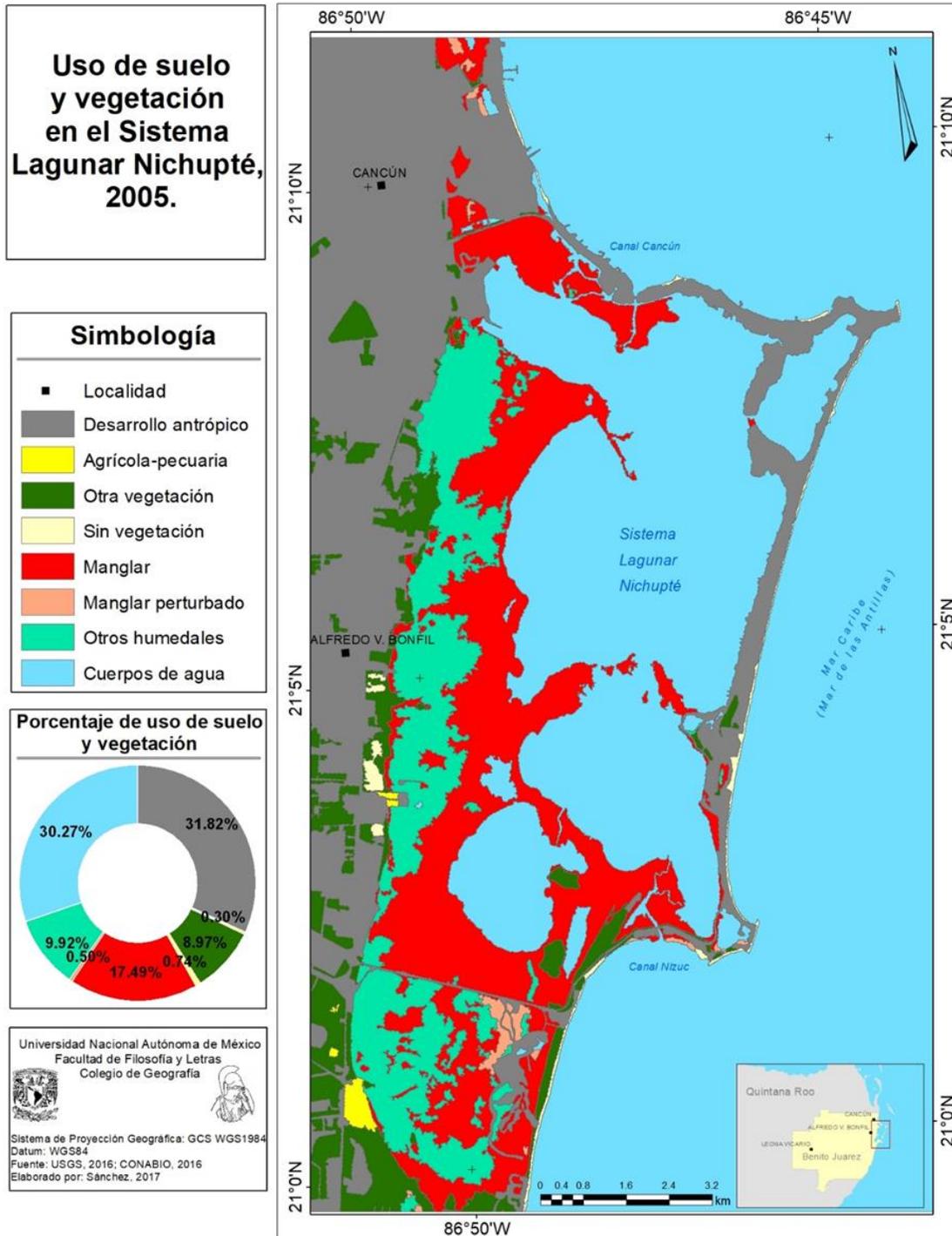


Figura 10. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 2005. Fuente: Elaboración propia.

La clase de *Manglares perturbados* se encuentra en los mapas de 2005 a 2015, ya que se obtuvieron de la cartografía desarrollada por el Sistema de Monitoreo de Manglares de CONABIO. La cartografía de CONABIO utiliza esta clase para

señalar la superficie de manglares que está muerta o en regeneración. En el año 2005, la superficie de manglar perturbado fue de 85 hectáreas, siendo la zona alrededor de Riviera Cancún Golf Resort y del parque acuático Park Ventura la más afectada.

Se puede observar en los insumos obtenidos de CONABIO, mapas de 2005, 2010 y 2015, un mayor detalle ya que se utilizaron diferentes sensores para la realización de la cartografía, lo cual puede alterar los resultados. Lo anterior se explica en el apartado de metodología, capítulo uno.

El acelerado crecimiento urbano observado en los primeros mapas de uso de suelo y vegetación deja de existir para el periodo de 2010 a 2015 (Figura 11) donde su crecimiento fue menor a 30 hectáreas, comparado a los periodos anteriores el crecimiento fue constante y no menor de 400 hectáreas.

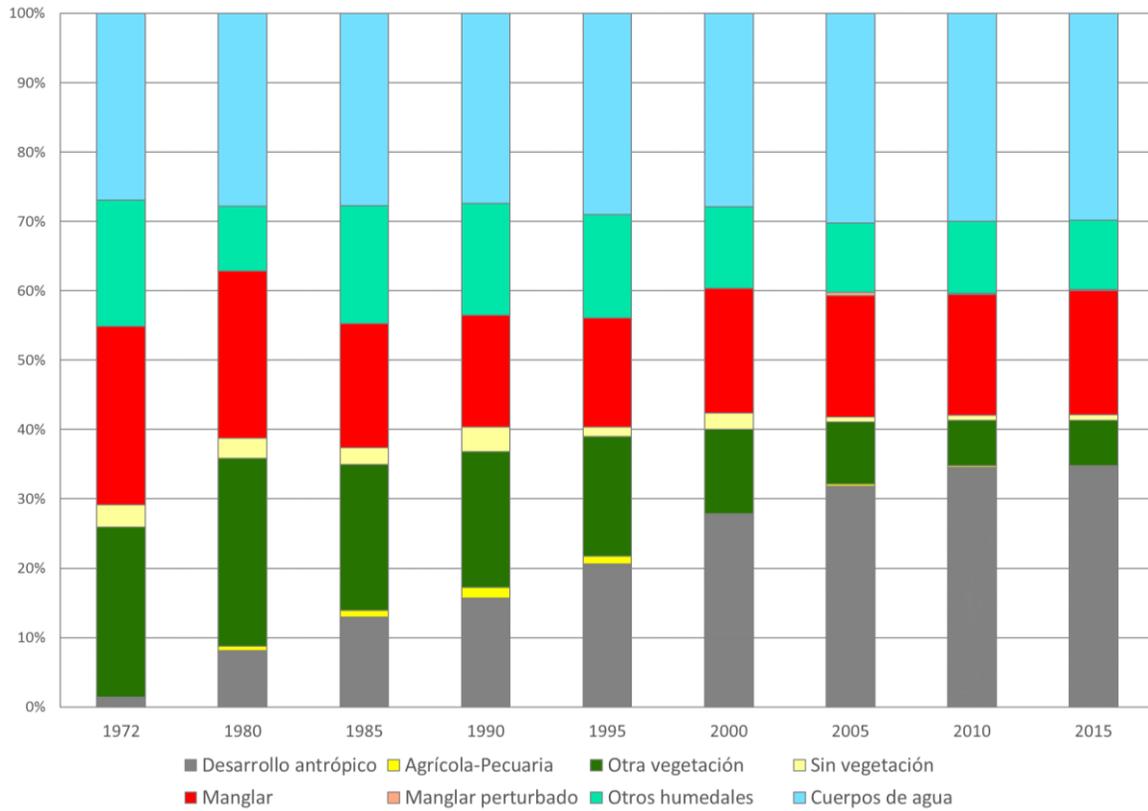


Figura 11. Porcentaje de uso de suelo y cobertura vegetal del Sistema Lagunar Nichupté. Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO, 2016.

Lo anterior se puede constatar con porcentajes y superficie en hectáreas en la Tabla 9. (ver Anexo).

Fernández de Lara (2009) presenta un corto resumen del impacto y deterioro que presentó las primeras tres décadas en las que la ciudad de Cancún comenzó a desarrollarse. Este resumen y la información obtenida durante esta investigación se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Cambios presentados en el Sistema Lagunar Nichupté. Elaboración propia con base en Fernández de Lara (2009).

Década	Cambios presentados en la zona
1970	Se rompe el equilibrio con los ecosistemas al crear un escenario que utiliza la belleza natural existente.
1980	Se modifica el patrón de circulación hidrológica de las lagunas por los rellenos y la fragmentación de las áreas inundables.
1990	Mayor deforestación y contaminación de los cuerpos de agua impactan la zona. La contaminación se debe por hidrocarburos, metales pesados y el escurrimiento de agua de la zona urbana.
2000	Construcción de zona turística residencial y hotelera en las orillas de la Laguna Nichupté y en superficie de manglar. Erosión de playas.
2010	Contaminación por la descarga de aguas residuales y residuos sólidos. Crecimiento de algas por la deficiente circulación de agua y menor desarrollo del manglar en la zona sur.

Según Flores-Mejía *et al.* (2010) los impactos ambientales generados por el turismo de zonas costeras, se pueden clasificar de tres diferentes formas:

1. presión por recursos naturales (sobreexplotación de las especies comerciales y deportivas),
2. contaminación del agua (emisión de aguas residuales sin tratamiento) e
3. impactos físicos directos (construcción y mantenimiento de infraestructura).

Estos últimos adquieren gran relevancia, debido a que a todas luces el turismo ha moldeado el paisaje de nuestro litoral en la última década y por consecuencia, vastas zonas de ecosistemas costeros, como los son los manglares, dando paso a una gran variedad de complejos turísticos (villas, hoteles, condominios, etc.)

(Flores-Mejía *et al.*, 2010). Estos tres impactos se demuestran en los cambios efectuados desde el inicio del proyecto de la ciudad de Cancún y su zona hotelera.

3.2. Transformaciones de la superficie de manglar

Las pérdidas y ganancias nos indican, entre las diferentes fechas, la superficie que sufrió alguna transformación, ya sea positiva o negativa, y la superficie que no sufrió algún cambio y se mantuvo relativamente de la misma forma en cómo se encontraba³. Es así que se obtuvo la diferencia, en hectáreas, de cada clase de los periodos indicados en la siguiente tabla (Tabla 5). Es así que en la tabla se muestran números negativos que representan las pérdidas y las cantidades positivas representando las ganancias, todo esto en hectáreas.

Tabla 5. Superficie de ganancias y pérdidas de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté. Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO, 2016.

Ganancias – Pérdidas (hectáreas)	1972 - 1980	1980 - 1985	1985 - 1990	1990 - 1995	1995 - 2000	2000 - 2005	2005 - 2010	2010 - 2015
Clase	Netas (+/-)							
Desarrollo antrópico	1,096	804	458	811	1,204	656	452	26
Agrícola-Pecuaría	113	55	78	-55	-190	49	-4	-30
Otra vegetación	444	-1,004	-236	-392	-845	-528	-411	1
Sin vegetación	-63	-82	193	-366	157	-262	2	14
Manglar	-272	-1,030	-290	-59	373	-82	-17	90
Manglar perturbado	0	0	0	0	0	83	-51	-18
Otros humedales	-1,468	1,261	-146	-209	-505	-311	74	-57
Cuerpos de agua	150	-5	-57	271	-194	395	-46	-26

En todos los periodos se puede observar un aumento constante en la clase de desarrollo antrópico, esto se observa en los mapas de uso de suelo y cobertura vegetal. Es en el último periodo (2010-2015) en donde la ganancia en la superficie

³ Para obtener pérdida y ganancia se restó la superficie del tiempo dos con la superficie del tiempo uno.

de la mancha urbana no fue amplia, a comparación con anteriores periodos, lo cual indica que el crecimiento urbano de la ciudad de Cancún ha sido mínimo.

Siendo Cancún una ciudad turística, la clase *Agrícola-pecuaria* no tiene gran presencia en esta región. Es por esto que la cantidad de superficie para la clase es baja, a comparación con otras clases.

Las clases con mayor transformación en su superficie son: *Otra vegetación*, *Manglar* y *Otros humedales*. Los periodos en donde la pérdida es mayor están relacionados con el desarrollo de la ciudad de Cancún y con su primera década de crecimiento, esto es en el periodo 1972-1980 y 1980-1985. Para las clases de *Otra vegetación* y *Otros humedales* se tiene otro periodo de pérdida de superficie notoria, siendo este periodo de 1995 a 2000. Esta pérdida se debe a una segunda etapa de crecimiento de la ciudad de Cancún y su zona hotelera.

Como menciona Herrera-Silveira, *et al.* (2013), uno de los principales impactos se deriva de la construcción de infraestructura dentro y fuera de la zona en donde se desarrollan los humedales del Sistema Laguna Nichupté, sin considerar diseños y acciones de manejo para no modificar el hidroperíodo, calidad del agua y el balance entre las entradas y salidas de agua del manglar. La falta de una planeación integral en esta zona ha traído como consecuencia el deterioro y muerte de amplias extensiones de vegetación, en específico del manglar.

La pérdida de las tres clases de vegetación (*Otra vegetación*, *Manglar* y *Otros humedales*) esta aunada, como ya se ha comentado, a la expansión urbana de la ciudad de Cancún y del crecimiento de su zona hotelera. Mientras la superficie del *Desarrollo antrópico* aumenta, la superficie de cualquier vegetación presente en la zona disminuye a través de los años.

La cartografía está enfocada a la pérdida y ganancia de la superficie de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, ya que es el objeto de estudio de esta investigación. En el primer período de estudio (1972-1980) la superficie de manglar que se perdió esta aunada a el crecimiento urbano y a la ganancia de superficie de *Otros humedales*. En gran parte de la periferia del Sistema Lagunar

es donde se encuentran las zonas de pérdida, mientras las zonas de ganancia y permanencia se encuentran en el sitio que aquí se indica como núcleo. La zona núcleo se encuentra en la parte oeste de la Laguna Nichupté y alrededor de la Laguna del Amor y de la Laguna Río Inglés.

Para el siguiente período (1980-1985), la superficie de manglar en permanencia es mayor a las zonas de pérdida y ganancia. Para este periodo la superficie de ganancia es menor a comparación con el periodo anterior, mientras que la superficie de perdida es mayor. Lo anterior se debe probablemente por la falta de circulación hidrológica en la zona sur por a la presencia del Boulevard Kukulcan. De este periodo la mitad de la superficie del sistema lagunar se encuentra sin cambios, pero el 34% (1533.77 hectáreas) se perdió debido a un aumento en el área de *Otros humedales*, todo esto en la parte oeste y sur de la zona de estudio. En la parte este se presentó pérdida de manglar debido a la expansión de la zona hotelera, siendo esta la segunda etapa de crecimiento de la zona turística de Cancún.

Se continúa con una mayor permanencia de la superficie de manglar en el periodo 1985-1990. Para el año 1988 se presentaron dos fenómenos hidrometeorológicos en la zona, el huracán Gilberto (categoría cinco) y la tormenta tropical Keith. Este huracán afectó gran parte del estado de Quintana Roo, pero en la cartografía no se presenta una gran pérdida de superficie de manglar.

En el siguiente periodo, que va del año 1990 a 1995, la pérdida de superficie de manglar es menor a la permanencia. Como en los anteriores periodos la pérdida se debe a la expansión urbana de la ciudad de Cancún y de la localidad de Alfredo V. Bonfil, en la parte oeste del Sistema Laguna Nichupté. La existencia de pérdida en otros sitios de la zona de estudio se debe a la forma natural en que se desarrolla el *Manglar* y *Otros humedales*. El manglar es un tipo de vegetación, está vinculada su dinámica biológica con el desarrollo de otros tipos de humedales que se encuentren a su alrededor.

Desde el periodo de años 1995-2000 al último periodo de estudio 2010-2015, la superficie de permanencia del manglar va en aumento, de 2,266.94 hectáreas a 2,822.35 hectáreas; es decir que se ha disminuido la pérdida de manglar.

La superficie que se pierde de manglar está relacionada a la expansión urbana en la zona oeste y este del sitio de estudio. Debido a la interrupción de la circulación hidrológica en la zona sur se alterna la superficie de manglar y otros humedales, por lo que hay una pérdida y ganancia de ambas.

Es importante destacar que en los últimos periodos se ha tenido una mayor conciencia de conservación de la cobertura de manglar y esto se puede observar en el menor número de pérdidas de superficie de esta vegetación (Figura 12). Aunque no se tenga una cantidad mayor de hectáreas en superficie de ganancia, se ha protegido la zona para que la cobertura del manglar permanezca.

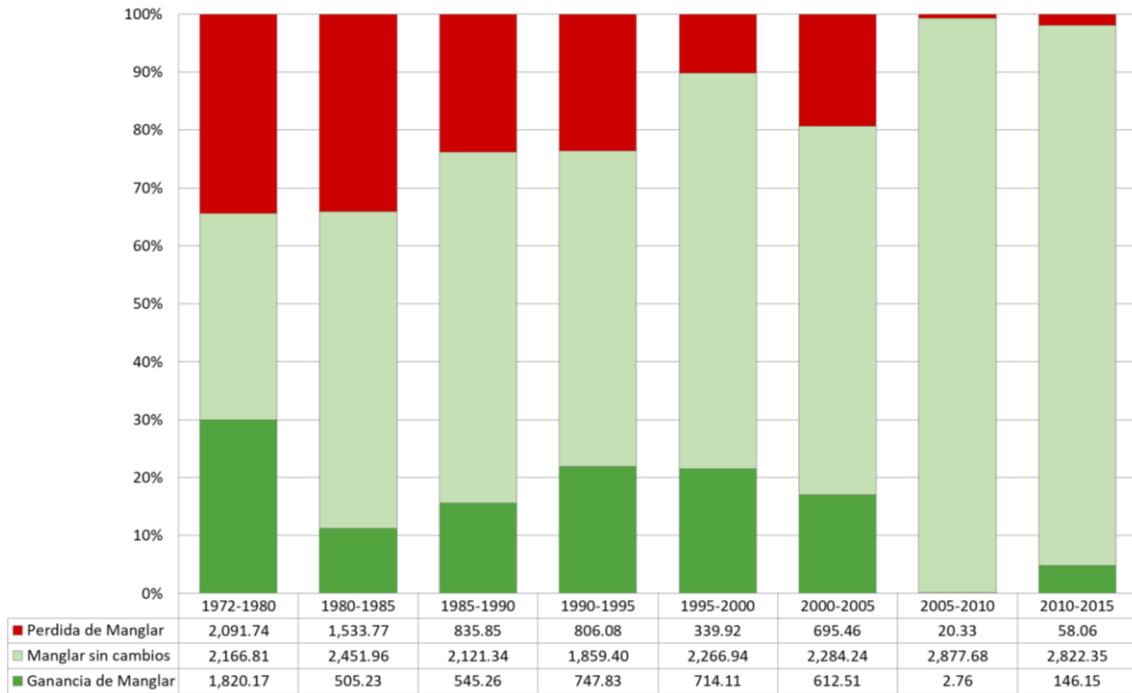


Figura 12. Porcentaje de pérdidas, ganancias y permanencia de la superficie del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté. Fuente: Elaboración propia.

Lo anterior está relacionado con la transformación de esta zona a un Área Natural Protegida en el año 2008, y los beneficios de protección y restauración que esto conlleva.

En el mapa elaborado para el periodo 1972-2015 (Figura 13) se observa que las zonas con mayor pérdida de manglar están relacionadas con las actividades desmedidas, como la construcción de un gran número de hoteles y residencias, que conllevó el acelerado crecimiento urbano de la ciudad de Cancún. Esto dio resultado a una destrucción y degradación del ecosistema, brindando una pérdida de hábitat descomunal para muchas especies.

Como se ha venido comentando, el Sistema Lagunar Nichupté forma parte de un sistema complejo en el que elementos diferentes forman parte para constituir un equilibrio ecológico. Si uno de estos componentes es perturbado los otros elementos se transformarán o nuevas entidades formarán parte del sistema para no perder este equilibrio. Podemos tomar como ejemplo el crecimiento de algas en la laguna Bojórquez por la falta de circulación hidrológica ocasionada por el relleno de ciertas áreas para la construcción de zonas residenciales y turísticas. La afectación de un componente de un sistema complejo puede provocar la afectación de otros elementos que forman parte directa o indirectamente de este sistema, como lo son los arrecifes y praderas submarinas en el caso del Sistema Lagunar Nichupté.

La conversión de los manglares a otros usos puede justificarse si las ganancias son mayores que las pérdidas, pero rara vez se han hecho intentos para evaluarlas plenamente. Es probable que el análisis económico del verdadero valor de los productos y servicios suministrados por los manglares sea esencial en el futuro manejo racional (Hogarth, 2007).

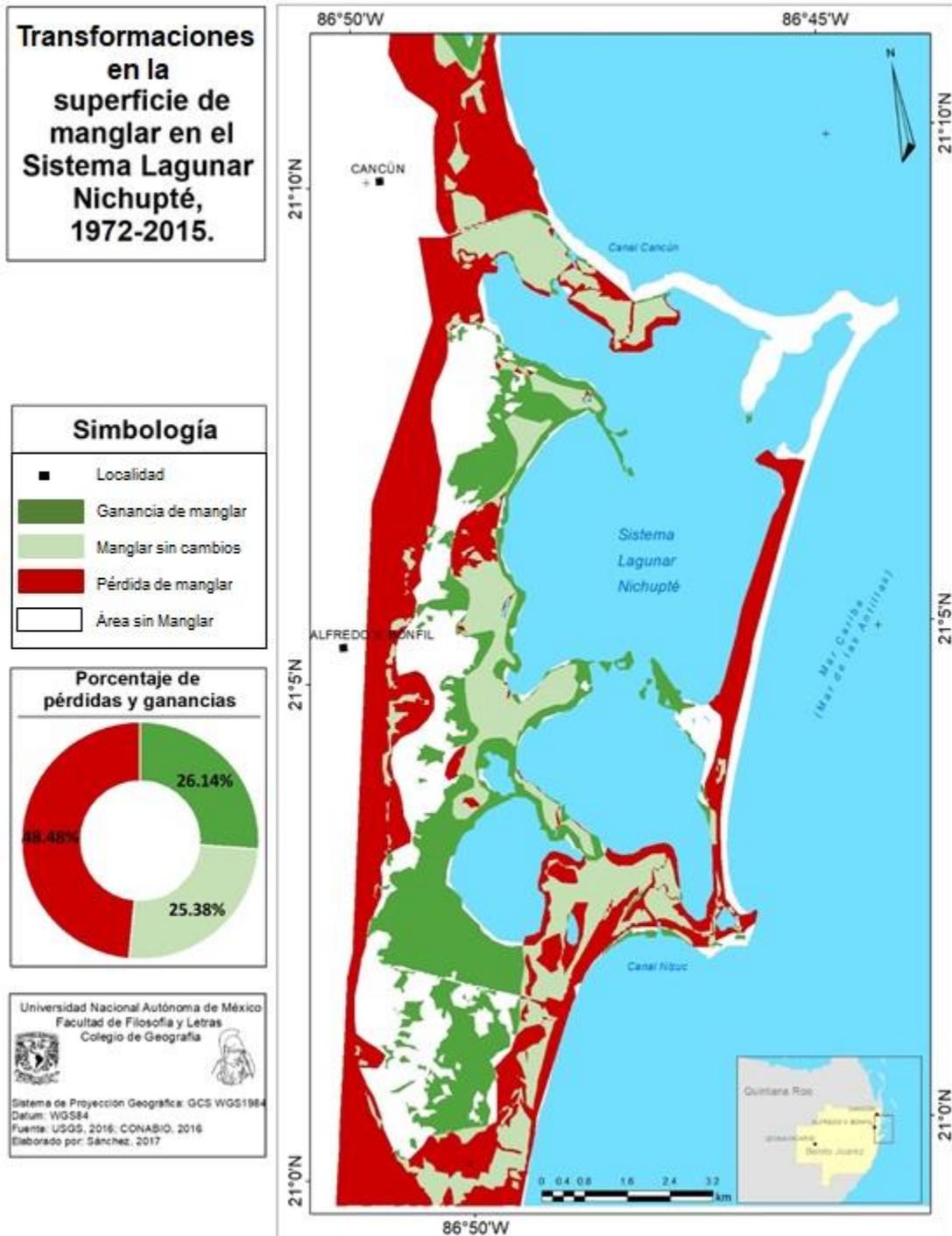


Figura 13. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 1972-2015. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Pérdidas en la superficie de manglar

La superficie de manglar del Sistema Lagunar Nichupté a lo largo de los años sufrió una transformación debido a las actividades humanas. En la Tabla 8 se puede observar la superficie en hectáreas del cambio de manglar a otras clases en los periodos señalados. Y en la Figura 14 se observa el cambio para el periodo bajo estudio, 1972-2015.

