



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

**PROPUESTA DE POLÍTICA DE CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA DE  
MANGLAR A TRAVÉS DE UN MÉTODO DE ANÁLISIS DE VECINDARIO  
CON BASE EN NIVELES DE PRESIÓN ANTRÓPICA Y RELEVANCIA  
ECOSISTÉMICA, CASO DE ESTUDIO: ESTADO DE QUINTANA ROO**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:  
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

PRESENTA:  
**LEONEL ÁLVAREZ BALDERAS**

DIRECTOR: DR. EDWARD MICHAEL PETERS RECAGNO  
Colegio de Geografía

MÉXICO, D. F. FEBRERO 2015



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.

*A Marielena, Orlando y Arturo*

## Agradecimientos

Por enseñarme el proceso de conservar dentro, intacta, inasequible, arraigada, insondable..., esta esencia que no me ha llevado a más que estar tranquilo conmigo mismo. Gracias Dios.

A mi familia, que nos mantenemos en una sola luz: A mi MADRE, mi verdadera heroína con su completo apoyo incondicional, que palmo a palmo, sumó segundo a segundo los tantos años victoriosos. El Morris (Orlando) siempre tan responsable y entregado a esta familia que puso antes de todo y Arturo que siempre me hace reír, con quienes dos compartí toda la vida experiencias muy buenas, de verdaderos hermanos. A mi primo Andrés Álvarez y familias de Los Reyes, Michoacán y Monterrey. IEA y SAA.

Al Dr. Edward Michael Peters Recagno por toda la confianza en esta tan sobada aventura académica, la inclusión a la docencia y libertad de enseñanza a varias generaciones de estudiantes, que solo consiguieron traer emotividad y entrega con buenos valores como universitarios. Por las oportunidades de desarrollo laboral y la incursión hacia la mancuerna de lo geográfico-biológico en el mundo de la conservación de la biodiversidad.

A Rigel Zaragoza por la amistad y que con su valiosa ayuda fue posible refinar los métodos y aplicaciones y por tantas horas conjuntas de trabajo en gabinete y campo para nutrirlo. A Ernesto Vega cuya mente maquina la chispa original en que se basó el método de este trabajo a través de esa exquisitez fluida de ideas. A Gloria Portales (Q.E.P.D), quien me dio la confianza de realizar mi primer proyecto en el instituto en momentos verdaderamente oportunos. A la Dra. Margarita Caso por todo el apoyo, facilidades para esta causa y por la confianza brindada.

A la anterior DCE ahora DVyAE del INECC, por las facilidades y apoyo en la viabilidad de estar siempre abierta a la sinergia entre la academia y el sector ambiental. Muy especialmente a la Dra. Ana Córdoba quien siempre procuró por el equipo de trabajo, como toda una buena jefa y una dama. Al Dr. Gerardo Bocco, incansable de la geografía. Al Mtro. Francisco González-Medrano que me ayudo a comprender más sobre la vegetación, incluyendo el manglar de Isla María Madre. Al Dr. Jorge Herrera Silveira por transmitir su enfoque sobre la restauración de manglares.

Al Mtro. José Santos, Geól. Alberto Pérez, Mtra. Berenice Hernández y Mtra. Angélica Franco por revisar esta tesis y sus muy valiosas aportaciones.

A SEMARNAT Quintana Roo, RB Sian Ka'an, PN Puerto Morelos y Organizadores del Congreso Internacional de Estudios Caribeños de la Universidad Nacional de Colombia sede el Caribe y Universidad de Santa Marta.

Con agradecimiento muy especial a mis hermanos del alma desde la prepa 6: Carlos Arroyo, Ángel Iglesias y Horacio Ramírez y con cariño en el corazón a Luzma, Tania Muñoz y Rosario (Roxxx) y Fam. Castillo. A Armando Becerril mi brother, Ramón Correa y Beto Miramontes. Al "Don" por el apoyo.