En el transcurso de los periodos trabajados se puede percibir la ganancia y pérdida de la superficie del manglar con la clase de *Otros humedales*, por la relación que tienen estas dos coberturas. Lo anterior se puede observar en la zona sur y oeste del Sistema Lagunar, donde el manglar cede superficie de la cobertura de *Otros humedales*, pero también sucede lo contrario, el manglar se desarrolla en superficie definida como *Otros humedales* y los desplaza. Esta dinámica puede ser en mayor o menor cantidad.

También se tiene una fluctuación de superficie de *Manglar* con la clase *Cuerpos de agua* debido a que la temporalidad de las imágenes satelitales utilizadas son tanto de épocas secas como de lluvias, por lo que el nivel de agua puede variar entre los periodos de estudio.

Otra clase que obtuvo superficie a expensas del área de manglar fue la de *Otra vegetación*, esto debido a las condiciones meteorológicas y a las actividades humanas relacionadas al sector terciario.

El único periodo en donde la cobertura de manglar fue sustituida en gran cantidad, 298.83 hectáreas, por la clase *Desarrollo antrópico* es 2000-2005. En este periodo se observa que se perdió gran cantidad de superficie de manglar por la construcción de una zona residencial llamada Puerto Cancún y un club de golf denominado Riviera Cancún Golf Resort. Puerto Cancún se sitúa en una zona completamente de manglar, en la parte norte del Sistema Lagunar Nichupté, este proyecto residencial en su plan maestro contiene una "reserva ecológica" en la parte sur del desarrollo donde es la única superficie de manglar presente en ese sitio. Riviera Cancún Golf Resort se encuentra en la zona sur del sitio de estudio, y

éste tomó parte de la superficie del manglar y otros humedales, dejando a su alrededor gran superficie de manglar perturbado, aproximadamente 60 hectáreas, que para el siguiente año se cambiara a una superficie de *Otros humedales*.

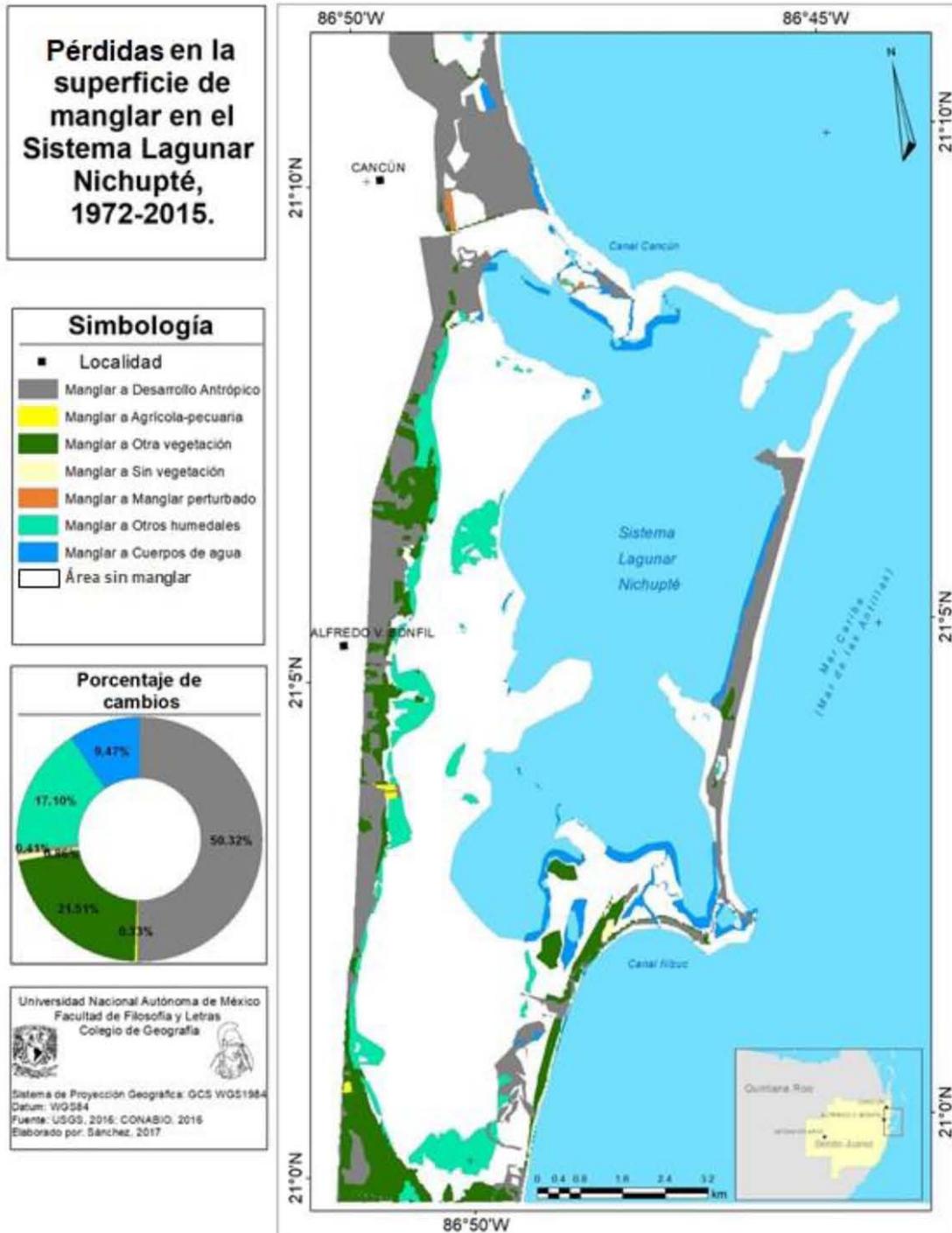


Figura 14. Cambios en la cobertura de manglar con otras clases de 1972-2015.

Conociendo la importancia ecológica de los manglares, sobre todo los del Sistema Lagunar Nichupté, el proceso de conversión de áreas para el desarrollo de actividades productivas es cada vez más intenso y ha llevado al deterioro ambiental, así como a la pérdida definitiva de valiosos recursos naturales y de su funcionalidad ambiental biofísica (Calderón *et al.*, 2014).

Se añadió la clase de *Manglar perturbado* ya que ésta representa la superficie de manglar muerto o en recuperación. Esta clase al paso de los años puede transformarse a otras coberturas, como *Otros humedales* o *Cuerpos de agua*, o también recuperarse y regresar a la clase *Manglar*. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, y otros colaboradores, han realizado desde el 2008 campañas para la restauración y conservación de áreas perturbadas en el Sistema Lagunar Nichupté, como es en el caso de las zonas centro y sur del mismo. Lo anterior solo se puede observar para los periodos de 2005-2010 y 2010-2015 (Figura 15).

A veces las pérdidas han sido mitigadas, o incluso revertidas, por la restauración del hábitat y los programas de replantación de manglares. Ocasionalmente, al igual que las actividades humanas han destruido inadvertidamente los manglares, pueden, involuntariamente, dar lugar a extensiones de mangle (Hogarth, 2007).

Otra vegetación, Otros humedales y Cuerpos de agua son las clases con las que el *Manglar* se transformó en mayor superficie a través de los periodos, esto se debe al cambio de desarrollo del manglar, así como del flujo hídrico existente en el espacio donde el manglar encuentra.

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

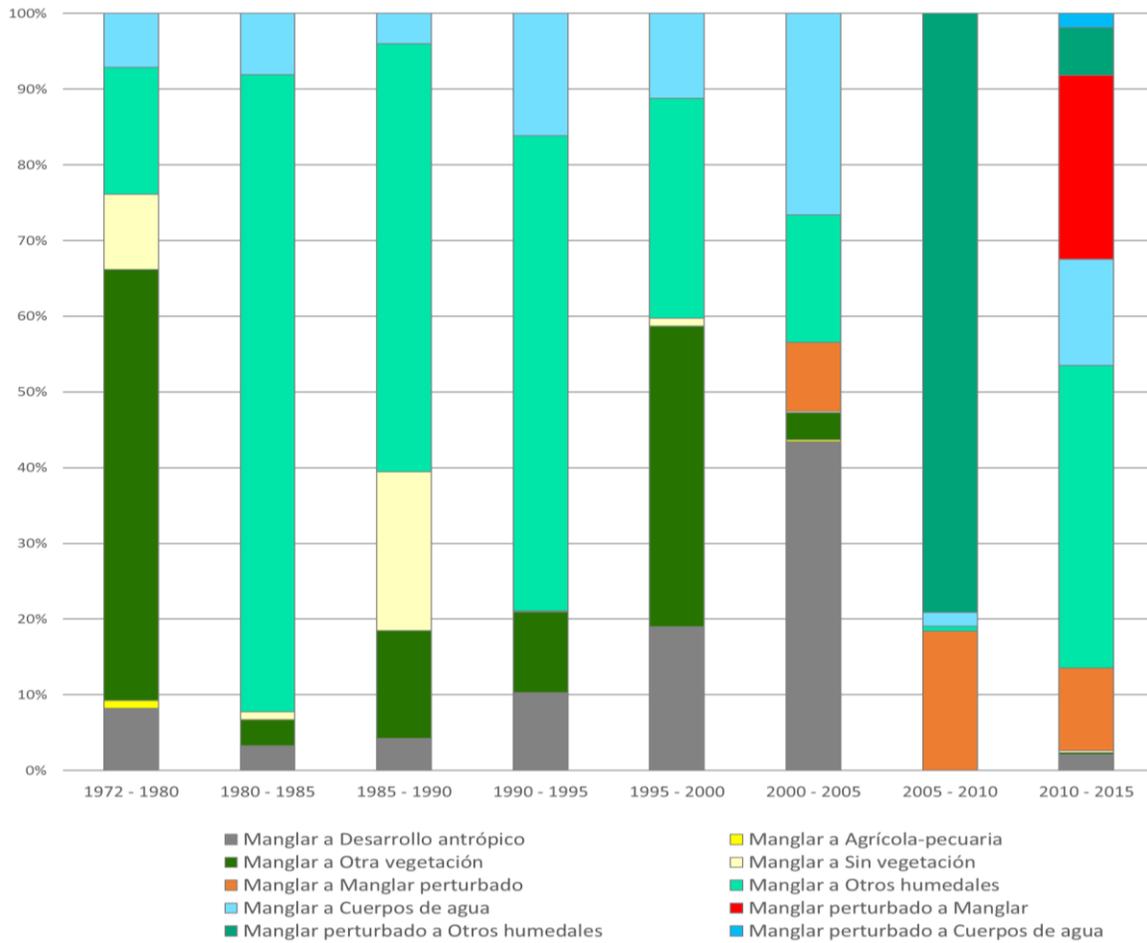


Figura 15. Porcentaje de superficie de los cambios de Manglar a otras clases. Fuente: Elaboración propia con datos de CONABIO.

Es el turismo la actividad que mayor presión ejerce sobre el uso del suelo, especialmente en la zona costera, con la construcción de hoteles e infraestructura turística, donde se deforestan áreas de selva y manglar. Teniendo en cuenta el origen de la ciudad de Cancún, es el turismo el agente causal principal del cambio e impacto a la cobertura del manglar presente en el Sistema Lagunar Nichupté.

Los cambios espaciales en la cobertura del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté se presentan como resultado de la presencia del humano y las transformaciones que conlleva el asentamiento de éste, así como de la aparición de algunos fenómenos hidrometeorológicos en la zona.

Conclusiones

El manglar del Sistema Lagunar Nichupté se encuentra en lo que ahora es un polo turístico muy importante para la derrama económica de nuestro país. Es el turismo el principal factor de cambio en la cobertura de manglar de esta zona.

La ciudad de Cancún y su zona hotelera careció de una visión a largo plazo. No se tuvo presente la probabilidad de que esta ciudad creciera de forma rápida y carente de planificación, así como los impactos ambientales y sociales existentes en la zona. La ciudad de Cancún, siendo uno de los componentes que forman parte del sistema complejo en donde se desarrolla el manglar, ha sido el elemento que más ha presionado el desarrollo del manglar en la zona, al igual que de otros tipos de ecosistemas como lo es la selva baja perennifolia.

Como se ha observado en los resultados de esta investigación, mientras siga creciendo la mancha urbana de la ciudad de Cancún mayor será el impacto en la superficie de vegetación, no solo del manglar si no de cualquier vegetación presente en el Sistema Lagunar Nichupté y de sus alrededores. Es un problema local que también repercutirá de forma regional, nacional y global.

Los servicios ambientales que el manglar brindan a la zona son de gran importancia por las amenazas presentes en las costas de Quintana Roo, siendo el impacto de fenómenos meteorológicos una de las más importantes. Un ejemplo de lo anterior, es el resultado espacial del impacto del huracán Gilberto en 1988 para la cartografía presentada del año 1990 en esta investigación.

Es necesario destacar que el estar alrededor de un centro turístico ha tenido un gran costo para la vegetación en la zona y esto se presenta espacialmente en la cartografía realizada en esta investigación.

Las pérdidas en cuanto a superficie en el Sistema Lagunar Nichupté para los diferentes tipos de vegetación, *Manglar*, *Otros humedales* y *Otra vegetación*, desde la construcción de la ciudad de Cancún, han demostrado que el aumento

poblacional es la principal causa. La ciudad de Cancún actualmente no presenta un aumento tan rápido como lo ocurrido en la década de 1980 hasta el 2000.

Con lo anterior, se puede afirmar que la hipótesis planteada en esta investigación se cumple, ya que los resultados demuestran que la pérdida de cobertura de manglar está aunado a la presión que ejercen las actividades antrópicas y los fenómenos naturales.

Instituciones públicas y privadas, así como Organizaciones No Gubernamentales, se han encargado de la conservación y recuperación del manglar en el Sistema Lagunar Nichupté en la última década, al igual que de la educación ambiental en la zona.

El nombramiento de esta zona como Área Natural Protegida (ANP) no tiene más de 10 años, pero se ha observado que desde su instauración la cobertura de vegetación no ha perdido mayor superficie a comparación con los años anteriores. Aunque el proceso de crecimiento urbano y la presión que ejercen las actividades turísticas en esta zona siguen presentes, la superficie de manglar se ha mantenido y no ha presentado pérdidas mayores.

La superficie ganada a través de los años está relacionada con el mismo equilibrio ecológico que el manglar tiene con su ambiente y con otro tipo de vegetación, en este caso los otros humedales presentes en la zona. También la intervención de trabajos de reforestación en la última década y la rehabilitación hidrológica de ciertas áreas han aportado a que el manglar se desarrolle de mejor forma y siga aumentando su superficie. La ganancia de superficie es notoria en la parte central-oeste del Sistema Lagunar Nichupté, aunado a que es una zona donde el acceso es difícil para los pobladores y turistas de la ciudad de Cancún.

La implementación de herramientas para el monitoreo de la vegetación, tales como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes de satélite, nos brindan una visión diferente a la que se tiene en campo. Nos ayudan a tener una visión más amplia de los elementos que forman parte de cierta zona, para así poder comprender y analizar la dinámica de estos elementos y los fenómenos

existentes. Una investigación multitemporal que brinde datos sobre uso de suelo y el cambio de cobertura aporta información para una mejor comprensión de los elementos existentes, aunado con los fenómenos que se presentan en el sitio de estudio y sus impactos. Lo anterior se debe asociar con una comprensión amplia de la dinámica social y las interacciones del medio ambiente que están presentes en el sitio de estudio.

Se propone la realización de una investigación con mejores insumos para brindar resultados más concretos en cuanto a los tipos de manglares y los cambios de cobertura en áreas más pequeñas. Ya que los insumos utilizados en la presente investigación (imágenes satelitales de Landsat) no poseen una resolución que brinde información más específica.

La utilización de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica juegan un papel fundamental en la obtención de información sobre regiones vastas y con diferentes características. Igualmente la calidad y velocidad en la obtención de esta información proporcionan la ayuda necesaria para la toma de decisiones en diferentes entidades y escalas.

Se deben implementar las medidas necesarias para un aprovechamiento racional y eficaz de los recursos presentes, no solo en el Sistema Lagunar Nichupté, si no en el municipio de Benito Juárez, el estado de Quintana Roo y en todo nuestro país. Así mismo, un seguimiento de los marcos normativos existentes para la protección de los manglares para una mejor conservación del ecosistema y una pérdida de superficie cada vez menor.

La realización de estudios e investigaciones en el cambio de cobertura de manglar es de gran ayuda para la conservación y restauración del ecosistema, así como para el conocimiento de la condición actual e identificación de fuentes de impacto. Además de proporcionar información multitemporal sobre la situación de la cobertura de manglar, este tipo de investigaciones sirven de referencia para las personas e instituciones públicas y privadas que deseen saber del tema y la metodología utilizada.

Fuentes consultadas

- Acharya, G. (2002) "Life at the margins: the social, economics and ecological importance of mangroves" *Madera y Bosques*, Número especial, pp. 53-60.
- Agraz-Hernández, C., (2006). "Diagnóstico ambiental del ecosistema de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté-Bojórquez, Cancún, Quintana Roo. México." México: Universidad Autónoma de Campeche. Centro de Ecología Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México. Informe final SNIBCONABIO proyecto No.BQ006. pp. 139.
- Agraz-Hernández, C., Noriega-Trejo R., López-Portillo, J., Flores-Verdugo, F. y Jiménez-Zacarías, J. (2006). "Guía de Campo. Identificación de los manglares en México" México: Universidad Autónoma de Campeche. pp. 45
- Almenar, R. y Diago, M. (2002) "El proyecto necesario: construir un desarrollo sostenible a escala regional y local." Valencia: Maite. Simon. pp. 33-35.
- Arnold, M. y Osorio, F. (1998). "Introducción a los conceptos básicos de a teoría general de sistemas". *Cinta de Moebio*, 3, Universidad de Chile, Chile [versión electrónica] Obtenida el día 10 de marzo de 2016, en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10100306>
- Babinger, F. (2012) "El turismo ante el reto de peligros naturales recurrentes: una visión desde Cancún". *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 78, pp. 75-88.
- Berlanga, C., García, R., López, J. y Ruiz, A. (2010) "Patrones de cambio de coberturas y usos del suelo en la región costa norte de Nayarit (1973-2000)" *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 72, pp. 7-22.
- Bocco, G. y Urquijo, P. (2013) "Geografía ambiental: reflexiones teóricas y práctica institucional". *Región y Sociedad*, XXV, 56, pp. 75-101.
- Buenfil, J. (ed.). (2009) "Adaptacion a los impactos del cambio climático en los humedales costeros del Golfo de Mexico" [Volumen 2] México: INECC-SEMARNAT. pp. 522-545.
- Calderón, C., Aburto, O. y Ezcurra, E. (2009) "El valor de los manglares" *Biodiversitas*, 82, pp. 1-6.

- Calderón, J., Campos, H. y Rosas, F. (2014) “Contaminación ambiental del sistema lagunar de Nichupté (Cancún- México)” CONAMA y UAMEX. Obtenido el día 24 de agosto del 2015, en: <http://www.conama2014.conama.org/conama2014/download/files/conama2014/CT%202014/1896711299.pdf>
- Carbajal, J. y Chavira, D. (1987) “La contaminación en los Sistemas Lagunar-Estuarinos de las costas mexicanas” Elementos, 10, 3, Vol. 2, pp. 58-64.
- Caso, M. y Garrido, A. (2010). “Impacto potencial de las aguas continentales en la zona costera de México”, en Cotler, H. (coordinadora). “Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización”. México: INECC, SEMARNAT. pp. 162-168.
- Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY) (2010). “Flora Digital: Península de Yucatán” México: Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Obtenido el día 27 de septiembre de 2017, en: http://www.cicy.mx/sitios/flora%20digital/indice_busqueda.php
- Ceccon, E. (2013). “Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales.” México: UNAM. pp. 31-53.
- Chuvieco, E. (2002). “Teledetección Ambiental: la observación de la tierra desde el espacio.” Barcelona: Ariel Ciencia. pp. 455.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2012). “Glosario”. [versión electrónica] Obtenido el día 20 de septiembre de 2015, en: http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/cobertura_suelo/glosario.html
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2016). “EncicloVida”. México: CONABIO. Obtenido el día 27 de septiembre de 2017, en: <http://www.enciclovida.mx/>
- CONANP. (2008). “Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)” [versión electrónica] Obtenida el día 14 de agosto de 2015, en: http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Quintana_Roo/Manglares%20de%20Nichupt%C3%A9/Mexico%20Manglares%20de%20Nichupt%C3%A9%20RIS%20S%20008.pdf

- CONANP. (2015) “Programa De Manejo Área De Protección De Flora Y Fauna. Manglares De Nichupté” [versión electrónica] SEMANART, México. pp. 137.
- CONANP. (2016) “Áreas protegidas decretadas” Obtenida el día 24 de agosto del 2016, en: http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/
- CONAGUA. (2016) “Estaciones climatológicas. Estación 23155”. México: SMN, CONAGUA. Obtenido el día 1 de octubre del 2016, en: <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>
- Contreras, F. (2005). “Humedales costeros mexicanos”, en Abarca, F.J. y Herzig, M. (eds.), “Manual para el manejo y la conservación de los humedales en México”. México: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca-U.S. Fish & Wildlife Service-Arizona Game and Fish Department-North American Wetlands Conservation Council, México pp. 1-25.
- Espinosa, L. (2009) “La teoría general de sistemas en la geografía (elementos teóricos de análisis)”, en Carreto, F., Balderas, M. y Monroy, J. “Fundamentación teórico-metodológica del cuerpo académico. Análisis geográfico regional”. México: UAEMEX. pp. 121-122.
- Espinosa-Coria, H. (2013) “El origen del proyecto turístico Cancún, México. Una valoración de sus objetivos iniciales a 42 años de su nacimiento.” Revista LiminaR. Estudios Sociales y Humanísticos, año 11, vol. XI, núm. 1, enero-junio de 2013, México, pp. 154-167.
- FAO. (1995). “Guía Metodológica Para La Formulación E Implementación De Planes Locales Para El Desarrollo De La Acuicultura (PLANDAC) En Áreas Lagunares Costeras De México.” [versión electrónica] México: SMARNPSP Y ONUAA. Obtenido el día 15 de septiembre de 2015, en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AC594S/AC594S00.htm>
- Fernández de Lara, A. (2009). “Cancún. Las contradicciones socio-ambientales de un desarrollo turístico integralmente planeado 1970-2000”. en Macías C. y Pérez R. (compiladores), “Cancún: los avatares de una marca turística global”. México: Bonilla Artigas, pp. 205-224.
- Flores, F., Agraz, C. y Benítez, D. (2007) “Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación”, en Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano, L. (ed.). “Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México”. México: INECC, SEMARNAT. pp. 147-166

- Flores-Mejía, M., Aguirre-Vallejo, A., Flores-Hernández, M. y Guardado-Govea, X. (2010) "El impacto que produce el sector turismo en los manglares de las costas mexicanas". *ContactoS*, 77, pp. 33-38.
- Foley, J., Defries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, I., Ramankutty, N. y Snyder, P. (2005), "Global consequences of land use", *Science*, 309, pp. 570–574.
- FONATUR. (2016) "Cancún: Información General", FONATUR. Obtenido el día 21 de julio de 2016, en: http://www.fonatur.gob.mx/es/proyectos_desarrollos/cancun/index.asp
- García, E. (1973) "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de México" México: UNAM, Instituto de Geografía. pp. 252
- García, R. (2006) "Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria". Barcelona: Editorial Gedisa. pp. 200.
- García, W. (sin fecha) "El sistema complejo de la cuenca hidrográfica". Universidad Nacional de Colombia, página de la Facultad de Ciencias Agropecuarias .Obtenido el día 1 de abril de 2016, en : http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf
- García de Fuentes, A. (1979) "Cancún: Turismo y subdesarrollo regional". México: UNAM, Instituto de Geografía. pp. 128.
- Herrera-Silveira, J. y Morales-Ojeda, S. (2010) "Lagunas costeras", en Duran, R. y Méndez, M. (eds.) "Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán". México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA, pp. 24.
- Herrera-Silveira, J., Teutli, H., Zaldívar-Jiménez A., Pérez-Ceballos R., Carrillo B. L., y Cortés B. Octavio. (2013) "Caracterización y Diagnóstico de los manglares del ANP "Manglares de Nichupte", para su conservación y restauración". Reporte Técnico Final. CINVESTAV/FF y CM/CONANP/. pp. 63.
- Hogarth, P. J. (2007) "The biology of mangroves and seagrasses". Oxford: Oxford University Press. pp. 273.
- INEGI. (1990) "XI Censo General de Población y Vivienda". México: INEGI.

- INEGI. (2000) "XII Censo General de Población y Vivienda". México: INEGI.
- INEGI. (2010) "Censo de Población y Vivienda". México: INEGI.
- Jordán, E., De la Torre, R. y Angot, M. (1977). "Prospección biológica de la laguna Nichupté, Cancún, Q. R., México: nota científica". México: Universidad Nacional Autónoma de México, Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Obtenido el día 16 de agosto del 2017, en: <http://biblioweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/centro/1978-1/articulo41.html>.
- Kamaruzaman, J y Kasawani, I. (2007). "Imaging spectrometry on mangrove species identification and mapping in Malaysia". WSEAS transactions on biology and biomedicine, Issue 8, Volume 4, pp. 118-126.
- Kasperson, J.X., Kasperson, R.E., Turner, B.L. II (Eds.). (1995) "Regions at Risk: Comparisons of Threatened Environments". Tokio: United Nations Univ. Press.
- Lambin, E. (1997a). "Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions" *Progress in Physical Geography*, 21, 3, pp. 375-393.
- Lambin, E. (1997b). "Modelling deforestation processes: a review tropical ecosystem environment observations by satellites". European Commission Joint Research Center-Institute for Remote Sensing Applications- European Space Agency, Luxembourg, TREE Series B., Research Report No. 1.
- Lambin, E., Turner, B.L., Gesit,h., Agbola, S., Angolien, A., Bruce, J., Coomes, O., Dirzo, R., Fischer, G., Folke, C., George, P.S., Homewood, K., Imbernon, J., Leemans, R., Li, X., Moran, E., Mortimore, M., Ramakrishnan, P.S., Richards, J., Skånes, H., Steffen, W., Stone, G., Svedin, U., Veldkamp, T., Vogel. C. y Xu, J. (2001). "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths" *Elsevier Science, Global Environment Change*, (11), pp. 261-269.
- Lambin, E. (2006). "Land-use and Land-cover change". *Local Processes and Global Impacts*, Springer, pp. 41-42,117-135.
- Lara-Lara, J., Arreola, J., Calderón, L., Camacho, V., Lanza, G., Escofet, A., Espejel, M., Guzmán, M., Ladah, L., López, M., Meling, E., Moreno, P., Reyes, H., Ríos, E., Zertuche, J. (2008). "Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales", en "Capital natural de México", Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. México: CONABIO. pp. 109-134.

- López, J. y Ezcurra, E. (2002) "Los manglares de México: una revisión". Madera y Bosques, Número especial, pp. 27-51.
- Lugo, A. (2002). "Conserving Latin American and Caribbean mangroves: issues and challenges". Madera y Bosques, Número especial, pp. 5-25.
- Lugo, J. (2011). "Diccionario Geomorfológico". México: UNAM, Instituto de Geografía. pp. 133-134, 371.
- Mas, J.F. y Fernández, T. (2003). "Una evaluación cuantitativa de los errores en el monitoreo de los cambios de cobertura por comparación de mapas." Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, (51), pp. 73-87.
- Mas, J.F., Velázquez, A. y Couturier, S. (2009). "La evaluación de los cambios de cobertura / uso de suelo en la República Mexicana". Investigación ambiental, 1 (1), pp. 23-39.
- Marsh, W. y Grossa, J. (1996) "Environmental geography: science, land use and earth systems" New York: J. Wiley. pp.
- Matteuci, S. y Buzai, G. (Eds.). (1998). "Sistemas ambientales complejos: herramientas de análisis espacial". Buenos Aires: Eudeba y Universidad de Buenos Aires. pp. 454.
- Mendoza, M., Velázquez, A., Larrazábal, A. y Toledo, A. (2007). "La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo". En Atlas fisicogeográfico de la cuenca del Tepalcatepec. México: SEMANART, CIGA, INECC. pp. 52.
- Mertens, B., Sunderlin W. D., Ndoye O. y E. Lambin (2000), "Impact of macroeconomic change on deforestation in South Cameroon: integration of household survey and remotely-sensed data", World Development, 28, (6), pp. 983–999.
- Omayá, K. y Castillo, A. (2006) "Manejo, conservación y restauración de recursos naturales de México." México: UNAM, Sigo XXI, pp. 183
- Osuna-Osuna, A., Díaz-Torres, J., De Andan-Sánchez, J., Villegas-García, E., Gallardo-Valdez, J. y Dávila-Vázquez, G. (2015). "Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994 – 2010." Revista Ambiente & Agua, 10 (2), pp. 351-352.

- Pérez, G. y Carrascal, E. (2000). “El desarrollo turístico en Cancún, Quintana Roo y sus consecuencias sobre la cubierta vegetal”. Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 43, pp. 145-166.
- Pineda, N., Bosque, J., Gómez, M. y Plata, W. (2009) “Análisis de cambio del uso del suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación.” Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 69, pp. 33-52.
- Programa Universitario México, Nación Multicultural. (PUMNM) (2009). “Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana” México: UNAM. Obtenido el día 27 de septiembre de 2017, en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/atlas.php?letra=C&mo=moe&nombre=botanico>
- RAMSAR. (2014). “Criterios para Sitios Ramsar. Criterios para la Identificación de Humedales de Importancia Internacional.” The Ramsar Convention Secretariat. Obtenido el día 20 de julio de 2016, en: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/ramsarsites_criteria_sp.pdf
- Reyes, H., Aguilar, M., Aguirre, J. y Trejo, I. (2006) “Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000.” Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 59, pp. 26-42.
- Rodríguez-Zúñiga, M., Troche-Souza C., Vázquez-Lule, A., Márquez-Mendoza, J., Vázquez-Balderas, B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López, M., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo-Mac Donald, L. y Galindo-Leal, C. (2013). “Manglares de México. Extensión, distribución y monitoreo”. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 128.
- Rosete, F., Pérez, J. y Bocco, G. (2008). “Cambio de uso del suelo y vegetación en la Península de Baja California.” Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 67, pp. 39-58.
- Sánchez, O., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R. y Zambrano, L. (ed.). “Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México”. México: INECC, SEMARNAT. pp. 293.

- Sanjurjo, E. (2001). "Valoración Económica de Servicios Ambientales Prestados por Ecosistemas: Humedales en México". México: SEMARNAT, INECC. pp. 46.
- Schimel, D., Kittel, T., Knapp, A., Seastedt, T., Parton, W. y Brown, V. (1991). "Physiological interactions along resource gradients in a tallgrass prairie". *Ecology*, pp. 672-684.
- Seingier, G., Espejel, I. y Fermán, J. (2009). "Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana". *Investigación ambiental*, 1, 1, pp. 54-69.
- SEMARNAT. (2013) "RAMSAR". SEMARNAT. Obtenido el día 20 de julio de 2016, en: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/agenda-internacional/ramsar>
- SEMARNAT. (2014) "Áreas Naturales Protegidas" SEMARNAT. Obtenido el día 20 de julio de 2016, en: <http://www.conanp.gob.mx/regionales/>
- Spedding, C. (1979). "An Introduction to Agricultural Systems". Londres: Applied Science Publishers, pp. 18.
- Tarride, M. (1995) "Complejidad y sistemas complejos" *História, Ciências, Saúde, Manguinhos*, 2, 1, pp. 46-66.
- Thomassiny, J. y Chan, E. (2011) "Cambios en el uso de suelo". en Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (editoras). "Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación", México: ECOSUR, CONABIO, Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), Tomo I, pp. 132-133.
- Tovilla-Hernández, C. (1998). "Ecología de los bosques de manglar y algunos aspectos socioeconómicos de la zona costera de Barra de Tecoanapa, Guerrero, México". Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Turner, B. y Meyer, W. (1991). "Land use and land cover in global environmental change: considerations of study." *International Social Science Journal*, 43, 130, pp. 669-679.
- Turner, B., Moss, R. y Skole, D. (1993) "Relating land use and global land cover change: a proposal for an IGBP-HDP core project." Stockholm: Royal Swedish Academy of Sciences. pp. 65.
- UNESCO. (s/f) "Glosario." Obtenido el día 15 de septiembre 2015, en: <http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/glossary.html>

- Vázquez-Lule, A., Santos-González, P. y Adame, M. (2009) “Caracterización del sitio de manglar Nichupté”, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) “Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica”. México: CONABIO. pp. 17.
- Veldkamp, A. y L. O. Fresco (1996), “CLUE: a conceptual model to study the conversion of land use and its effects”, *Ecological Modeling*, 85, pp. 253-270.
- Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J. y Melillo, J. (1997). “Human domination of Earth’s ecosystems”. *Science*, pp. 494-499.

Anexos

Tabla 6. Inventario de flora del Sistema Lagunar Nichupté. Fuente: PUMNM, 2009; CICY, 2010; CONANP, 2014; CONABIO, 2016.

Nombre científico (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Blechnum brownei</i>	Cancerillo, Olotillo
<i>Bravaisia berlandieriana</i>	Juluub
<i>Justicia campechiana</i>	Damiana
<i>Justicia carthaginensis</i>	Cruz k'aax, Took' sits', Aka' xiiw
<i>Justicia lundellii</i>	Aka' xiiw, Tok'iil xiiw
<i>Ruellia nudiflora</i>	Hierba de la calentura, Hierba lombriz, Xiote, Berraco xiiw, Cruz xiiw, Che'su'uk, Kabal xa'an, Kabal ya'ax niik, Pajkanul, Xana mukuy
<i>Agave angustifolia</i>	Henequén de playa, Kij, ch'elem, Ch'elem kij, Xix kij
<i>Beaucarnea pliabilis</i> (AMENAZADA)	Despeinada, Pata de elefante, Ts'iipil
<i>Sesuvium portulacastrum</i>	Verdolaga de la playa, Cenicienta, Cenicilla, Chamis, Vidrillo, Tsaycan, Ts' aykan
<i>Trianthema portulacastrum</i>	Verdolaga de caballo
<i>Alternanthera ramosissima</i>	Amor seco del monte, Zacmuul, Sak pool tees, Xch'ala'at tsiimin
<i>Amaranthus hybridus</i>	Quelite, Quintonil
<i>Amaranthus spinosus</i>	Quelite de puerco, Quintonil espinoso
<i>Gomphrena dispersa</i>	Amor seco, Inmortal
<i>Iresine canescens</i>	S/D
<i>Iresine flavescens</i>	S/D
<i>Hymenocallis littoralis</i>	Azucena de agua, Lirio de las costas, Lirio Araña
<i>Metopium brownei</i>	Palo de rosa, Chechén negro, Cheechem, Boox cheechem
<i>Annona glabra</i>	Corcho, Palo de corcho, Árbol de corcho, Anona, Mak', Mak'che'
<i>Echites umbellate</i>	Aak'its, Chak kaankel
<i>Echites yucatanensis</i>	Loroco de zope, Cruz-ojo, Biperol, Kalis aak'

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Plumeria obtusa</i>	Cojon de toro, Flor de mayo, Aak'its, Nikte' ch'oom
<i>Rhabdadenia biflora</i>	S/D
<i>Thevetia gaumeri</i>	Campanita de oro, cojón de gato, Cojón de toro, Akits, Sakits
<i>Urechites andrieuxii</i>	Contrayerba, Bejuco guaco, Cantibteac, Solen ak'
<i>Anthurium schlechtendalii</i>	Boxk uuts, Pool boox
<i>Phylodendron hederaceum</i>	Camote de sargotín, Lengua de vaca, Ak'al-k'umché
<i>Asclepias curassavica</i>	Cancerina, Algodoncillo, Adelfilla, Venenillo, Pool kuuts', Anal xiiw, Anal k'aak
<i>Batis maritima</i>	Alambriillo, Mañanita de la mar, Perejil silvestre, Robadilla, Saladilla, Saladillo, Ts'aay kaan
<i>Arrabidaea floribunda</i>	Bejuco morado, Anil aak', Anilkab, Bilin aak', Kan-tiits-ak, Sak aak', Sak-ak, X-bakel-ak, Xbilink'on
<i>Crescentia cujete</i>	Ayale, Cirian, Guaje, Gusano, Güiro, Jicara, Jicarillo, Jícara, Jícaro, Morro, Palo de huacal, Tecomate, Árbol de las calabazas, H-was, Huas, Huaz, Luch, Lunch, Luuch, Waas
<i>Cydista aequinoctialis</i>	Ajillo, Bejuco colorado, Bejuco de ajo, Bejuco quemador, Vaquero blanco, Chakanikab, Chaknetolok, X-kolak, Xkolak, Zolak
<i>Cydista diversifolia</i>	Anilkab, Bilin ko'ok, Chak nej tolok, Chaknetolok, Sak aak', Sool aak', X-kolak, Xkolak, Zolak
<i>Ceiba aesculifolia</i>	Algodoncillo, Ceiba, Pochote, Puchote, Ceibo, Ch'oo, K'inim, Kuch, Kuché, Piim, Piim yaxche, Piin, Ya'ax-che, Ya'ax-ek, Ya'axche, Yaxché
<i>Cordia sebestena</i>	Anacahuite, Ciricote, Siricote, Siricote blanco, Siricote de playa, Kopte, K'opte, Sak k'oopte, K'oopte'
<i>Ehretia tinifolia</i>	Roble, Manzanilla, Manzanita, Naranjillo, Palo prieto, Palo verde, Pingüico, Rayado, Sauco, Toronjil, Trueno, Be-ek, Bec, Beck, Bee-roble, Beeb, Beec, Beek
<i>Heliotropium curassavicum</i>	Cola de alacrán, Cola de escorpion, Cola de gato, Cola de mico, Hediondilla, Heliotropio salado, Hierba de fuego, Hierba de sapo, Rabo de mico, Chile max, Nej ma'ax, Nemaax, Sinan-xiw, Ts'ats', Xch'u'
<i>Tournefortia gnaphalodes</i>	Tabaquillo Español; K'an chooch, Siki-may
<i>Aechmea bracteata</i>	Bromelia, Gallito, Lirio, Piña, Chacana, Chak-kanahzihii, Chak-kanal-sihil, Chu, Neh ku'uk, X-k'eo, Xeu
<i>Bromelia alsodes</i>	Bromelia, Chak salbay
<i>Bromelia pinguin</i>	Bromelia, Piñuela, Piñuelita, Ch'om, Chom, Chuchuk che', Hman
<i>Tillandsia fasciculata</i>	Bromelia, Gallito, Gallitos, Piña, Chu, Chuk, Kanal-sihil, Kanazihil, X-ch'ú
<i>Tillandsia usneoides</i>	Heno, Barba española, Bromelia, Gallitos, Paxtle, Sooskil chaak, Soskil-chaal, Xooskil chaak
<i>Bursera simaruba</i>	Mulato, Palo chino, Palo colorado, Palo jiote, Palo mulato, Palo retinto, Papelillo, Piocha, Quiote, Chakah, Chakaj,
<i>Acanthocereus tetragonus</i>	Cruceta, Nuum tsuutsuy, Tsakam, Nopal de cruz, Nopal de tres lomos, Nopal estrella, Pitahaya
<i>Hylocereus undatus</i>	Pitahaya, Pitahaya orejona, Pitajaya, Pitaya, Tasajo, Sak-wob, Uo, Uob
<i>Selenicereus donkelaarii</i>	Pitayita nocturna, Pitajaya, Pitayita nocturna chohkan, Sabakelkan, Tsakam-ak, Zak-bakel-kam
<i>Capparis flexuosa</i>	Jos, Anona, Bokanché, Chuchuk che', Xbayumak, Xpayumak, Xpayunak, Yoon xiiw
<i>Capparis incana</i>	Matagallina, Vara blanca, X-koh-ché

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Carica papaya</i>	Fruta bomba, Papaya, Papaya cimarrona, Papaya criolla, Papayo, Zapote, Ch'iich', Ch'iich' puut, Puut
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina, Ciprés, Pino, Pino de playa
<i>Elaeodendron xylocarpum</i>	Zapote de costoche, Chooch kitam, Sak boob, Sak cheechem
<i>Maytenus phyllanthoides</i>	Mangle dulce, Agua bola, Granadilla, Granadillo, Mangle, Palo blanco, Sak-ché
<i>Salicornia bigelovii</i>	Bigelow's Pickleweed, Dwarf Glasswort
<i>Suaeda mexicana</i>	Quelite
<i>Conocarpus erectus</i> (AMENAZADA)	Botoncillo, Mangle botoncillo, Mangle prieto, Gusano, Laurelillo, K'an che'
<i>Laguncularia racemosa</i> (AMENAZADA)	Mangle blanco, Mangle bobo, Mangle chino, Sak okom, Sak oljom, Sak-okom, Tsak oljom
<i>Terminalia cattapa</i>	Almendra, Almendra, Almendra
<i>Commelina erecta</i>	Flor de la virgen, Hierba de lluvia, Cantillo, Pah-tsa, Paj ts'a, X-habul-ha', Ya'ax-ha-xiu
<i>Ambrosia hispida</i>	Altanisa de mar, Margarita de mar, K'an lool xiiw, Muuch' kook
<i>Ageratum gaumeri</i>	Flor de San Juan, Pasmal xiiw, Aak'umbil, Chi'ch'ibe', Sak jaway, Taulum, Tsatsilché, Zakmisib
<i>Ageratum litorales</i>	Cape Sable Whiteweed
<i>Ageratum maritimum</i>	Hauay-ché, X-ta'ulum, X-ta'ulumil
<i>Bidens pilosa</i>	Acahual, Acahual blanco, Aceitilla, Aceitillo, Amor seco, Corrimiento, Té de milpa, Chichik-xul, K'an-mul, Matsab-kitam
<i>Borrhichia frutescens</i>	Saladillo, Verdolaga del mar, K'an lool xiiw, Tsooj
<i>Eupatorium daleoides</i>	S/D
<i>Flaveria linearis</i>	Anis xiiw, K'an lool xiiw, K'anlol-xiu, X-k'anlo-xiu
<i>Melanthera nivea</i>	Totalquelite, Levisa xiiw, Sak sajum, Sak sooj, Sooj, Soot'kay, Toplan xiiw, Ts'aan top'an xiiw
<i>Pluchea odorata</i>	Hierba de Santa María, Santa María, Tok'aban, Chal che'
<i>Porophyllum punctatum</i>	Mal de ojo, Quelite, Keliil, Pech'uk-il, Susuk xiiw, Tu' xiiw, Uk'che, Uk'iil, Uuk'che', Uuk'xiiw, Xpechuekil
<i>Viguiera dentata</i>	Chamiso, Girasol, Tajonal, Ta, Tah, Taj, Sak xo' xiiw
<i>Evolvulus alsinoides</i>	Ojitos azulitos, Pico de pájaro, Jaway, Xia xiiw, Xia-xiu
<i>Ipomoea crinicalyx</i>	Trompillon, Is aak'il, Ke'elil, Tu' xikin, Tu'xi-kin
<i>Ipomoea imperati</i>	Chokobkat, Beach morning glory
<i>Ipomoea pes-caprae</i>	Bejuco de mar, Bejuco de playa, Campanilla, Riñonina
<i>Ipomoea violacea</i>	Manto del cielo, Riñonina
<i>Jacquemontia nodiflora</i>	S/D
<i>Merremia aegyptia</i>	Campanilla, Trompillo, Tso' ots' aak', Tsots-ak'
<i>Cakile lanceolata</i>	Coastal Searocket
<i>Cuscuta americana</i>	Tripa de Judas, K'an-le-kay
<i>Halodule wrightii</i>	Pasto de los bajos
<i>Cladium jamaicense</i>	Cortadera, Zacate, Jol che', Puuch, Puj, Su'uk
<i>Cyperus articulatus</i>	Carricillo, Chintule, Cola de caballo, Junquillo, Molinillo, Tule, Ta'uuk', Toop'tuux, Tu', Tuk ux, Tupux su'uk
<i>Eleocharis caribea</i>	S/D
<i>Eleocharis cellulosa</i>	S/D