A los integrantes del movimiento Congreso de Geógrafos Profesionistas Universitarios y por compartir inigualables experiencias académicas, seminarios y los intentos del premio "Juan Manuel Cruz" en fin la vida en todo su esplendor: Memo, Negrito, Rosetófilo, Goyri, Culiacán, Melo, RickyLuis, "Yisus", The Uncle Lalo y Alvarito. A Nelly, Cibeli, Paola, Moi, Marlene, Margarita, Ileri, Miguel, Oscar, Nadia, Abraham, Dayana, Cristina G. Héctor, Martha, Sussan Vallentin, Malin Jönsson. A Elvia De La Cruz-Alicia Mayorga y las grandes charlas y consejos, Jessy, Edith, Rosy, Arturo Garrido, Roberto Márquez, con especial afecto a Dora Miranda, Alejandro Frías, María de Jesús Vázquez, Andrea Balleste-Carlos Martorell, Sandra Smith, Diana Garduño, Norma Valdés, Azucena Dotor, Noé Alvarado, Gerardo Negrete, Noemi, Carlitos, Jesús Yáñez, Nachito, Gil, Felipe FV, Karina R. Laura G. Marina, Lidia, Karina Santos, Erika Estrada. Por su puesto a ese grupo sin igual, mis compis del instituto: Lau Vallejos a quien considero como una hermanita, Paola Massyel un mujerón en peligro de extinción, mi Ale Domínguez Álvarez (la prima) y Erwing Martí el mismísimo Fulano Le Tal. Y por su puesto a mi PAREJURA, que ha llegado como un verdadero tsunami a moverlo todo en mí.

## INDICE

Resumen.....	5
Introducción.....	7
Objetivos .....	10
General .....	10
Particulares .....	10
Antecedentes .....	11
Área de estudio .....	13
Problemática .....	15
<b>I. Ecosistema de manglar .....</b>	<b>16</b>
1.1 Importancia del manglar .....	18
1.1.1 Importancia ecológica.....	19
1.1.2 Importancia económica .....	22
1.2 Distribución Mundial del manglar.....	23
1.3 Uso humano.....	29
1.4 Amenazas .....	30
<b>II. Manglar en México .....</b>	<b>31</b>
2.1 Distribución nacional .....	31
2.2 Estimaciones de manglar a nivel nacional .....	32
2.3 Especies de manglar en México.....	33
2.4 Algunos factores geográficos y componentes abióticos que propician el establecimiento de manglar.....	34
2.5 Amenazas .....	36
<b>III. Manglar en Quintana Roo.....</b>	<b>39</b>
3.1 Distribución estatal según la <i>Serie III</i> del INEGI .....	39
3.2 Aspectos físicos .....	41
3.3 Aspectos socioeconómicos .....	53
3.4 Especies de mangle presentes en el estado .....	58
<b>IV. Materiales y métodos.....</b>	<b>61</b>
4.1 <i>Serie III</i> (INEGI).....	61
4.2 Capas de información geográfica para la relevancia ecosistémica .....	66
4.3 Capas de información geográfica para el disturbio antrópico.....	68
4.4 Aplicación <i>SIG</i> como herramienta de análisis espacial para la distribución y caracterización de la base cartográfica del ecosistema de manglar en Quintana Roo	70
4.5 Áreas de influencia.....	73
4.6 Análisis de componentes principales.....	74
4.7 Planteamiento de políticas ambientales .....	81
<b>V. Resultados .....</b>	<b>92</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>108</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>113</b>
<b>Apéndice .....</b>	<b>127</b>

## Resumen

Se realizó un análisis espacial de Relevancia Ecosistémica (RE) y de Disturbio Antrópico (DA) al que están sometidas las áreas de manglar del estado de Quintana Roo, para clasificarlas conforme a las políticas ambientales de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente: (1) preservación, (2) protección, (3) restauración, y (4) aprovechamiento sustentable.

El trabajo se basó en la caracterización de la vegetación natural y uso del suelo alrededor (vecindad o búfer de 10 Km) de cada área de manglar. A partir de este análisis se calculó un grupo de índices compuestos por variables que miden por un lado la RE (estado de conservación y potencial para prestar servicios ambientales) y por el otro, el DA (obras o actividades que potencialmente afectan al manglar).

Respecto a la RE se tiene que el manglar de Quintana Roo presenta en un 18.4% una RE-Baja, en un 60.5% una RE-Media y en un 21.0% una RE-Alta. Respecto al DA el manglar presenta en un 44.7% un DA-Bajo, en un 42.1% un DA-Medio y en un 13.1% un DA-Alto.