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Fimbristylis sp.</i>	Zacate
<i>Fimbristylis cymosa</i>	Ki'ch'em
<i>Rhynchospora cephalotes</i>	Botoncillo
<i>Rhynchospora colorata</i>	Whitetop sedge
<i>Rhynchospora holoschoenoides</i>	S/D
<i>Pteridium caudatum</i>	Helecho, Southern Brackenfern
<i>Dioscorea densiflora</i>	Barbasco, Barbasquillo
<i>Diospyros cuneata</i>	S/D
<i>Diospyros verae-crusis</i>	Coyolillo, Zapotillo
<i>Muntingia calabura</i>	Capafincil, Capulincillo, Capulín, Ciruelas
<i>Erythroxylum confusum</i>	Cascarillo, Tooso, Smoke Wood
<i>Cnidoscopus souzae</i>	Chaya silvestre, Mala mujer, Ts'iim, Ts'iim chaay, Tsah
<i>Croton punctatus</i>	Hierba del jabalí, Sak chuum, Sak-chukum
<i>Drypetes lateriflora</i>	Huesillo, Ekulub, Ixi'im che', Ixiim che, Izinche, K'ulu', Sin che', Xi' in xhe', Éek k'ulu'
<i>Euphorbia buxifolia</i>	S/D
<i>Gymnanthes lucida</i>	Ts'iitil, Tsi liil, Tsilil, Ya'ay tiik, Yaiti, Yaytil
<i>Jatropha gaumeri</i>	Piñón, Pomolche, Piñón, Pomol che', Pomolché, X-pomolche', Xpomolché
<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla, Jarilla, Paragüilla, Sombrilla, K'o'och, K'ooch, X-k'ooch, X-koch, Ya'ax k'ooch, Éek lu'um
<i>Scaevola plumierii</i>	Chunup, Coastal Inkberry
<i>Andropogon glomeratus</i>	Cola de zorra, Ch'it su'uk, Ch'it-suuk, Suuk
<i>Cenchrus echinatus</i>	Zacate cadillo, Mul, Muul
<i>Cenchrus incertus</i>	Abrojo, Abrojo roseta, Cadillo, Mul
<i>Chloris virgata</i>	Barba de chivo, Barbas de indio, Me'ex nuk xiib, Meex-maseual, Wak toop su'uk
<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Pasto pata de pollo, Chimes su'uk, Chimes-suuk, K' an toop su'uk
<i>Distichlis spicata</i>	Huizapol, Baakel aak'
<i>Eustachys petraea</i>	Barbas de indio, Zacate, Boox ya'ax su'uk, Box-ya'suuk, Oox toop su'uk, Ox-tpo suuk
<i>Lasiacis divaricata</i>	Carricillo, Carrizo, Carrizo de ratón, Mehensit, Siit, Sit, Taabil si'
<i>Monanthochloe littoralis</i>	Pasto de pantano salado
<i>Panicum maximum</i>	S/D
<i>Paspalum fasciculatum</i>	Camalote
<i>Rhynchelytrum repens</i>	S/D
<i>Sporobolus virginicus</i>	Ch'ilibil su'uk
<i>Distichlis spicata</i>	Huizapol, Baakel aak'
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo, Jalal, Sak jalal, Sak-halal, Zachalal
<i>Clusia flava</i>	Memelita, Chunup, Chuunup, K'an chuunup
<i>Hippocratea excelsa</i>	Cancerina
<i>Thalassia testudinum</i>	Hierba de tortuga, Pasto de tortuga
<i>Cassytha filiformis</i>	Fideo de monte, K'an le' kay
<i>Nectandra coriacea</i>	Laurel verde, Palo de gas, Jobon che', Jok che', Sip che'
<i>Acacia collinsii</i>	Cornezuelo, Torito, Árbol del cuerno, K'ix, xcanan, Subin,

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

	Subin che, Subin che', Subí, Tsubin
<i>Acacia dolichostachya</i>	Xaax, Kaanbal piich, Kabal piich, Subte, Subín
<i>Bauhinia divaricata</i>	Pata de cochino, Pezuña de venado, May wakax, Smaay wakax, Took', Ts' runtook, Ts' ulub took', Ts'ulub-tok, Tsububtoc, Tusomeltoc, U-ts'omel-tok'
<i>Bauhinia jenningsii</i>	Pata de vaca, Sak ts' ulub took', Tsiimim ts' ulub took'
<i>Caesalpineia bon-duc</i>	Haba de mar, Cojón de gato, Contra ojo, Garrapata de playa
<i>Caesalpineia gaumeri</i>	Kitam che', Citinché, K'itamché, Kitam che', Kitim che', Kitiinche', X-kitin-ché, Xkitiin che'
<i>Calliandra belizensis</i>	Barba de viejo, Capulín de corona
<i>Canavalia maritima</i>	S/D
<i>Centrosema virginianum</i>	Gallito, Bu'ul che', Cantsin, Chi' ikam t'u'ul, Ib che', K'antsin
<i>Cracca mollis</i>	S/D
<i>Crotalaria pumila</i>	Chipil, Garbancillo, Hierba del cuervo, Tronador, Tronadora
<i>Dalbergia glabra</i>	K'uxub-tooch, Kabal muk, Kibix, Muk, X-ok enkab
<i>Delonix regia</i>	Framboyán, Flamboyán, Malinche, Tabachín, Árbol de fuego, Árbol del fuego Español; Chak lool ché, Maaskab che', Maskab che'
<i>Gliricidia sepium</i>	Cacahuananche, Cocuite, Sak, Sak ya' aab
<i>Haematoxylum campechianum</i>	Palo de Campeche, Palo de tinta, Palo tinto, Tinto, Bonche', Ec, Ek, Kikche, Tooso boon che', Éek
<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje blanco, Tumbapelo, Guachín, Huatsin, Huaxe, Uaxim, Waaxim, Xaxim
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	Mata buey, Palo de aro, Palo fierro, K'anasin, K'ansin, K'antsin, Kantzin
<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Tsalam, Bo'ox salam, Dzalam, Tsalam, Tzalam, Tzukt'e, Tzukté, Zalam
<i>Mimosa bahamensis</i>	Motita morada, Sak káatsim, Sak-katsin, Saskatzim, Zak-katzim
<i>Mimosa pudica</i>	Dormilona, Muts'il xiw, Xmumuts, Xmutz
<i>Piscidia piscipula</i>	Barbasco, Haabí, Haabín, Habí, Ja' abim, Ja'abin, Jabí, Jabín, Ja'abin, Ya' ax ha' abin, Yaxmojan
<i>Pithecellobium dulce</i>	Guamúchil, Chucum blanco, Pili' il, Sak chukum, Suy che', Ts uy che', Ts' ib che', Ts' in che, Ts'uni'che, Tsiw che'
<i>Pithecellobium keyense</i>	Tsiw che', Xiak-k'aax, Ya'ax k'aax
<i>Senna racemosa</i>	K'aan ja'abin, Kan lol, Xk'an toplaston
<i>Sophora tomentosa</i>	Necklace pod, Sea-coast Laburnum
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	Grosella, Nance agrio, Nance blanco, Nance de monte, Nanche, Chi', Nance, Sak paj, Zakpah
<i>Hampea trilobata</i>	Majagua, Majahua, Majaua, Hol, Jóol, K'an jóol, Sak iitsa', Toobhoop, Xhail, Zakitza
<i>Malvaviscus arboreus</i>	Altea, Manzanilla, Manzanillo, Manzanita, Molinillo, Bisil, Taman ch' iich', Taman che', Taman-che'ich
<i>Sida acuta</i>	Escoba, Escobilla, Licopodio, Malva, Malva amarilla, Malva blanca, Malva colorada, Malva de castilla, Malvavisco, Ch'chibé, Chi'chi' bej, Chichibe, Chik'ich-bek'aak, K'aax
<i>Cecropia peltata</i>	Chancarro, Guarumbo, Trompeta, K'ooch k'aax, K'ooch le', Sak k'ooch
<i>Ficus cotinifolia</i>	Amate negro, Amate prieto, Capulín, Matapalo, Álamo, Koopo', Kopo', Kopó
<i>Ficus maxima</i>	Higo, Higo grande, Higuierilla, Higuérón, Matapalo, Álamo, Akkúun, Kopo' ch'iin

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Ficus tecolutensis</i>	Amate prieto, Amatillo, Matapalo
<i>Eugenia axillaris</i>	Escobillo, Ich huh
<i>Okenia hypogaea</i>	Hierba mora
<i>Pisonia aculeata</i>	Coma de uña, Garabato, Huele de noche, Uña de gato, Beeb, Béeb
<i>Catasetum integerrimum</i>	Cola de pato, Ch'it ku'uk, Ch'it-kuuk, Xanab miis
<i>Encyclia belizensis</i>	S/D
<i>Oncidium ascendens</i>	Ajo-che, ahoche, putsubehe, puts'ubche, puts'sche, puts'subche
<i>Rhyncolaelia digbyana</i>	Nunup'he, Sack-k'ukum-lol
<i>Myrmecophila tibicinis</i>	Confesionario, Lirio, Hom-ikim
<i>Acoelorrhaphe wrightii</i>	Palma tasiste, Gusano prieto, Palma, Tasiste
<i>Chamaedorea seifrizii</i>	Palma, Palma bambú, Palma de bambú, Xiat
<i>Coccothrinax readii</i> (AMENAZADA)	Palma, Palma nakás, Cheet, Knacás, Nak'as, Nakax, Náaj k'aax
<i>Cocos nucifera</i>	Coco, Coco de agua, Cocotero, Palma, Palma de coco
<i>Pseudophoenix sargenti</i> (AMENAZADA)	Palma, Palma bucanero, Palma de guinea, Palma kuká, Kuka', Kukai, Kuká, Ya'ax jalalche', Yaxhalalché
<i>Thrinax radiata</i> (AMENAZADA)	Guano, Guano de costa, Palma, Palma chit, Bayal, Ch' iit, Ch' iit xa' an, Chi'it, Chit, Ka' anal xa' an, Kanal-xaan, Kul tuk, Kultok', Nak' as
<i>Passiflora foetida</i>	Amapola, Clavellín blanco, Granadilla, Maracuyá silvestre, Melón de coyote, Poch, Poch'aak', Poch'il, Tu'bok, Túubok
<i>Phytolaca icosandra</i>	Mazorquilla, Mora, Quelite, Quelite de toro, Congora, T'eel koox, Telkok, X-tel-kox
<i>Rivina humilis</i>	coral, tojitos; k'uxu'ub kaan, k'uxu'ub xiiw
<i>Coccoloba cozumelensis</i>	Cola de armadillo; Boob, Boob ch'iich', Sak boob
<i>Coccoloba spicata</i>	Uvero; Bab, Boob, Boob ch'iich'
<i>Coccoloba uvifera</i>	Uva de mar, Uva de playa; Kiiché, Ni' che', Nii-ché, Niiche, Nixche'
<i>Gymnopodium floribundum</i>	Pata de venado; Sak ts'iits' il che', Ts'iits'ilche', Tzitzilché
<i>Neomilldpaughia emarginata</i>	Sac-tra, Saj iitsa, Saj iitsaí, Sak ii tsa', Sakitsa, Tsa-itsa, Tsajitsab, X-tsats, Xtakitsa, Xtzakitza
<i>Acrostichum danaeifolium</i>	Helecho, Helecho de playa
<i>Portulaca oleracea</i>	Quelite, Verdolaga, xúukul, xanab mukuy, páats mo'ol t'u'ul.
<i>Colubrina greggii</i>	Manzanita, Trompillo, Vara prieta; Box ooch, Chak nich, Chinamay, Chu'urumay, Pa'yux, Piixoy koox, Puk yim, Pukiim, Sak-nak-ché, Ts' u-bub-may, Ts'lub-may, Ukuch, Ya'ax puk'in, Yax-puken, Yaxpukin
<i>Gouania lupuloides</i>	Bejuco leñatero, Cornezuelo; Ch'omak, Chéen máak, Chéen peek', Om-ak, X-pahua-ak', Xomak
<i>Rhizophora mangle</i> (AMENAZADA)	Mangle rojo; Ta'ab che', Tabché, Tapché, Xtaab che', Xtabché, Xtapché
<i>Chrysobalanus icaco</i>	Icaco, Margarita, Nuez; Ikilche
<i>Boerreria verticillata</i>	S/D
<i>Chiococca alba</i>	huele de noche, madreelva; chakan che', k'anchak che', sabak che', xt'uun che', sak xt'uun che', sip aak'
<i>Erithalis fruticosa</i>	Ocotillo
<i>Ernodea littoralis</i>	S/D
<i>Hamelia patens</i>	Chak took', K'anal che', K'anan, K'anan xiiw, Kanal k'anan, Kanan, Kanan joolnaj iib, Silche', Xkaná-n, Ya'ax k'anan

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Morinda yucatanensis</i>	Bejuco piñoncillo, Piñuela; Hoyak, X-hoyoc
<i>Psychotria nervosa</i>	Retamo; K'aanan, Ya'ax anal, Ya'ax-k'anan
<i>Randia aculeata</i>	Crucecita, Crucetillo, Granadillo, Limoncillo, Torito; Kajal k'aax, Kat ku'uk, Pech-kitam, Peech kitam, Puuts' che', X-pech-kitam.
<i>Ruppia maritima</i>	Ocoshal de agua
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	Hueso de tigre, Limoncillo
<i>Pilocarpus racemosus</i>	tamk'as che'
<i>Allophylus cominia</i>	cordoncillo, manzanillo, palo de caja, tres Marías, iik' baach, k'uxub che', sak pixoy, k'an ubul che', yuuy.
<i>Cardiospermum corindum</i>	Tronadora, Boox aak', Chem aak', P'aak aak', Paj sakan aak', Wayuum aak'
<i>Serjania yucatanenses</i>	Chéen aak', Chéen peek', K'an sep aak'
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	caymito, caimitillo, chi'kéej
<i>Manilkara zapota</i>	chicle, chico zapote, zapote, chak ya', chi' kéej, ya'
<i>Angelonia angustifolia</i>	boca de vieja, ya'ax xiiw.
<i>Bacopa monnieri</i>	Verdolaga de puerco, Noj k'aak', Xakalu'um, Xanab mukuy, Ya'ax-kach
<i>Capraria biflora</i>	claudiosa, boox
<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Ardillo tamarindillo, besini kche', visimik.
<i>Cestrum nocturnum</i>	Dama de Noche, Huele de Noche, ak'a xiiw, k'an chuunuk.
<i>Solanum erianthum</i>	Lava plato, Palo hediondo, Salvadora, Chal che', Pukin, Sak ukuuch.
<i>Solanum yucatanum</i>	S/D
<i>Guazuma ulmifolia</i>	guácima, guácimo, kabal pixoy, poxoy.
<i>Jacquinia auriantaca</i>	Flor de Niño
<i>Typha domingensis</i>	Cola de gato, Tule y P'oop.
<i>Trema micrantha</i>	Capulín, Pixoy.
<i>Hydrocotyle bonariensis</i>	Corona de Santa
<i>Avicennia germinans</i> (AMENAZADA)	Mangle Negro, Tab ché
<i>Callicarpa acuminata</i>	Granadilla, kú uk k'iin, pukin
<i>Lantana camara</i>	Siete Negritos, ik' ilhxiaw
<i>Lantana involucrata</i>	Orégano de monte, sikil-ha-xiw.
<i>Phyla nodiflora</i>	S/D
<i>Vitex gaumeri</i>	Carrete, ya'axnik
<i>Cissus gossypiifolia</i>	chak tuuk anil, xta' kanil
<i>Cissus rhombifolia</i>	S/D
<i>Cissus sicyoides</i>	Tripa de Judas, Ya'ax-tabkanil
<i>Guaiacum santum</i> (AMENAZADA)	Guácima, Guayacán, Soon, Soon chulul,
<i>Kallstroemia maxima</i>	Abrojo de flor amarilla, Xich'iil aak'
<i>Tribulus cistoides</i>	Abrojo, Abrojo amarillo, Abrojo de tierra caliente, Abrojo manso, Abrojo rojo, Torito, Verbena, Chan koj xnuuk, Chan xnuuk, Chanixnuuk, Chanxinuk, Chanxnuk

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

Tabla 7. Inventario de fauna del Sistema Lagunar Nichupté. Fuente: PUMNM, 2009; CICY, 2010; CONANP, 2014; CONABIO, 2016.

Ictiofauna	
Especie (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Rivulus tenuis</i>	S/D
<i>Apogon aurolineatus</i>	cardenal frenado
<i>Atherinomorus stipes</i>	tinicalo cabezón
<i>Hypoatherina harringtonensis</i>	tinicalo de arrecife
<i>Opsanus beta</i>	sapo boquiblanca
<i>Tylosurus crocodilus</i>	pez aguja
<i>Strongylura notata</i>	agujón negro
<i>Strongylura timucu</i>	agujón timucú
<i>Bothus ocellatus</i>	chueco playón, lenguado
<i>Diplogrammus pauciradiatus</i>	S/D
<i>Caranx latus</i>	jurel blanco, jurel negro
<i>Caranx bartholomei</i>	cojinua amarilla, cojinuda amarilla
<i>Trachinotus falcatus</i>	pámpano palometa
<i>Carcharhinus leucas</i>	tiburón toro
<i>Centropomus undecimalis</i>	robalo blanco
<i>Chaetodon capistratus</i>	pez mariposa de cuatro ojos
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	mojarra del sureste
<i>Harengula clupeola</i>	sardinita carapachona
<i>Harengula jaguana</i>	sardina vivita escamuda
<i>Floridichthys polyommus</i>	bolín yucateco
<i>Cyprinodon artifrons</i>	bolín petota, bolín frentudo
<i>Garmanella pulchra</i>	S/D
<i>Hemiramphus brasiliensis</i>	agujeta brasileña
<i>Chilomycterus schoepfii</i>	pez globo
<i>Chilomycterus antennatus</i>	guanábana rayada, pez erizo rayado
<i>Anchoa parva</i>	anchoa parva
<i>Lucania parva</i>	sardinilla de lluvia
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	mojarra de ley, mojarrita de ley
<i>Gerres cinereus</i>	mojarra trompeta, mojarra trompetera
<i>Eugerres plumieri</i>	mojarra rayada
<i>Haemulon aurolineatum</i>	ronco jeníguaro
<i>Haemulon flavolineatum</i>	ronco condenado
<i>Haemulon parra</i>	Boquilla
<i>Haemulon sciurus</i>	ronco carite
<i>Haemulon plumieri</i>	chac-chi, chac-chí, corocoro
<i>Haemulon bonariense</i>	ronco prieto
<i>Haemulon carbonarium</i>	ronco carbonero

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Thalassoma bifasciatum</i>	cara de cotorra
<i>Lutjanus apodus</i>	pargo cachix
<i>Lutjanus chrysurus o rubia</i>	canane
<i>Lutjanus griséus</i>	pargo mulato, pargo gris
<i>Lutjanus synagris</i>	pargo villajaiba, pargo biajaiba
<i>Lutjanus analis</i>	pargo criollo, pargo lunar
<i>Lutjanus mahogoni</i>	pargo ojón
<i>Megalops atlanticus</i>	sábalo
<i>Monacanthus ciliatus</i>	lija de clavo
<i>Mugil curema</i>	lisa blanca
<i>Gymnothorax funebris</i>	morena verde
<i>Lactophrys quadricomis</i>	pez cofre
<i>Lactophrys trigonus</i>	chapín búfalo
<i>Gambusia yucataana</i>	guayacón yucateco
<i>Gambusia sexradiata</i>	guayacón del sureste
<i>Heterandria bimaculata</i>	guatopote manchado, topote de dos puntos
<i>Poecilia mexicana</i>	topote del Atlántico
<i>Poecilia orri</i>	topote de manglar, topote yucateco
<i>Poecilia velífera (AMENAZADA)</i>	pez topote aleta grande, topote de aleta grande
<i>Belonesox belizanus</i>	picudito
<i>Abudefduf saxatilis</i>	pez sargento, petaca rayada
<i>Stegastes diencaeus</i>	jaqueta miel
<i>Stegastes fuscus</i>	jaqueta brasileña
<i>Stegastes leucostictus</i>	jaqueta bonita
<i>Stegastes variabilis</i>	jaqueta castaña
<i>Scarus taeniopterus</i>	loro alargado
<i>Sparisoma viride</i>	pez loro, loro brillante
<i>Sparisoma aurofrenatum</i>	loro manchado
<i>Sparisoma radians</i>	loro dientuso
<i>Sparisoma chrysopteron</i>	loro verde
<i>Cynoscion nebulosus</i>	corvina pinta, trucha moteada de mar
<i>Scomberomorus regalis</i>	pelicán, sierra
<i>Epinephelus striatus</i>	mero del Caribe, cherna criolla
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	sargo amarillo
<i>Calamus penna</i>	pluma manchada
<i>Sphyræna barracuda</i>	barracuda
<i>Hippocampus erectus (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)</i>	caballito de mar, caballito de mar estriado, caballito estriado
<i>Synodus intermedius</i>	chile manchado, lagarto
<i>Sphoeroides testudineus</i>	botete sapo, pez globo
<i>Sphoeroides spengleri</i>	botete collarrete
<i>Urobatis jamaicensis</i>	raya redonda de estero

Herpetofauna	
Especie (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Bufo marinus</i>	sapo de caña
<i>Bufo valliceps</i>	sapo de la costa del Golfo
<i>Phrynohyas venulosa</i>	rana lechera
<i>Smilisca baudinii</i>	rana de árbol mexicana
<i>Hyla microcephala</i>	rana arboricola
<i>Hyla loquax</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	rana
<i>Hyla picta</i> (AMENAZADA)	rana de árbol plegada, rana de árbol plegada o surcada
<i>Leptodactylus melanonotus</i>	ranita hojarasca, rana del sabinal, rana nidificadora de sabinal
<i>Lithobates vaillanti</i>	rana verde, rana de Vaillant
<i>Rhinophrynus dorsalis</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	sapo excavador mexicano, rana boquita, sapo borracho, sapo de madriguera

Serpientes	
Especie (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Drymobius margaritiferus</i>	culebra corredora de petatillos, corredora moteada, culebra, lagunera
<i>Leptophis ahaetulla</i> (AMENAZADA)	ranera perico, culebra perico verde
<i>Leptophis mexicanus</i> (AMENAZADA)	víbora ranera, culebra perico mexicana
<i>Thamnophis proximus</i> (AMENAZADA)	culebra acuática, culebra listonada Occidental
<i>Boa constrictor</i> (AMENAZADA)	boa, boa constrictor, mazacuata
Iguanas y lagartijas	
<i>Ctenosaura similis</i> (AMENAZADA)	iguana negra de cola espinosa, iguana espinosa rayada
<i>Ameiva undulata</i>	ameiva metálica, ameiva arcoiris
Cocodrilos	
<i>Crocodylus moreletii</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	cocodrilo de pantano, lagarto de El Petén
<i>Crocodylus acutus</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	cocodrilo americano, cocodrilo de río, lagarto amarillo
Tortugas	
<i>Trachemys scripta</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	tortuga de orejas rojas, tortuga de agua, tortuga grabada
<i>Rhinoclemmys areolata</i> (AMENAZADA)	tortuga de monte mojina, mojina, tortuga mojina de monte
<i>Kinosternon creaseri</i>	Tortuga de pantano yucateca, casquito de Creaser, pochitoque
<i>Kinosternon scorpioides</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	casquito escorpión, pochitoque escorpión, tortuga pecho quebrado, tortuga pecho quebrado escorpión
<i>Chelonia mydas</i> (EN PELIGRO DE EXTINCIÓN)	tortuga prieta, tortuga marina verde del Atlántico

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

AVIFAUNA	
Especie (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Buteogallus anthracinus</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	aguillilla negra menor
<i>Buteo nitidus</i>	águila gris, gavilán saraviado
<i>Pandion haliaetus</i>	gavilán pescador, águila pescadora
<i>Megaceryle alcyon</i>	martín pescador norteño
<i>Anhinga anhinga</i>	anhinga americana
<i>Agamia agamí</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	garza agami, garza monjita
<i>Ardea herodias</i>	garza morena, garza azul
<i>Ardea alba</i>	garza blanca, garceta grande
<i>Botaurus lentiginosus</i> (AMENAZADA)	avetoro norteño
<i>Butorides striatus</i>	garza azulada, garcita estriada
<i>Butorides virescens</i>	garceta verde, garcita verde
<i>Egretta alba</i>	garza blanca
<i>Egretta caerulea</i>	garceta azul, garza azul
<i>Egretta rufescens</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	garceta rojiza, garza rojiza
<i>Egretta tricolor</i>	garza tricolor, garceta tricolor
<i>Egretta tula</i>	garceta pie-dorado, garceta nivosa, garceta nivea
<i>Tigrisoma mexicanum</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	garza tigre mexicana
<i>Chordeiles minor</i>	chotacabras zumbón
<i>Zenaida asiatica</i>	paloma ala blanca, paloma aliblanca
<i>Mycteria americana</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	cigüeña americana
<i>Fregata magnificens</i>	fragata magnífica, fragata real, fragata tijereta
<i>Quiscalus mexicanus</i>	zanate mayor, zanate mexicano
<i>Larus atricilla</i>	gaviota reidora
<i>Mimus gilvus</i>	centzontle sureño, centzontle tropical
<i>Dendroica petechia</i>	chipe amarillo
<i>Seiurus noveboracensis</i>	chipe suelero charquero
<i>Pelecanus occidentalis</i> (AMENAZADA)	pelícano pardo, pelícano café
<i>Phalacrocorax auritus</i>	cormorán orejudo, Cormorán orejón
<i>Phalacrocorax olivaceus</i>	cormorán
<i>Amazona xantholora</i> (AMENAZADA)	loro yucateco
<i>Aratinga nana</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	perico, perico pecho sucio
<i>Rallus longirostris</i> (AMENAZADA)	rascón costero del atlántico, rascón picudo, rascon piquilargo
<i>Tyrannus couchii</i>	tirano cuir, tirano silbador
<i>Tyrannus melancholicus</i>	sirirí común, tirano pirirí, tirano tropical

Cambio en la cobertura de manglar en el Sistema Lagunar Nichupté, Quintana Roo

<i>Contopus cinereus</i>	papamoscas tropical, pibí tropical
<i>Ortalis vetula</i>	chachalaca oriental, chachalaca vetula
<i>Cathartes aura</i>	aaurea gallipavo, buitre americano cabecirrojo, guala cabecirroja, jote cabeza colorada, zopilote aura
<i>Chaetura vauxi</i>	vencejo de Vaux, golondrina
<i>Cyanocorax morio</i>	urraca parda
<i>Cyanocorax yucatanicus</i>	arrendajo yucateco, chara yucateca, urraca yucateca
<i>Pitangus sulphuratus</i>	papamoscas, bentevo, bichofeo, chicha fría, cierto güis, comechile, cristofué, pistoqué, quitupí
<i>Amazilia rutila</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	colibrí canela, colibrí canelo
<i>Vireo pallens</i> (SUJETA A PROTECCIÓN ESPECIAL)	vireo manglero
<i>Dendroica erithachorides</i>	gorrión, reinita de manglar cazadora

MARSUPIALIA	
Especie (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Didelphis marsupialis</i>	comadreja grande, rabipelado, tlacuache, tlacuache común, tlacuache sureño, zarigüeya
<i>Philander opossum</i>	comadreja de cuatro ojos, tlacuache cuatro ojos, tlacuache cuatrojos gris
CHIROPTERA	
<i>Artibeus jamaicensis</i>	murciélago frutero, murciélago frutívoro de Jamaica, murciélago-frutero de Jamaica
<i>Artibeus litturatus</i>	murciélago frugívoro gigante, murciélago frutero, murciélago frutero gigante
<i>Carollia perspicillata</i>	murciélago cola corta de Sebas
EDENTATA	
<i>Tamandua mexicana</i> (EN PELIGRO DE EXTINCIÓN)	brazo fuerte, brazofuerte, chupa miel, hormiguero arborícola, oso brazo fuerte, oso colmenero, oso hormiguero, oso mielero
<i>Dasyus novemcinctus</i>	armadillo, armadillo nueve bandas, mulita
RODENTIA	
<i>Sciurus yucatanensis</i>	ardilla, ardilla yucateca
<i>Heteromys gaumeri</i>	ratón de abazones, ratón espinoso yucateco
<i>Peromyscus yucatanicus</i>	ratón de campo, ratón yucateco
<i>Reinhardtomyia gracilis</i>	ratón cosechero delgado, ratón de campo
<i>Coendou mexicanus</i> (AMENAZADA)	puercoespín enano peludo mexicano, puercoespín mexicano, puercoespín tropical
<i>Cuniculus paca</i>	agutí, boruga, guagua, guartinaja, lapa, paca, tepescuintle, tepezcuintle
<i>Dasyprocta punctata</i>	agout, guaqueque, guaqueque alazán, guaqueque centroamericano, sereque
CARNIVORA	
<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	gato cervan, gato de monte, leoncillo, zorra gris, zorro Gris, zorro Plateado
<i>Nasua narica</i> (AMENAZADA)	chicosolo, cholugo, coatí, coatí norteño, cozumbo, gato

	solo, pizote, solitario, tejón
<i>Procyon lotor</i>	mapache, osito lavador zorra manglera
<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (AMENAZADA)	leoncillo, jaguarundi
ARTIODACTYLA	
<i>Odocoileus virginianus</i>	venado cola blanca, cariac, venado de campo

Invertebrados	
Artropoda	
Especie (ESTATUS DE PROTECCIÓN)	Nombre común
<i>Limulus polyphemus</i> (EN PELIGRO DE EXTINCIÓN)	cangrejo cacerola Cacerola de mar
<i>Cardisoma guanhumi</i>	cangrejo azul
<i>Gecarcinus lateralis</i>	cangrejo rojo, cangrejo terrestre
Cnidaria	
<i>Cassiopeia xamachana</i>	medusa invertida de manglar
<i>Aurelia aurita</i>	medusa boca de bandera, Medusa sombrilla

Capítulo 3

Tabla 8. Superficie de cambios de manglar a otras clases en los diferentes periodos. Para los años de 1972 a 2000 no se obtuvo datos para la clase de manglares perturbados y sus derivados, es por eso que se señala con nd (no datos). Elaboración propia con datos de CONABIO, 2016.

Cambios (hectáreas)	1972 - 1980	1980 - 1985	1985 - 1990	1990 - 1995	1995 - 2000	2000 - 2005	2005 - 2010	2010 - 2015	1972 - 2015
Manglar a Desarrollo antrópico	172.30	49.28	35.02	81.95	67.48	298.83	0	1.64	1406.55
Manglar a Agrícola-pecuaria	21.11	0	0	0	0	1.68	0	0	9.20
Manglar a Otra vegetación	1190.85	52.98	117.95	84.27	141.07	24.57	0	0.22	601.24
Manglar a Sin vegetación	208.22	15.21	173.82	1.35	3.83	1.48	0	0.18	24.00
Manglar a Manglar perturbado	nd	nd	nd	nd	nd	62.64	16.11	8.49	11.55
Manglar a Otros humedales	349.60	1280.79	468.60	498.68	103.17	115.75	0.57	31.03	478.11
Manglar a Cuerpos de agua	149.77	122.99	33.03	128.35	39.97	182.99	1.61	10.88	264.73
Manglar perturbado a Manglar	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0	18.89	0
Manglar perturbado a Otros humedales	nd	nd	nd	nd	nd	nd	69.29	4.86	0
Manglar perturbado a Cuerpos de agua	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0	1.46	0
Total de superficie con cambios	2092	1521	828	795	356	688	88	78	2795

Mapas Uso de Suelo

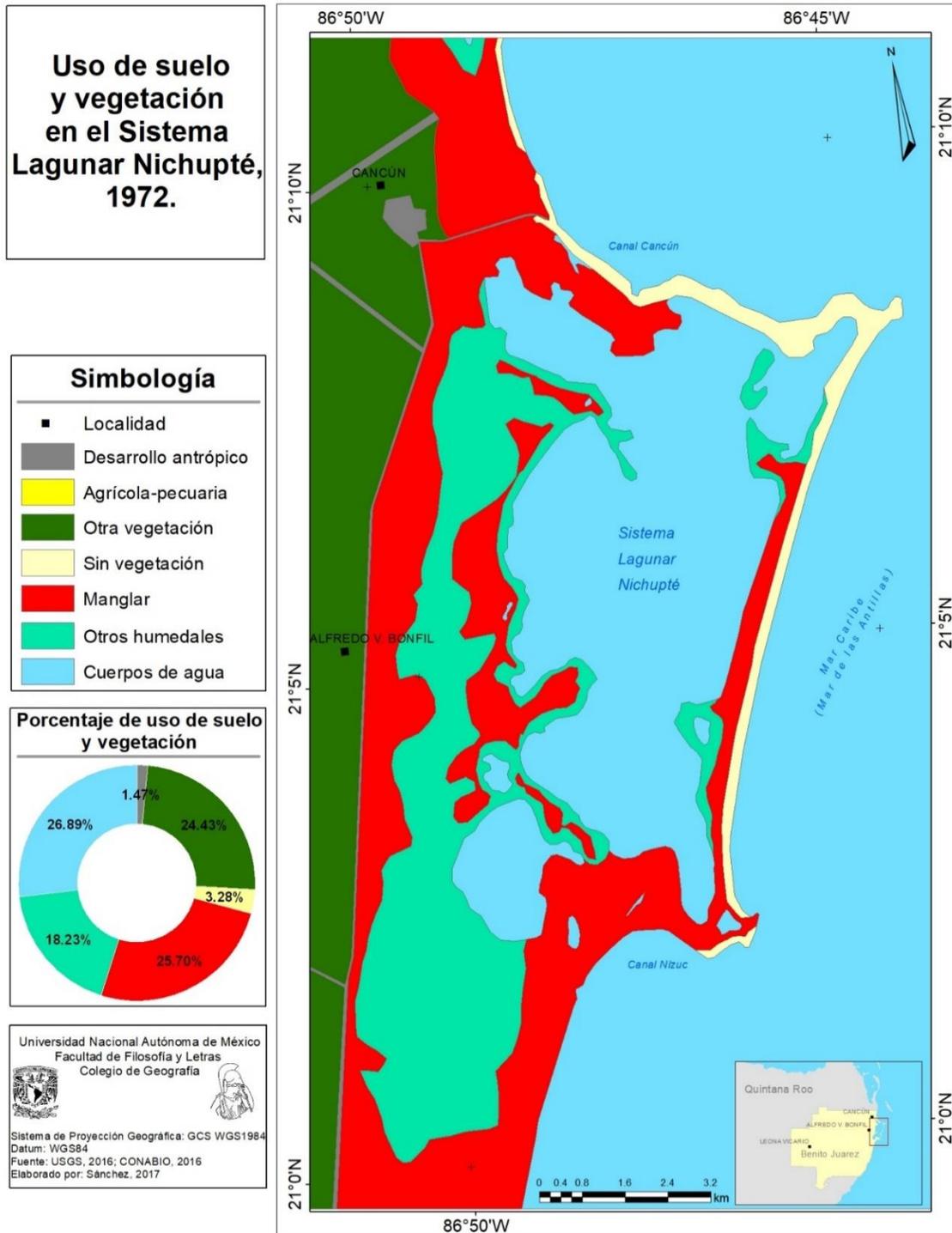


Figura 16. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 1972.

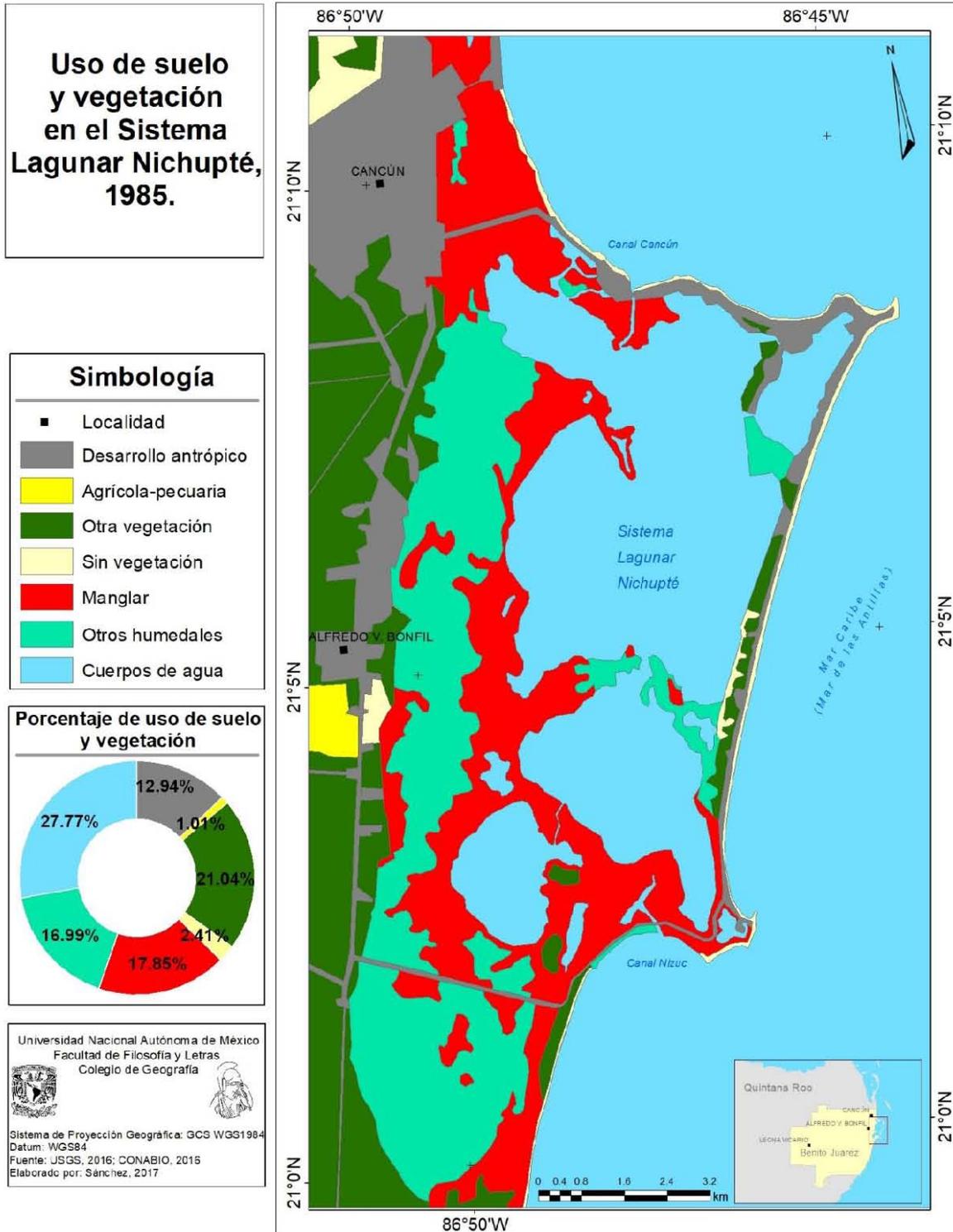


Figura 17. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 1985.

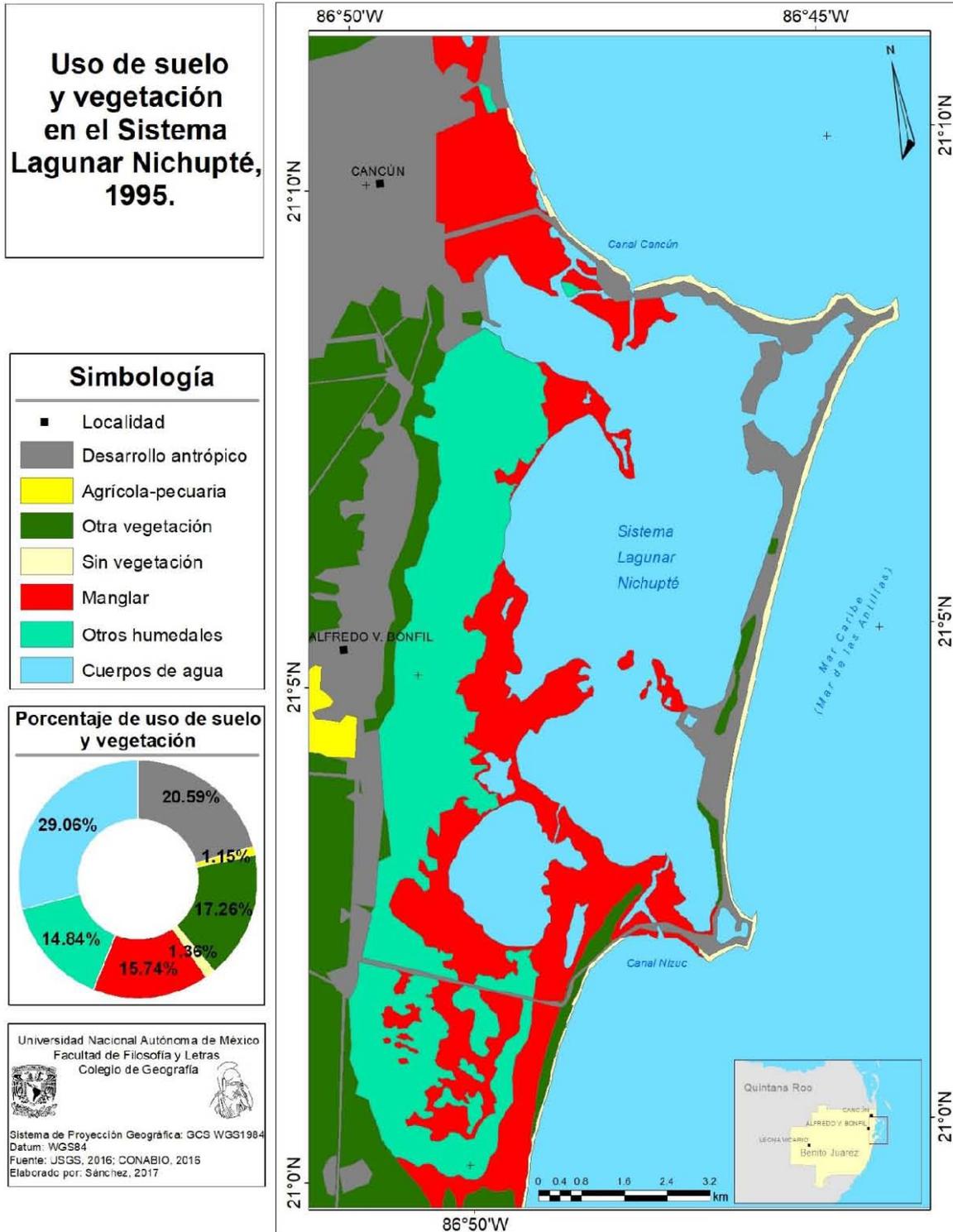


Figura 18. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 1995.

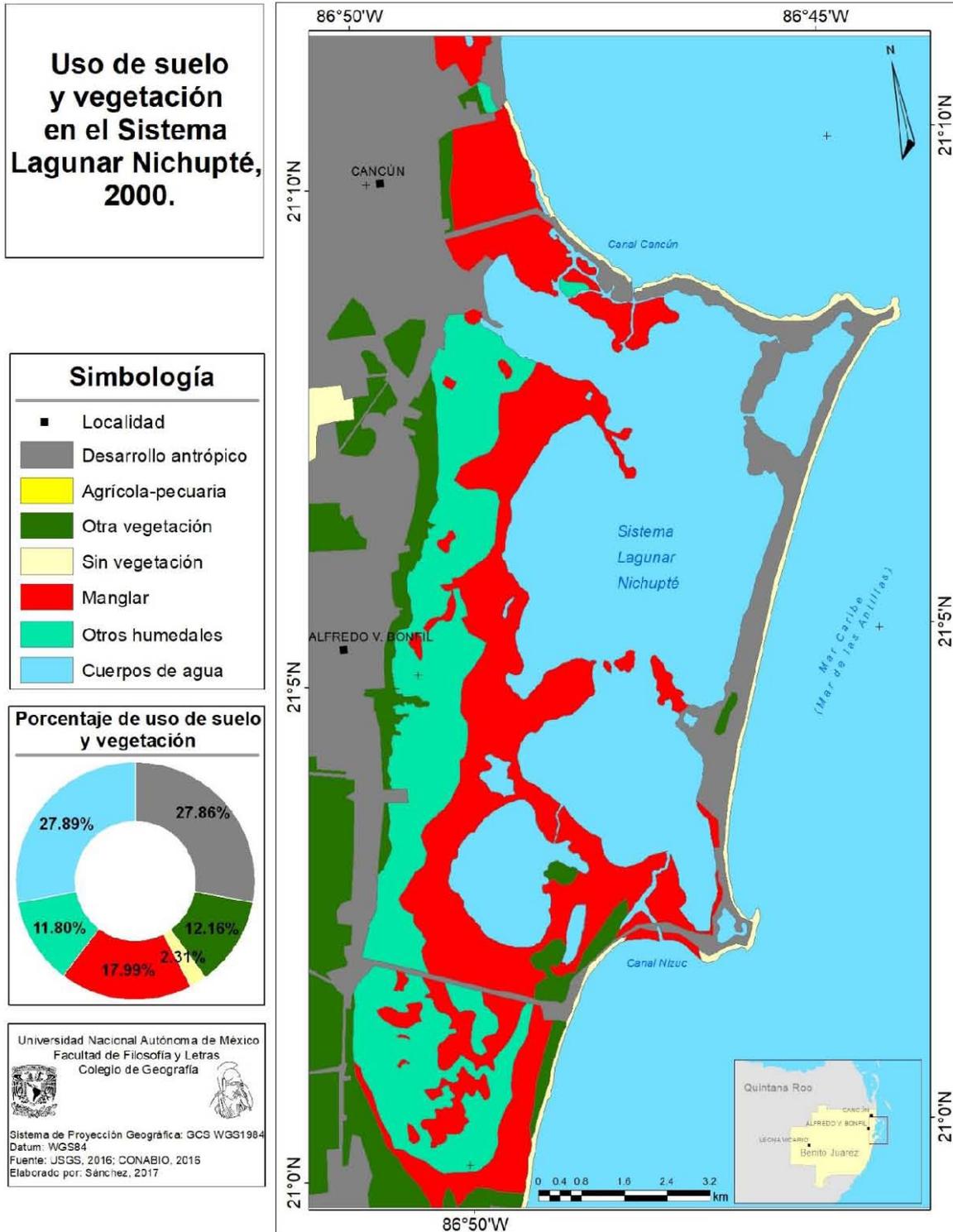


Figura 19. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 2000.