Para poder determinar las políticas ambientales se analizaron los índices RE y DA en conjunto mediante un análisis de componentes principales (ACP). Con los puntajes se obtuvo que el 34.21% del manglar en Quintana Roo presenta las condiciones para aplicar la política de preservación, 26.32% corresponde a protección, 21.05% restauración-protección, 13.15% protección-aprovechamiento sustentable y restauración-protección-aprovechamiento sustentable con un 5.26%.

En resumen el presente análisis espacial pretende aportar una propuesta para la conservación del manglar, en el estado de Quintana Roo, en el marco de riesgo de amenaza de este ecosistema y de la normatividad vigente.

## **Abstract**

The present research analyzes the Ecosystem Relevance (ER) and Anthropogenic Disturbance (AD) to which mangrove areas are subject in the State of Quintana Roo, in order to classify them according to four environmental policies types: (1) Preservation, (2) Protection, (3) Restoration and (4) Sustainable use.

This work is based on the natural vegetation and the land use characterization of the surroundings of each mangrove area (adjacent elements, 10 km buffer zone) and a set of composite indexes for variables identified as a Ecosystems Relevance (state of conservation and potential for providing environmental services) and Anthropogenic Disturbances (works or activities that may affect mangrove).

Concerning the ER of mangrove in Quintana Roo, in 18.4% it has a Low ER, in 60.5% a Medium ER, and in 21.0% a High ER. As to the AD mangrove shows a Low AD in 44.7% a Medium AD in 42.1% and a High AD in 13.1%.

To define environmental policies, ER and AD indexes were analyzed as a whole through principal component analyses (PCA). From the scores it was concluded that 34.21% of mangrove in Quintana Roo is suitable for implementing the preservation policy, 26.32% for the protection policy, 21.05% for restoration-protection, 13.15 for protection-sustainable use and 5.26% for restoration-protection-sustainable use.

In summary, the present spatial analysis aims at providing a proposal to preserve mangrove in the State of Quintana Roo within the context of high degree of risk to the ecosystem and current regulations.

## Introducción

Las amenazas a los ecosistemas costeros aumentaron drásticamente durante la segunda mitad del siglo XX. Las perturbaciones de origen humano sobre éstos ocurren cada vez con mayor frecuencia y a mayor escala espacial lo que redundo en períodos de recuperación cada vez largos (Ellison, 1996).

Más del 50% de la población mundial se concentra dentro de los primeros 60 kilómetros a partir de la línea de costa (Green *et al.*, 1996; WRI 2000). Esta alta densidad que se presenta en las zonas costeras ha implicado que se susciten transformaciones agudas en el medio ambiente, tales como cambios morfohidrológicos y de uso del suelo que alteran la estructura de las diferentes comunidades vegetales y animales, así como la fragmentación y modificación del paisaje en sus patrones de cobertura (Ojima *et al.*, 1994).

En México, hasta la década de 1960 se consideraba a los manglares como áreas insalubres, criaderos de mosquitos, zonas que deberían ser “mejoradas” para cultivos, inclusive aún prevalece este criterio en algunos desarrollistas. Se estima que para el período de 1966 a 1991, el porcentaje de deforestación fue mayor en el litoral del Golfo de México que en el litoral del Pacífico (Tovilla, 1994; Zaragoza *et al.*, 2005).

Generalmente el efecto indirecto de la perturbación de manglares sucede con mayor frecuencia en sitios aledaños e inclusive lejanos a estos, presentándose con la construcción de caminos o carreteras, la urbanización en las zonas costeras, sobre todo con un nuevo auge de la edificación de desarrollos turísticos que prefieren invertir a pie de playa y ofrecer el paisaje costero como un elemento muy redituable, pero con un gran impacto.

Geográficamente la distribución de los manglares es afín a las características climáticas y fisiográficas de la costa. Existen en áreas que alcanzan temperaturas ambientales no menores a 20°C con oscilaciones térmicas menores a 5°C. Los manglares de la costa noroccidental de la República Mexicana son menos extensos y desarrollados que los del Golfo de México y la costa sudoccidental (Agraz-Hernández *et al.*, 2006). La distribución, composición y fisonomía de las comunidades de manglar están influenciadas por los cambios latitudinales en la temperatura y la precipitación, pero localmente dependen de la geomorfología, el substrato, la salinidad, la inundación y el relieve (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Inclusive a los manglares se

les considera como un ecosistema fundamental donde se desarrollan una gran parte de especies de peces y crustáceos de importancia comerciales (Aburto y Ezcurra, 2008).