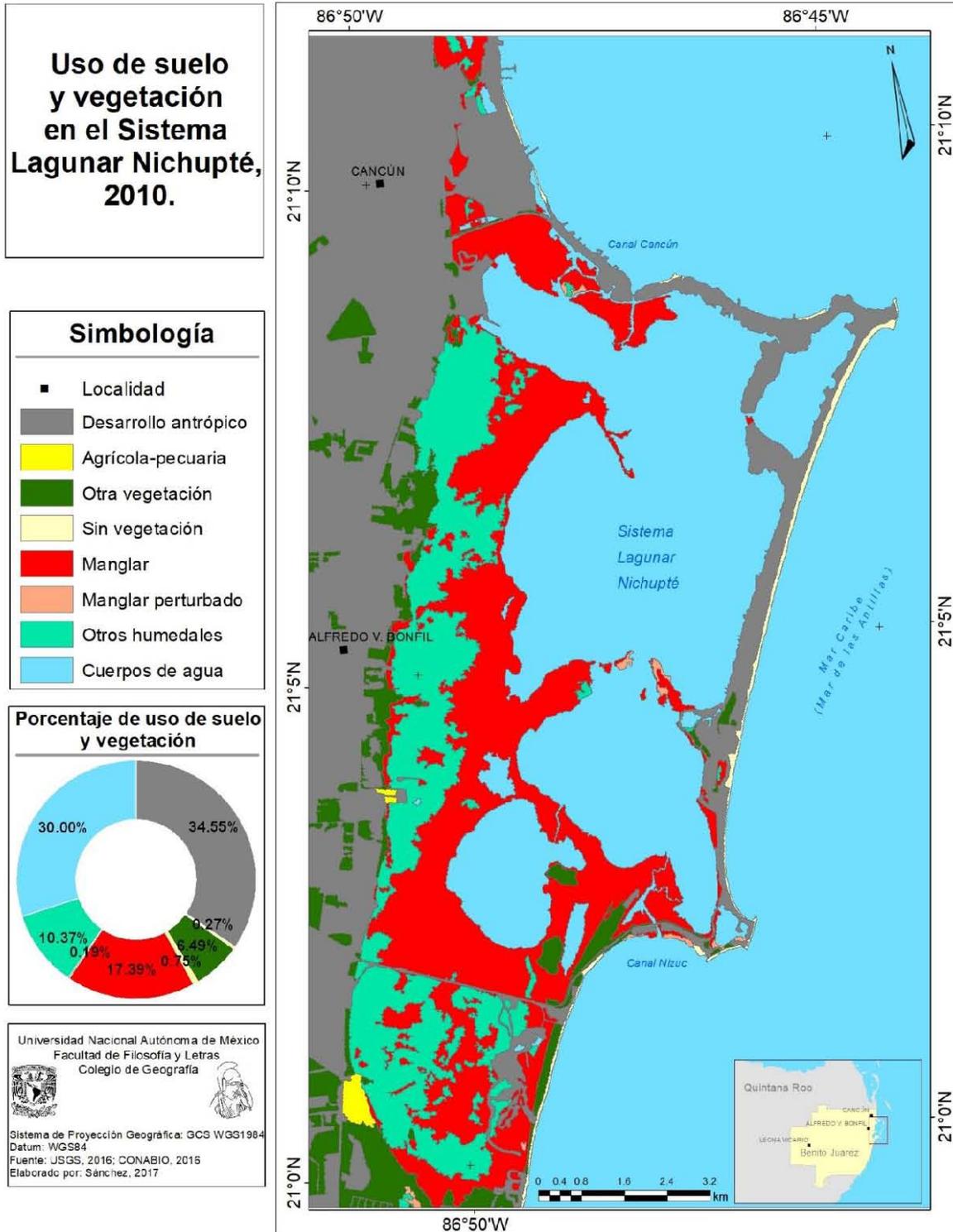


Figura 20. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 2010.

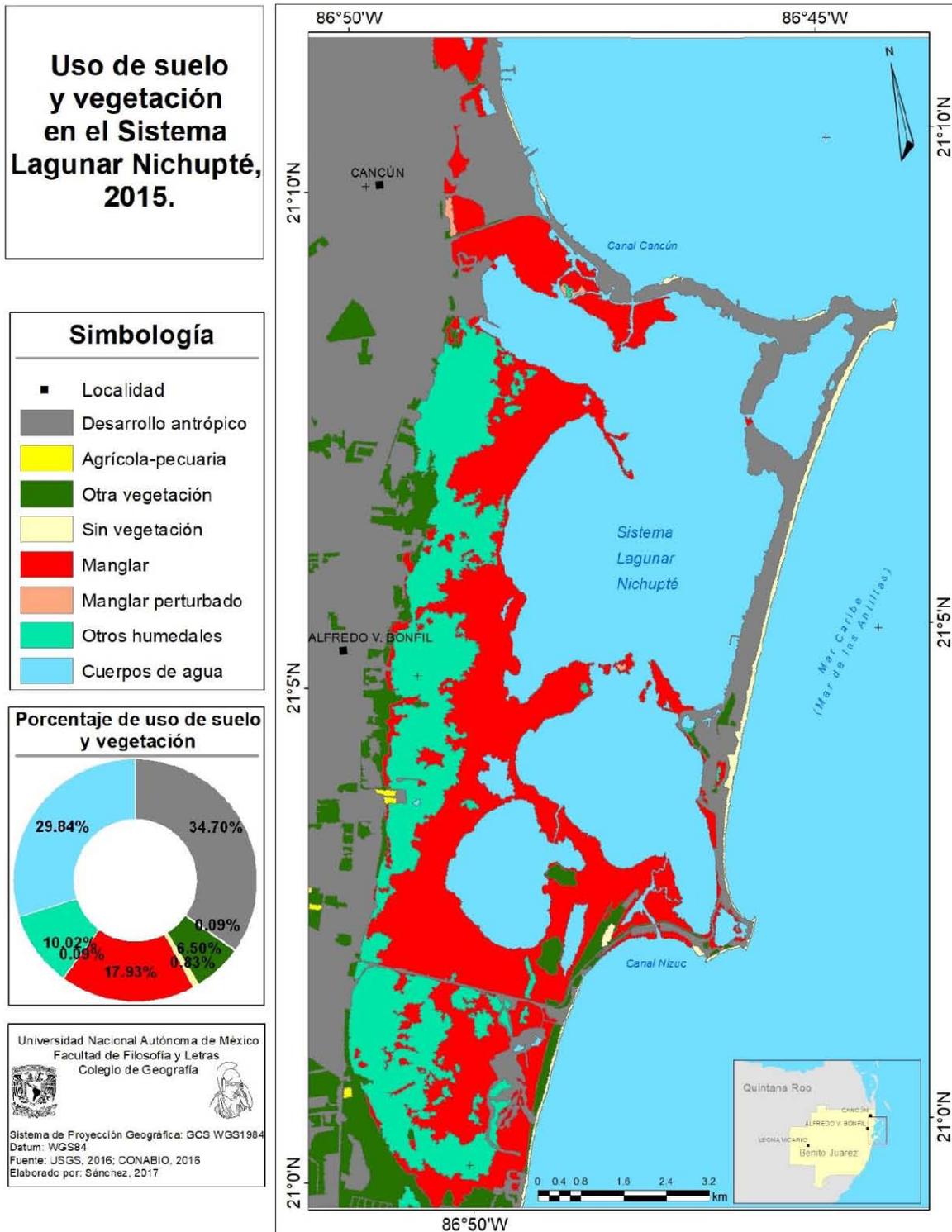


Figura 21. Uso de suelo y vegetación en el Sistema Lagunar Nichupté, 2015.

Mapas de Transformaciones

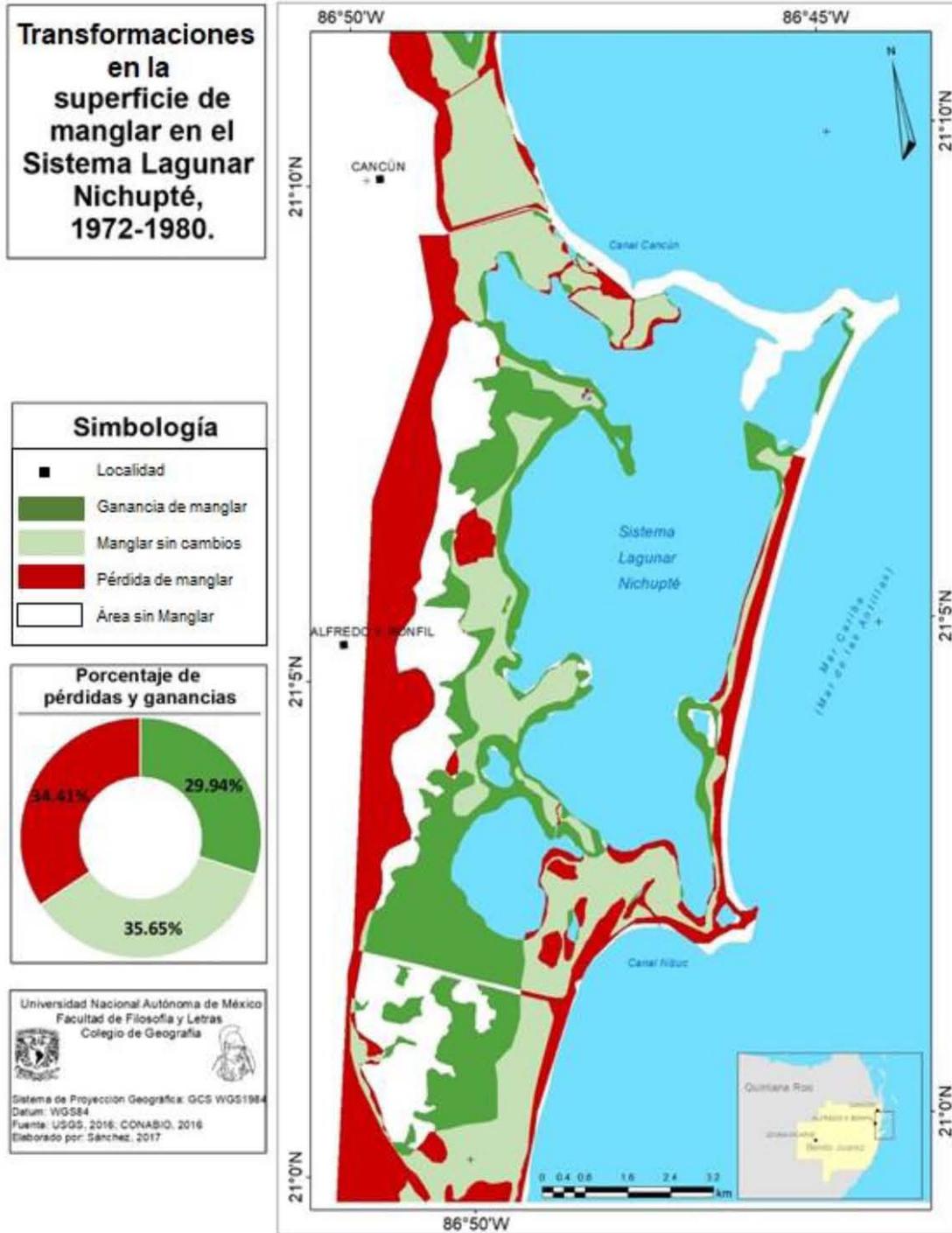


Figura 22. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 1972-1980.

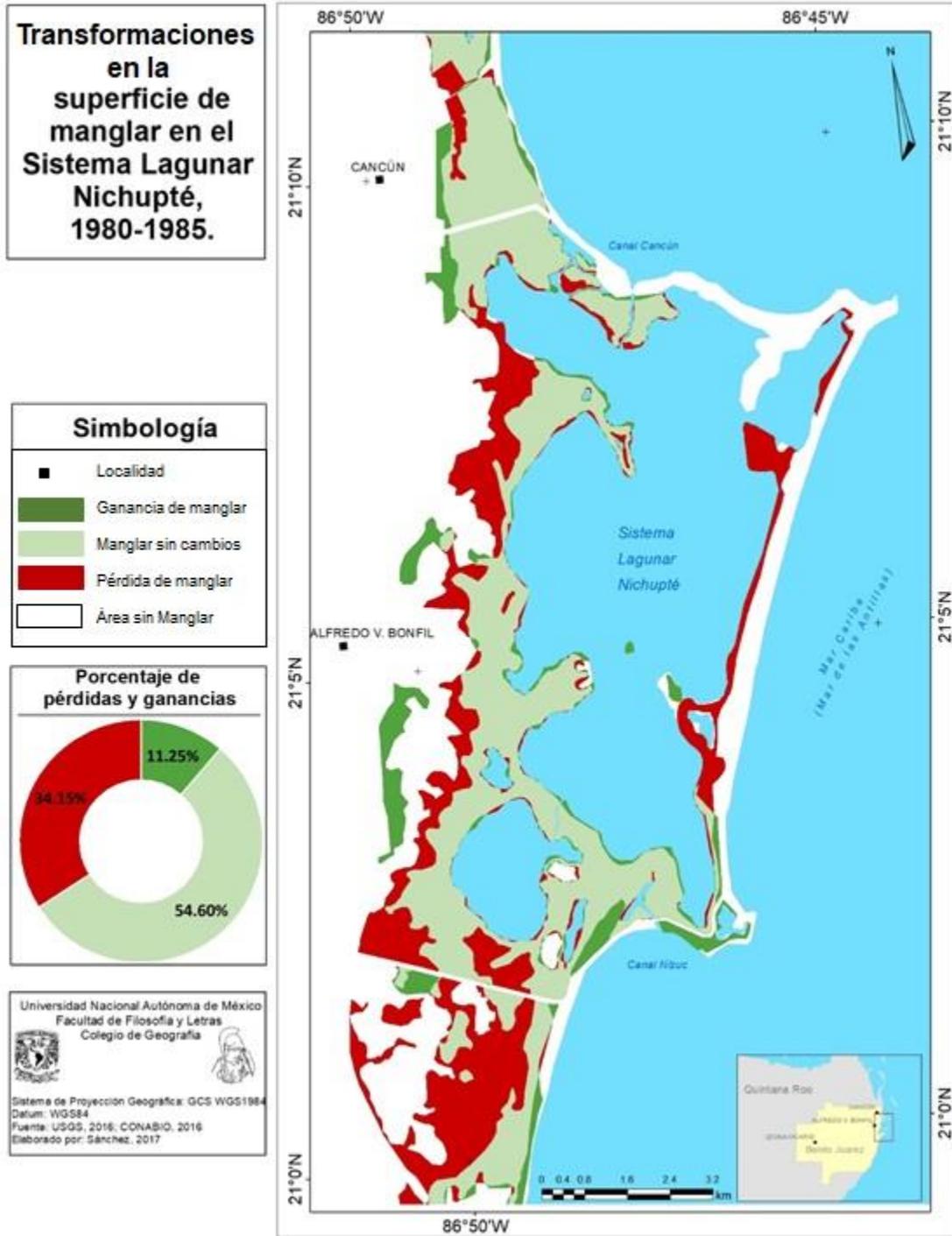


Figura 23. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 1980-1985.

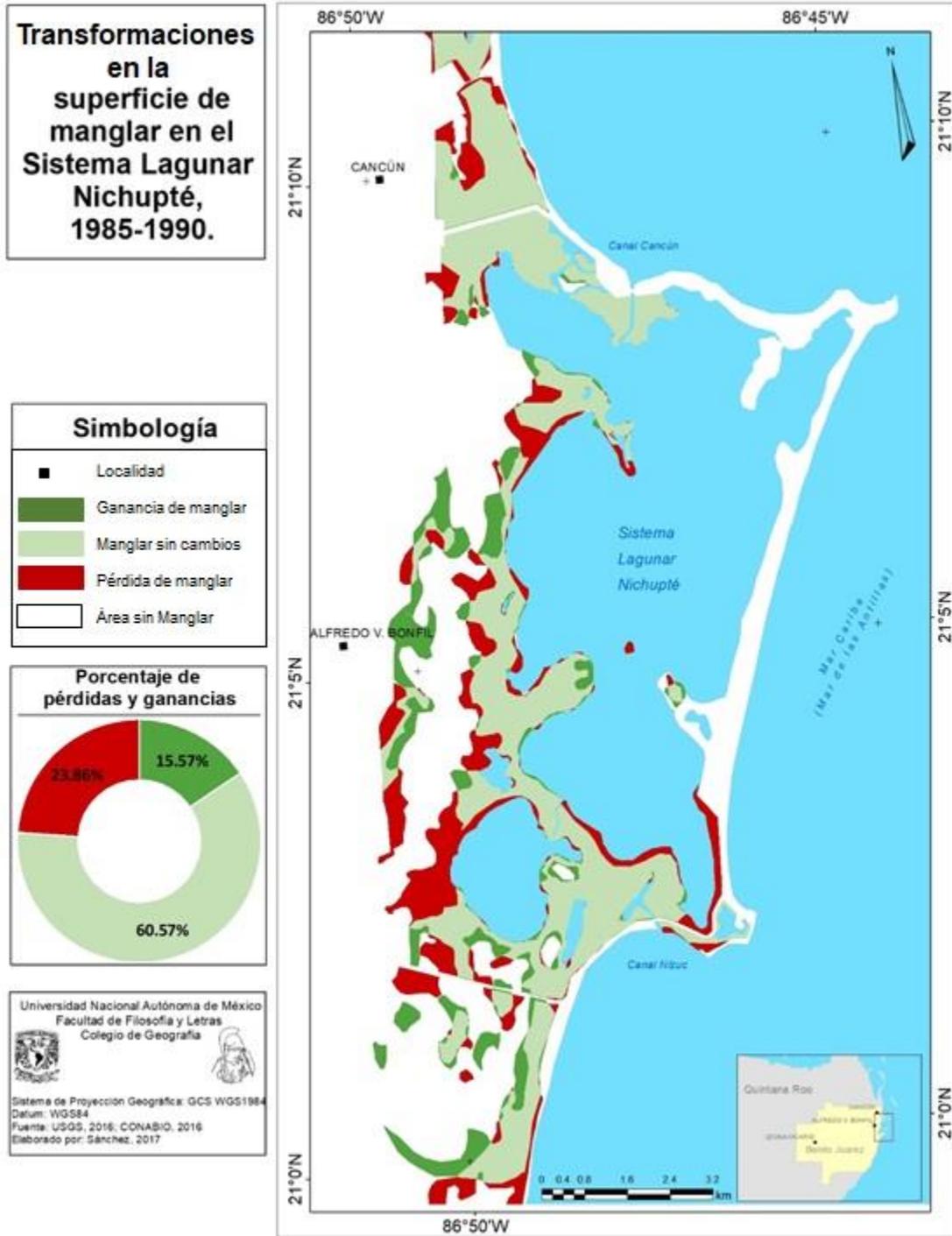


Figura 24. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 1985-1990.

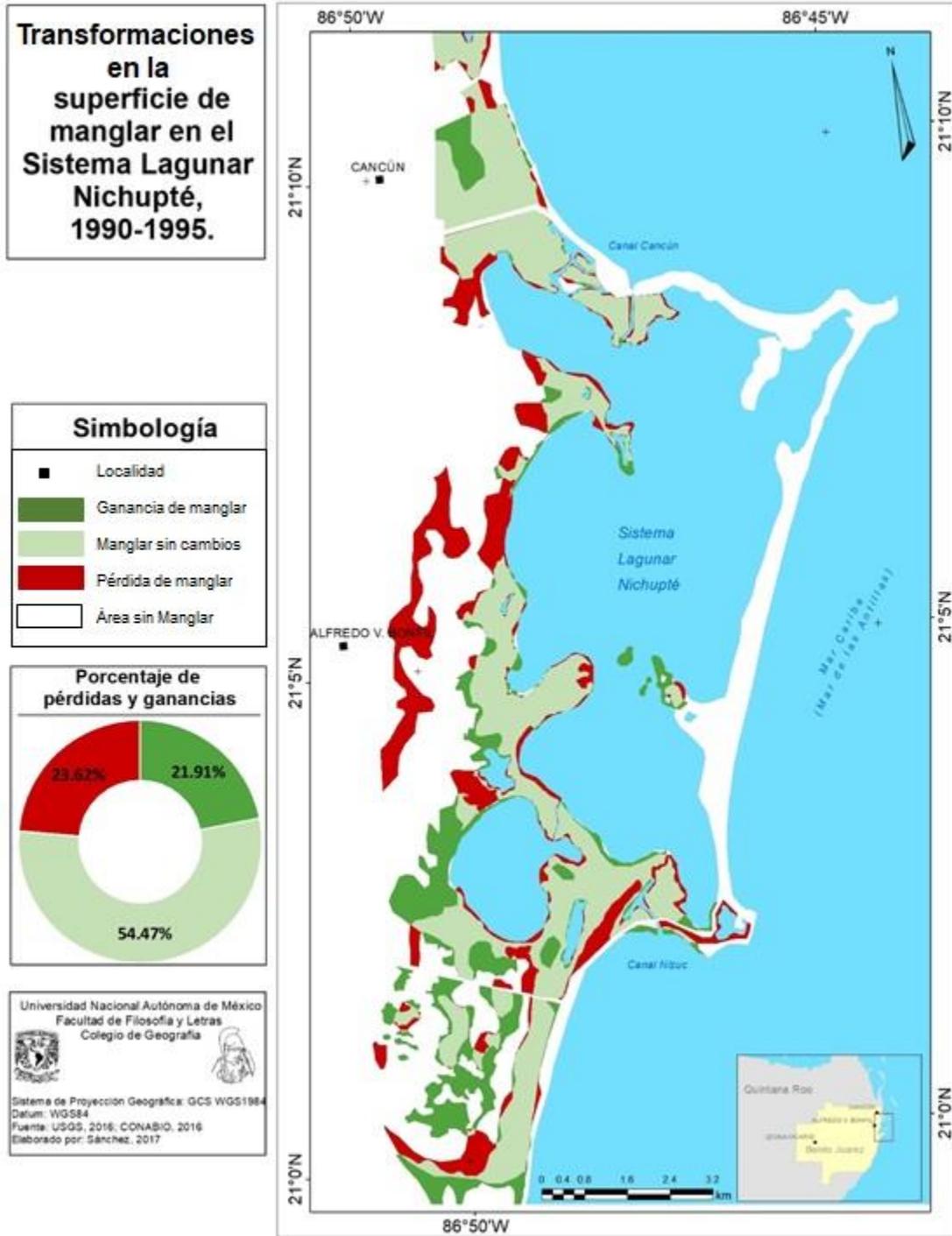


Figura 25. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 1990-1995.

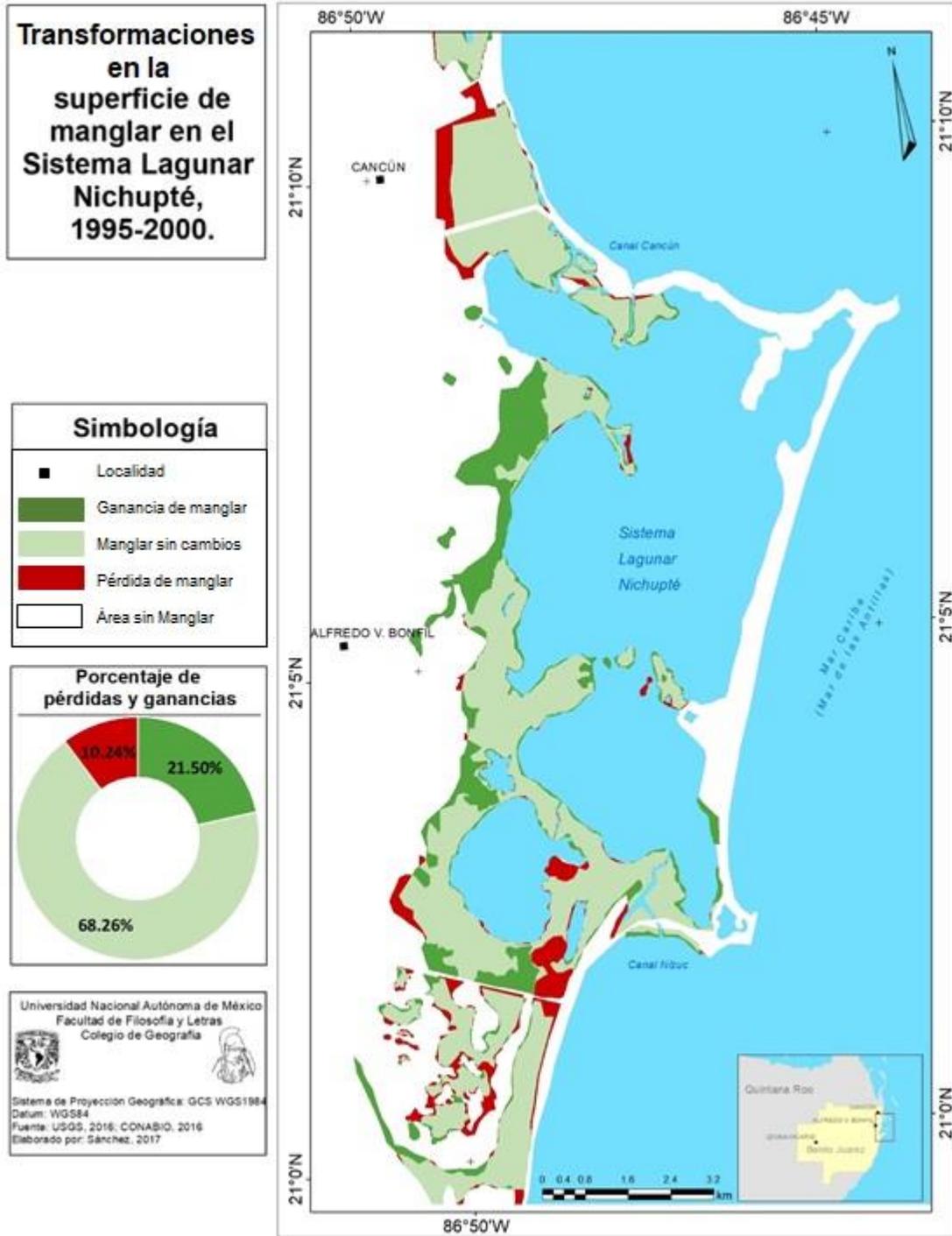


Figura 26. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 1995-2000.

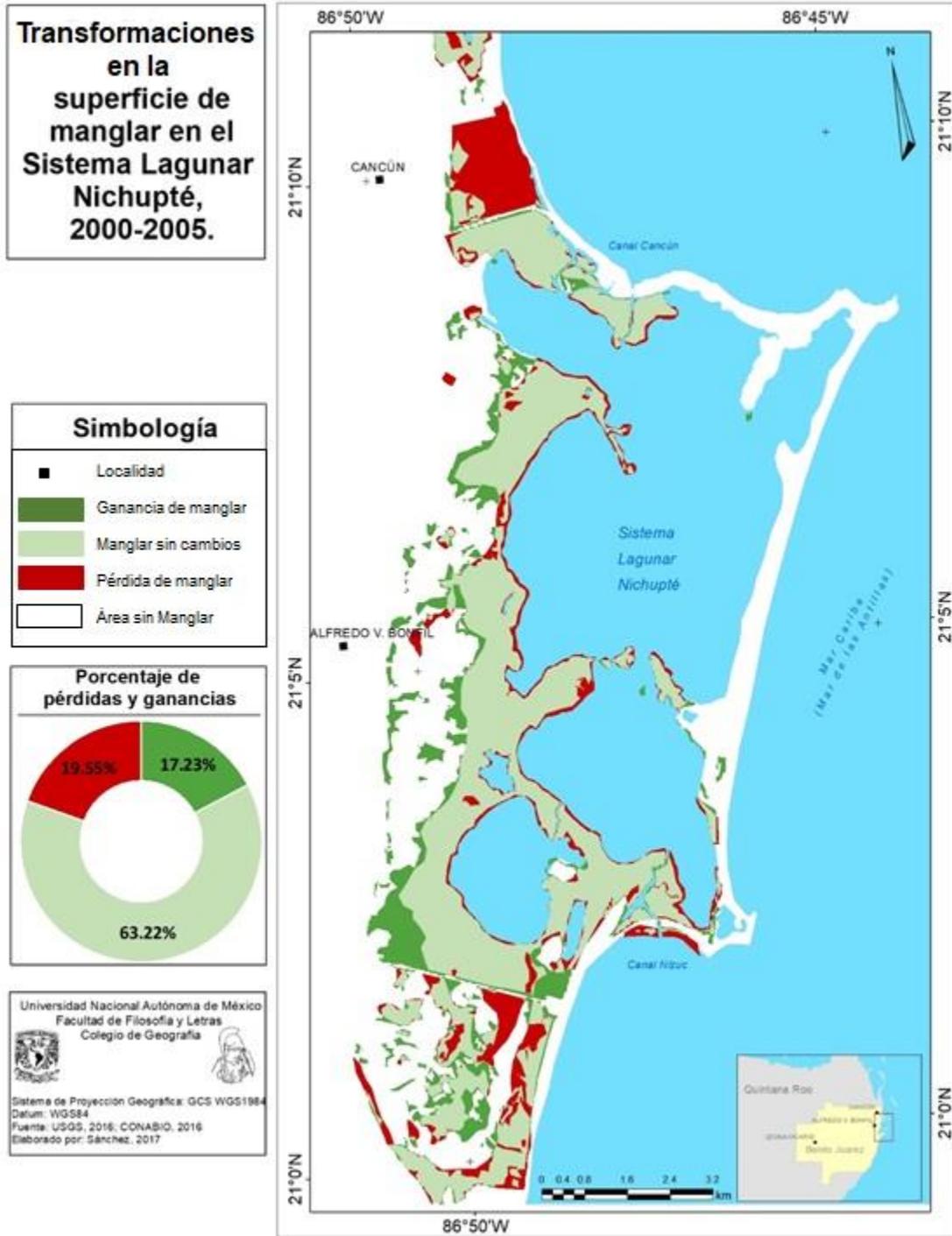


Figura 27. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 2000-2005.

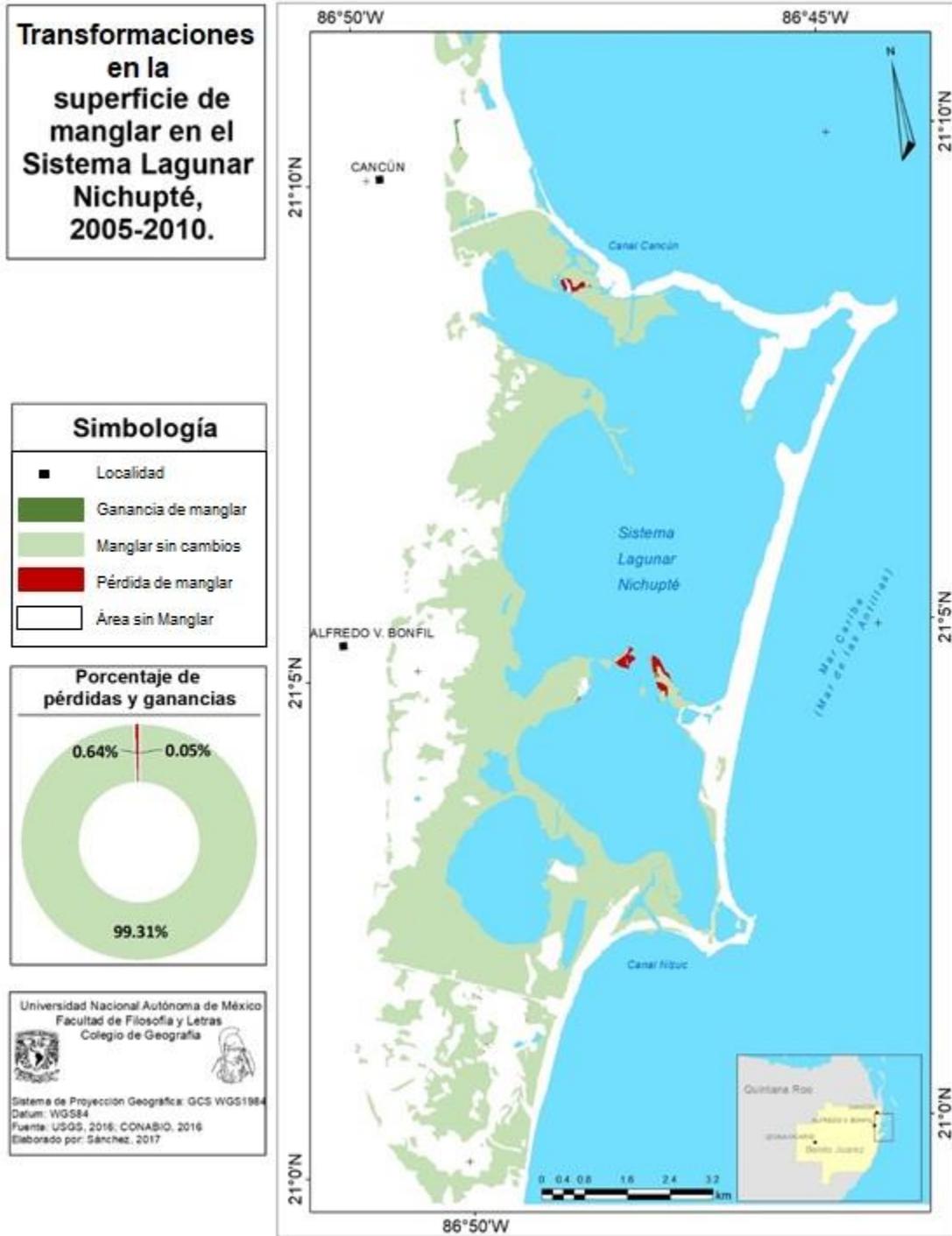


Figura 28. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 2005-2010.

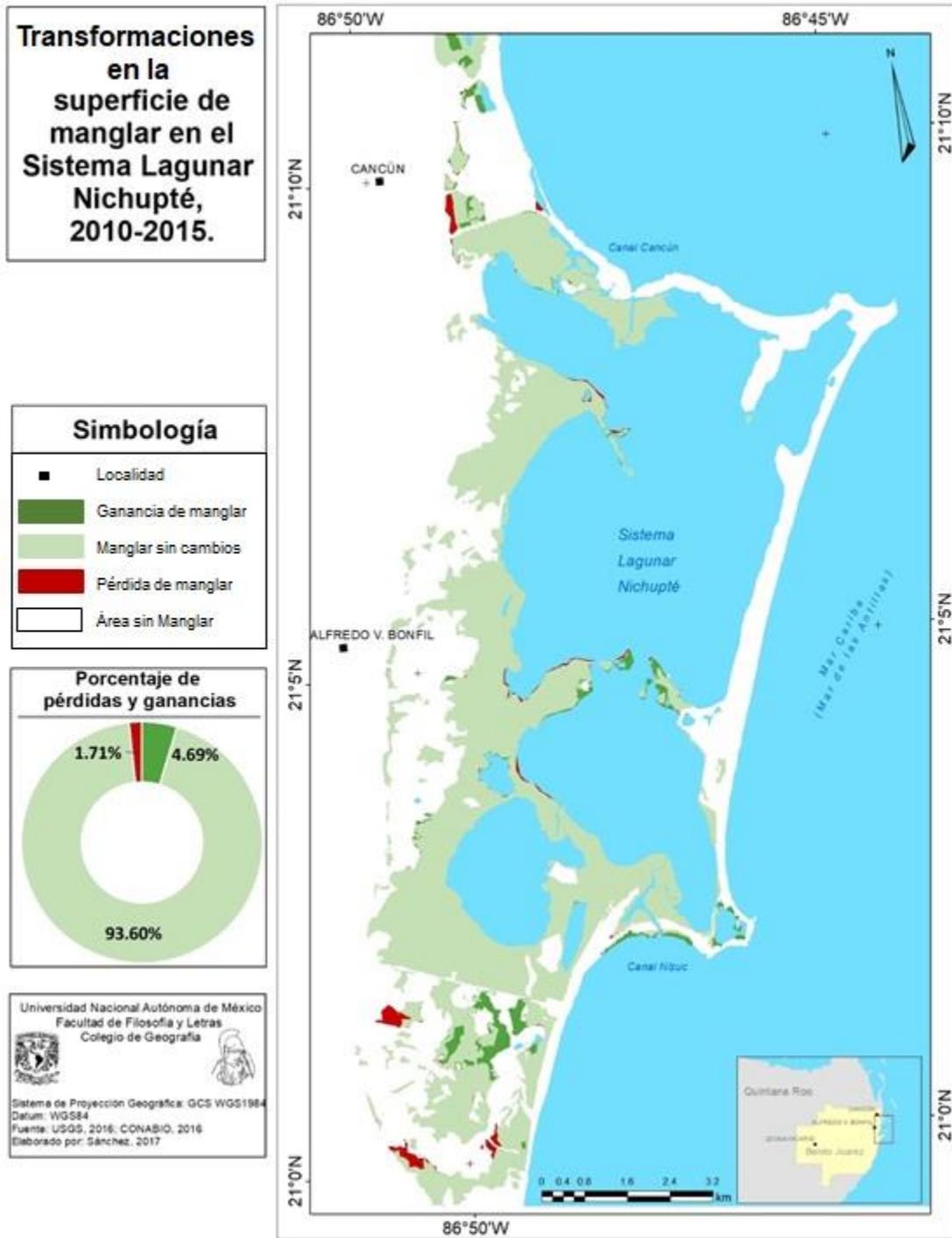


Figura 29. Pérdida y ganancia de superficie del manglar, 2010-2015.

Mapas de Pérdidas

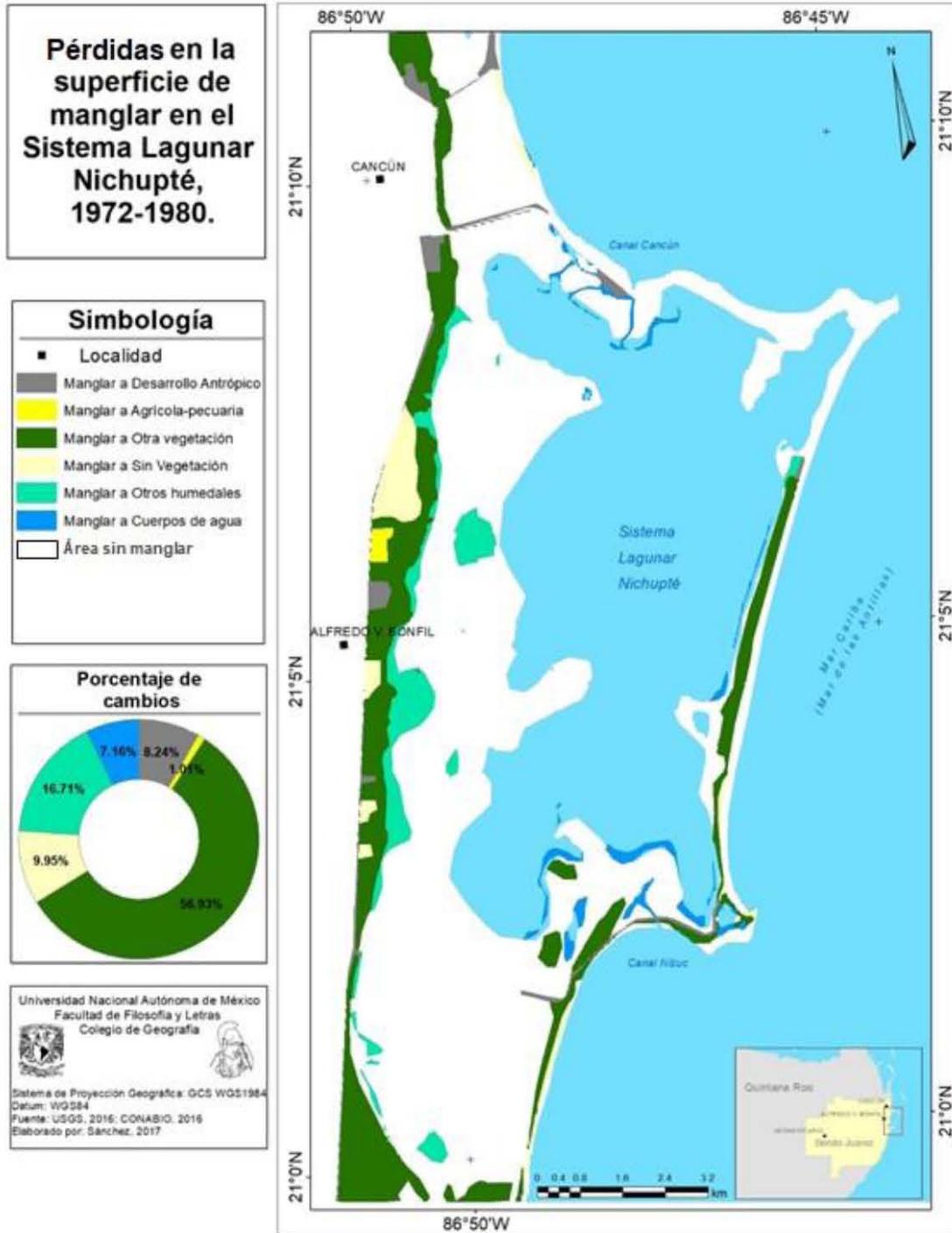


Figura 30. Cambios en la superficie de manglar, 1972-1980.

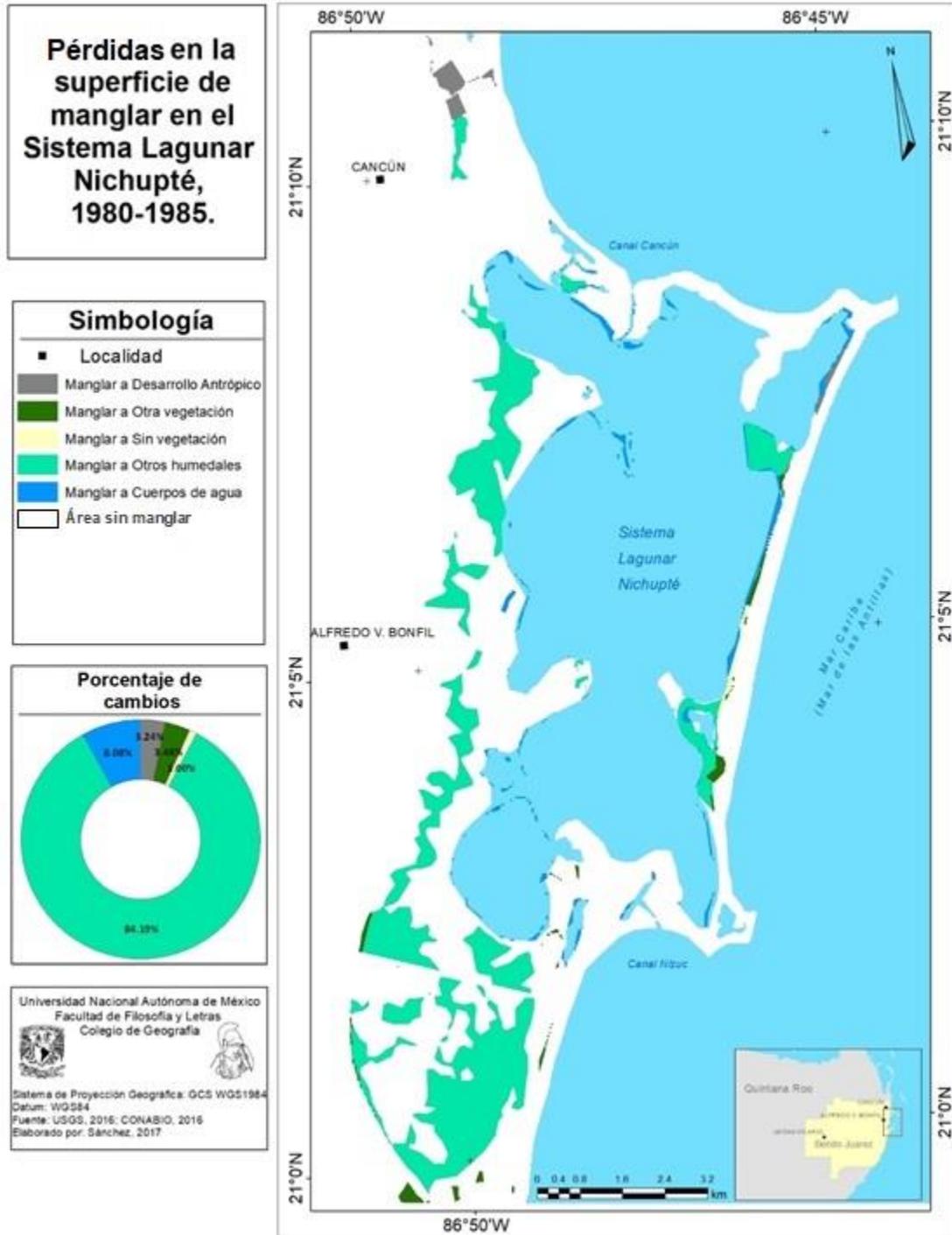


Figura 31. Cambios en la superficie de manglar, 1980-1985.

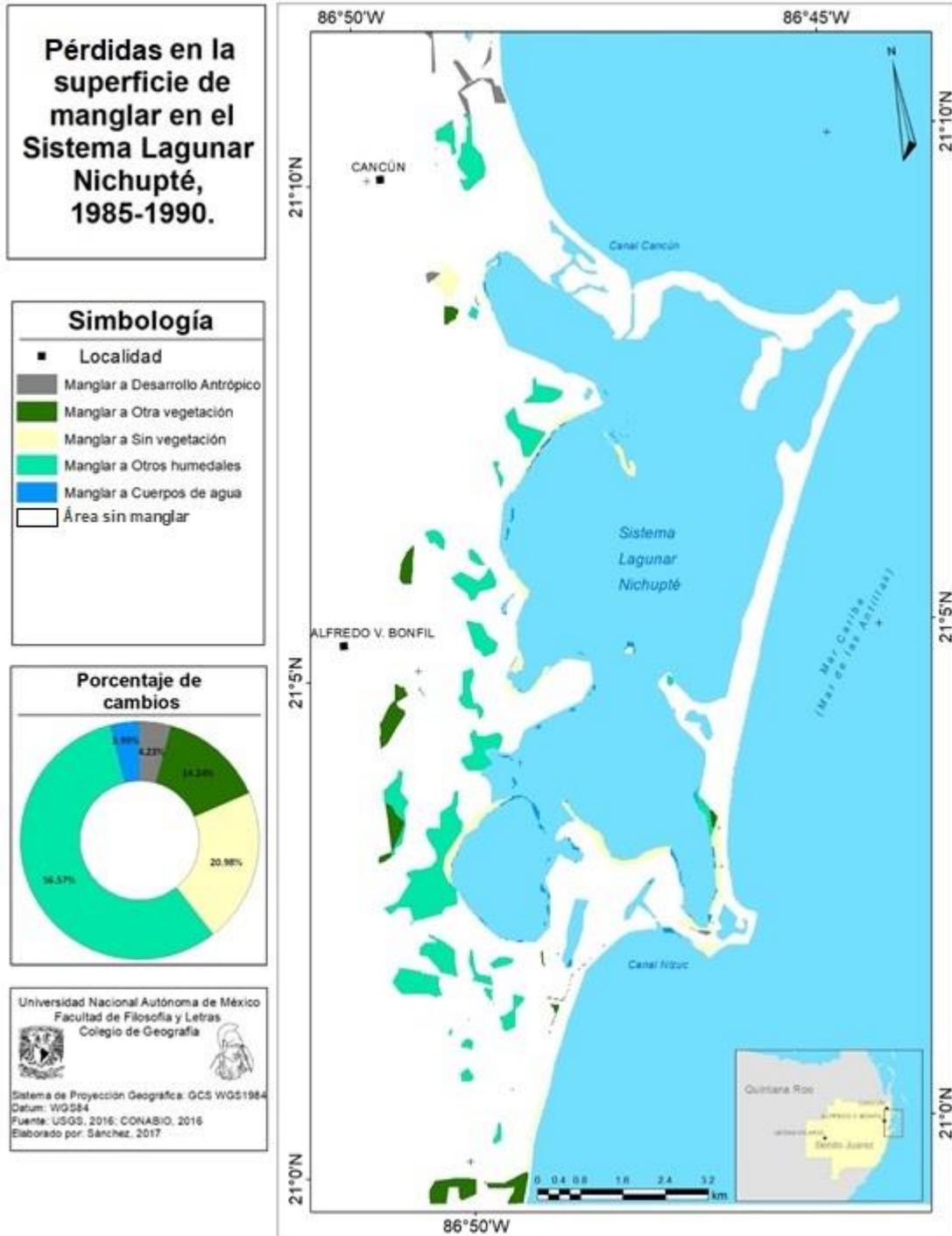


Figura 32. Cambios en la superficie de manglar, 1985-1990.

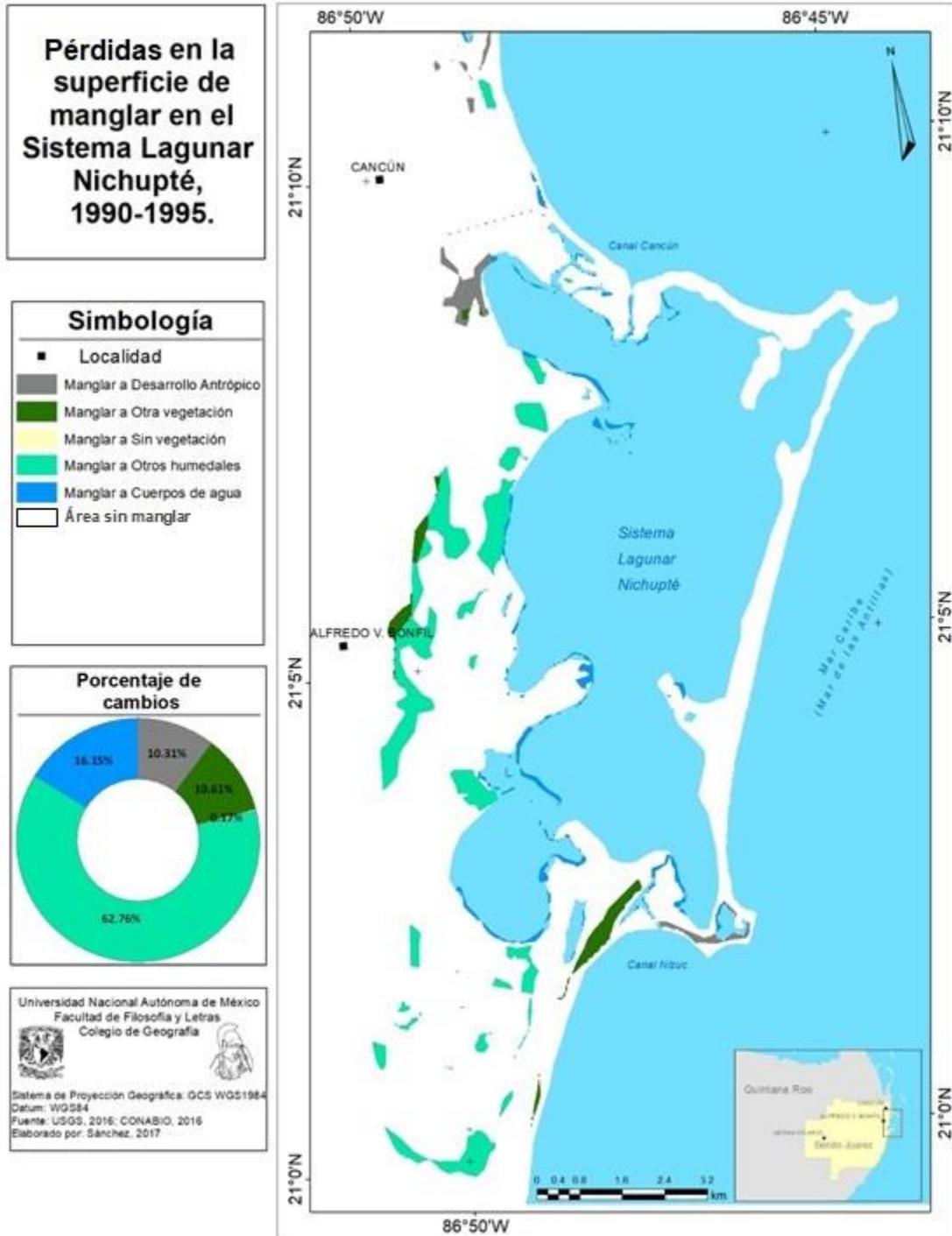


Figura 33. Cambios en la superficie de manglar, 1990-1995.

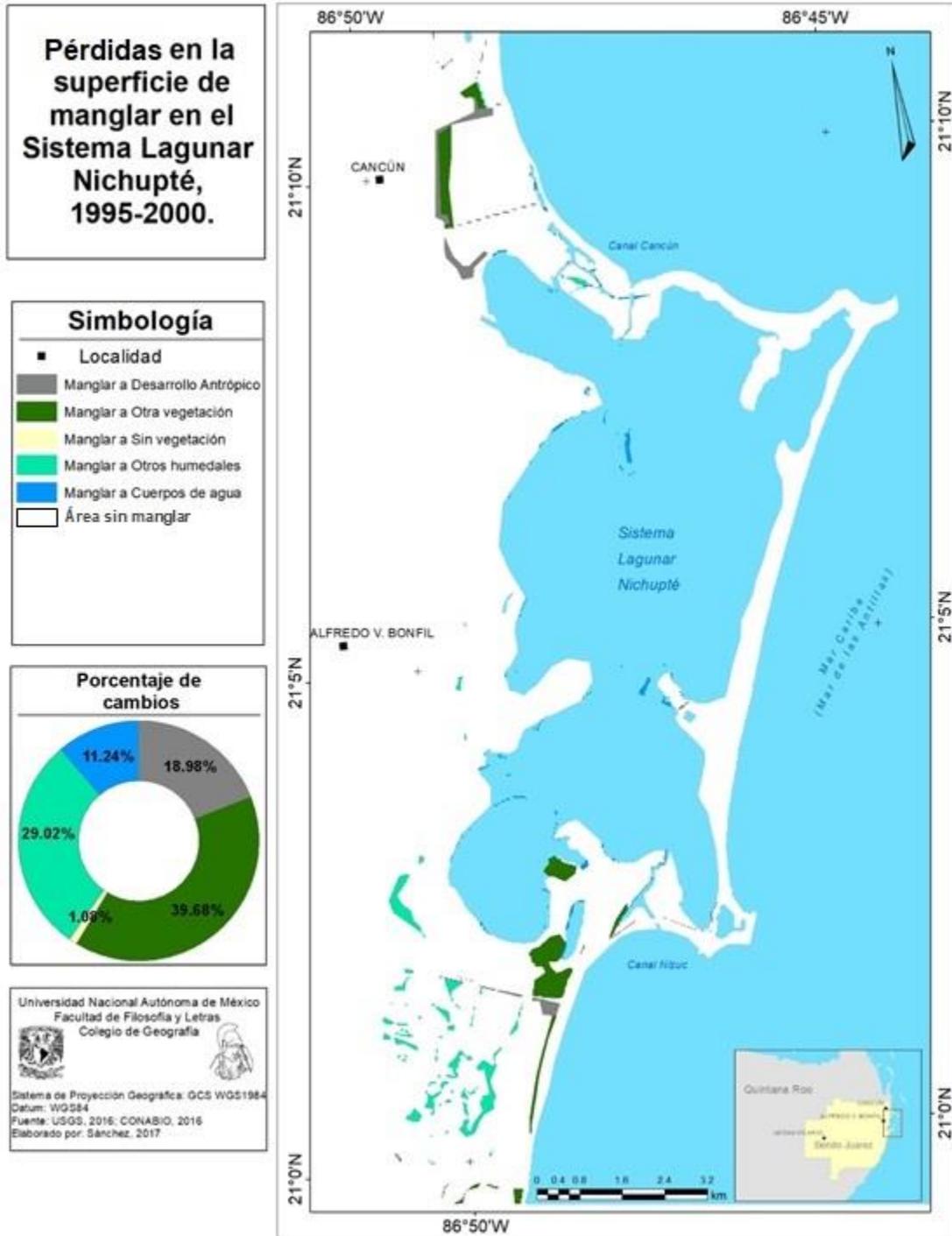


Figura 34. Cambios en la superficie de manglar, 1995-2000.

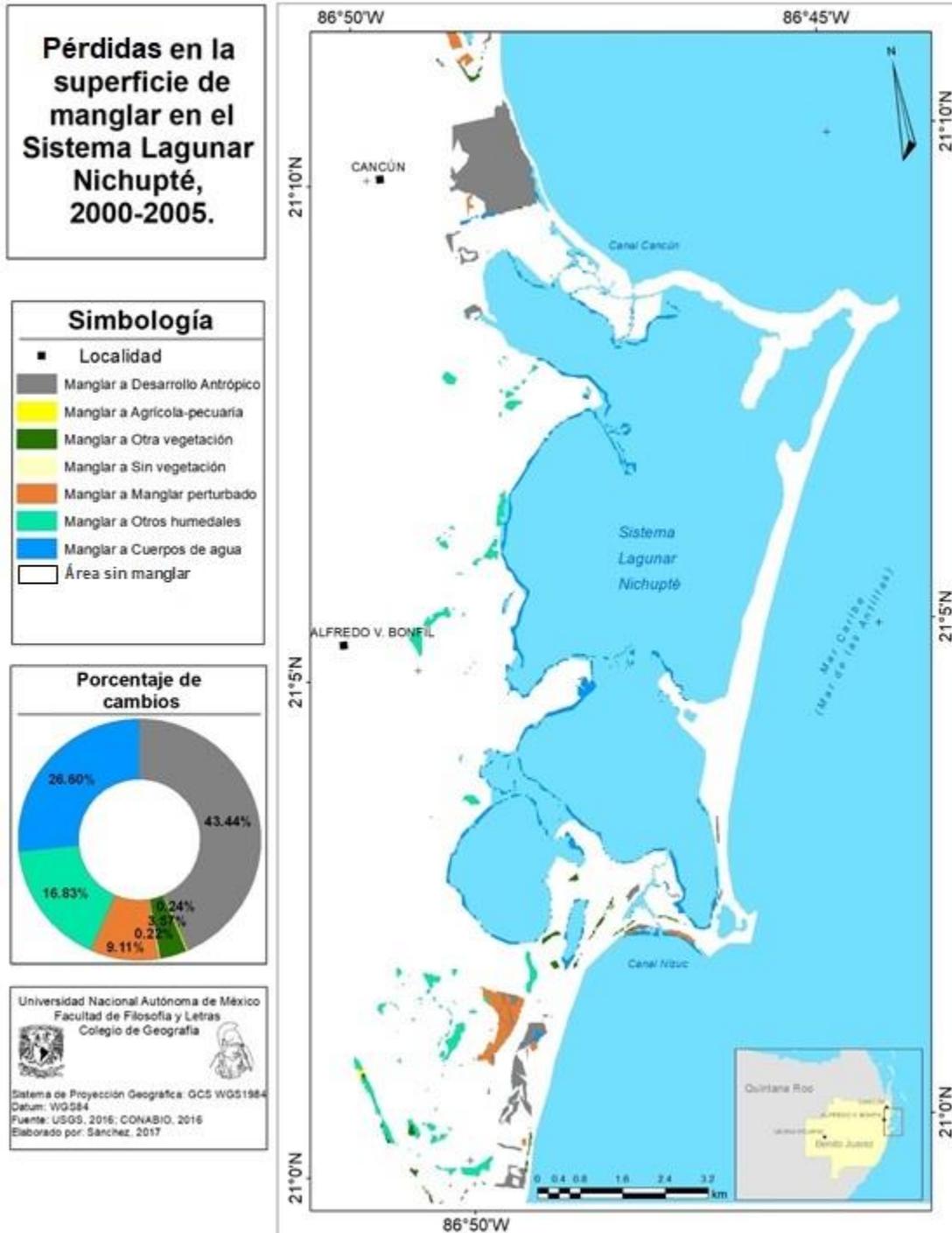


Figura 35. Cambios en la superficie de manglar, 2000-2005.

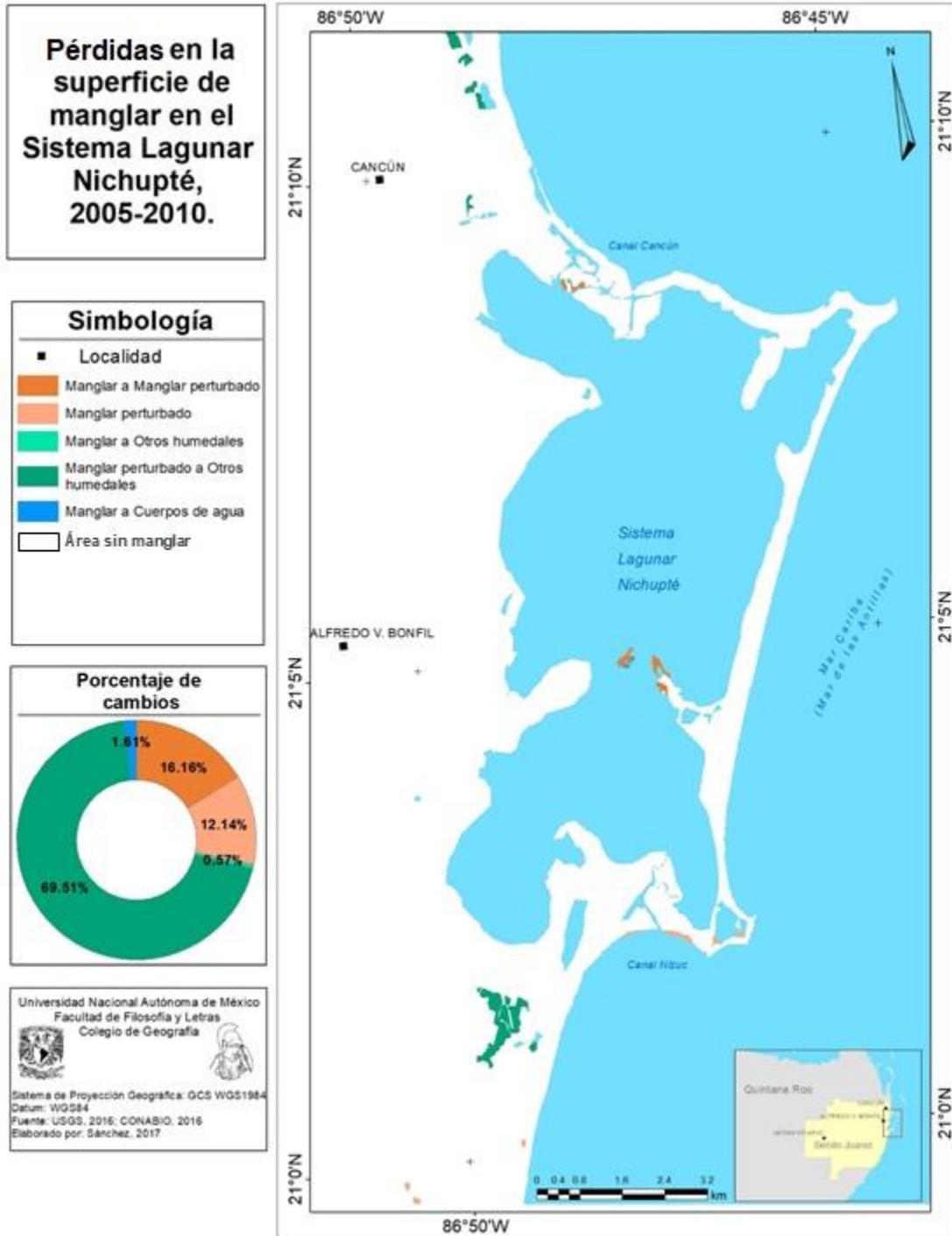


Figura 36. Cambios en la superficie de manglar, 2005-2010.

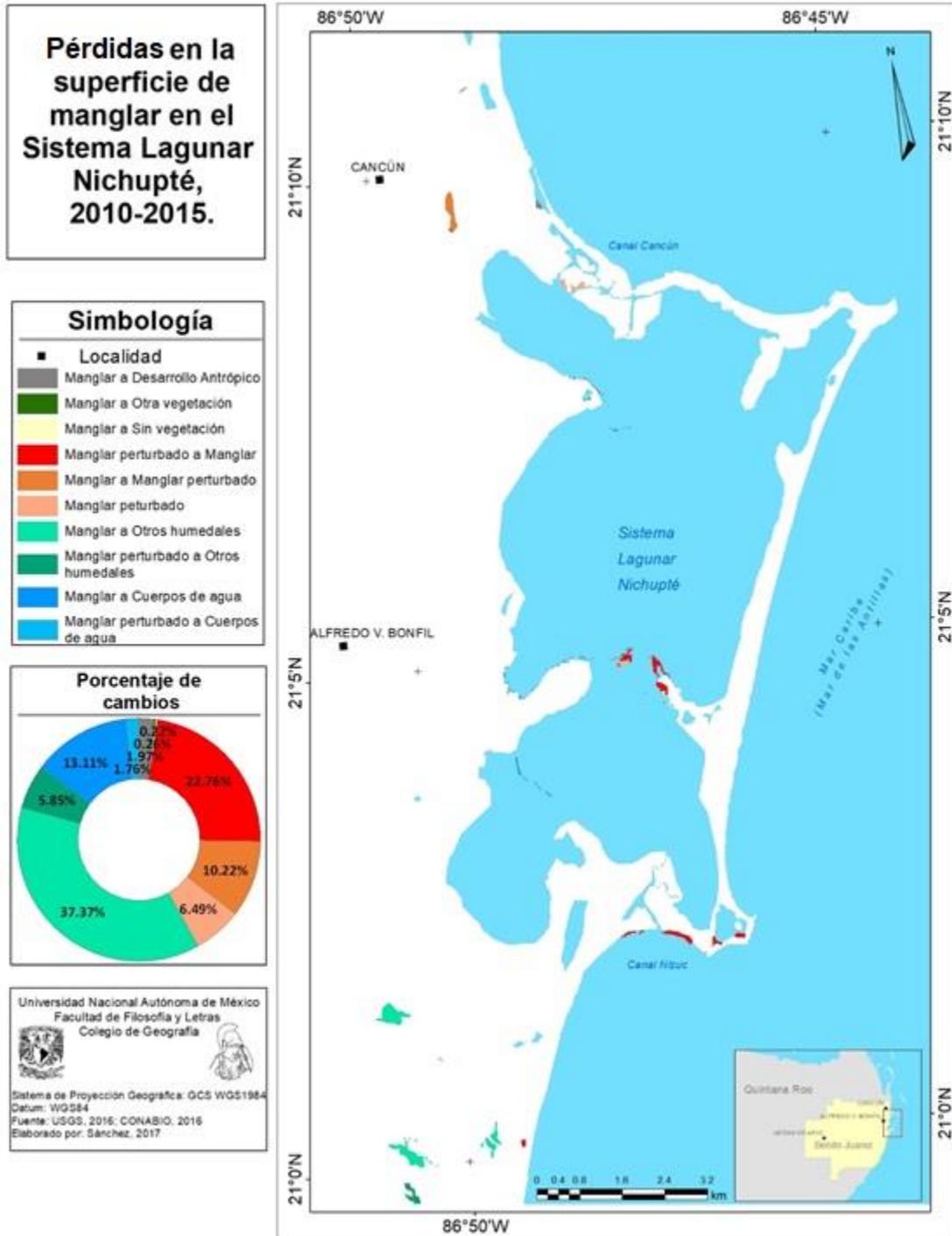


Figura 37. Cambios en la superficie de manglar, 2010-2015.

Tabla 9. Hectáreas y porcentaje de las diferentes clases de uso de suelo con respecto al total de la superficie del polígono del Sistema Lagunar Nichupté. Fuente: Elaboración propia con bas en datos obtenidos en la cartografía de CONABIO, 2016.

Clase	1972		1980		1985		1990		1995		2000		2005		2010		2015	
	ha	%																
1. Desarrollo antrópico	243	1.47%	1,339	8.08%	2,143	12.94%	2,602	15.70%	3,412	20.59%	4,616	27.86%	5,272	31.82%	5,724	34.55%	5,750	34.70%
2. Agrícola-Pecuaría	0	0.00%	113	0.68%	167	1.01%	246	1.48%	190	1.15%	0	0.00%	49	0.30%	45	0.27%	15.13	0.09%
3. Otra vegetación	4,047	24.43%	4,491	27.11%	3,487	21.04%	3,251	19.62%	2,859	17.26%	2,014	12.16%	1,486	8.97%	1,075	6.49%	1,076	6.50%
4. Sin vegetación	544	3.28%	481	2.90%	399	2.41%	592	3.57%	226	1.36%	383	2.31%	122	0.74%	124	0.75%	138	0.83%
5. Manglar	4,259	25.70%	3,987	24.06%	2,957	17.85%	2,667	16.10%	2,607	15.74%	2,980	17.99%	2,898	17.49%	2,881	17.39%	2,971	17.93%
6. Manglar perturbado	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%	83	0.50%	32	0.19%	14	0.09%
7. Otros humedales	3,021	18.23%	1,553	9.37%	2,814	16.98%	2,668	16.10%	2,460	14.84%	1,955	11.80%	1,644	9.92%	1,718	10.37%	1,661	10.03%
8. Cuerpos de agua	4,455	26.89%	4,605	27.80%	4,600	27.76%	4,543	27.42%	4,814	29.06%	4,620	27.89%	5,016	30.27%	4,970	30.00%	4,944	29.84%
Total de la superficie	16,568	100%																