La problemática que enfrenta el ecosistema de manglar es alta y grave por lo que el uso de herramientas de análisis espacial puede proporcionar una ayuda para el conocimiento y monitoreo de los mismos. Un Sistema de Información Geográfica (SIG) aprovecha las posibilidades analíticas de los ordenadores, analizando la información que contienen almacenada en formato digital, lo que facilita múltiples operaciones que resultan difícilmente accesibles por medios convencionales como la generalización cartográfica, integración de variables espaciales, modelado del relieve o el análisis de vecindad. Debido a esto y las ventajas en la disponibilidad del acceso y manejo de información base y especializada generada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) sobre vegetación y uso del suelo, así como otras capas temáticas digitales extraídas de la carta topográfica permiten la obtención de variables biofísicas para el análisis sobre estos frágiles ecosistemas.

Quintana Roo es una entidad que registra un alto porcentaje de la vegetación de manglar en el país (INEGI, 2005) y que de acuerdo con la SEMARNAT (2006) que señala como las fuentes principales al cambio de uso de suelo, la creación de infraestructura y la contaminación, como los principales problemas que afectan a los ecosistemas de manglar. Bajo este contexto se realiza un *análisis de vecindario* mediante la aplicación de un sistema de información geográfica y análisis multivariado, para cuantificar las amenazas o presiones antrópicas a las que está sometida cada área de manglar presente dentro de los límites estatales.

El presente trabajo muestra un panorama internacional (capítulo I) de la distribución e importancia del manglar en aspectos ecológicos y algunos alcances económicos, el uso y utilización antrópica en donde también se incluye las principales amenazas hacia este ecosistema. En el capítulo II, se hace referencia a los diversos esfuerzos para estimar la cobertura en el ámbito nacional, así como de aquellos factores geográficos y componentes abióticos que propician el establecimiento del manglar, en tanto que también se reconocen las amenazas más considerables que lo afectan. En el ámbito estatal (capítulo III), nos refiere a la distribución del manglar según la *Serie III* del INEGI para Quintana Roo, donde también y de manera general se señalan los aspectos físicos y socioeconómicos, así como, se incluyen las fichas técnicas de las especies de manglar presentes en el estado. El marco metodológico y los materiales

utilizados se desglosan en el capítulo IV, identificando y explicando los elementos espaciales considerados que fungen como perturbadores antropogénicos o de relevancia ecosistémica en cada área de mangle registrada en el inventario de vegetación, llevándonos a la creación de variables e índices para una tentativa zonificación con base hacia la dirección de las políticas de conservación, así como a la interpretación de los resultados y conclusiones (capítulo V y VI).

## Objetivos

### General

Realizar una propuesta de análisis espacial para la conservación del manglar en el estado de Quintana Roo, a través de la importancia ecosistémica y el grado de presión antrópica de sus áreas vecinas.

### Particulares

- 1.- Seleccionar las variables a través de capas de información geográfica para calcular la presión antrópica y la relevancia ecosistémica del manglar en el estado de Quintana Roo.
- 2.- Conformar una base de datos con las variables de presión antrópica y relevancia ecosistémica, empleando un análisis de vecindad mediante la aplicación de un SIG.
- 3.- Generar las variables e índices que definen los ejes de importancia ecosistémica y el grado de disturbio antropogénico.
- 4.- Establecer las categorías de presión y relevancia ecosistémica a través de un análisis multivariado.
- 5.- Elaborar los mapas de presión antrópica y relevancia ecosistémica.
- 6.- Elaborar un mapa que represente las políticas ambientales para la conservación del manglar en el estado de Quintana Roo.

## **Antecedentes**

A continuación se presentan las investigaciones que han servido como marco de referencia para el presente trabajo.

### *Manglar*

Los inventarios de vegetación realizados en México, representan un cúmulo de esfuerzos, habilidades y la aplicación de herramientas concebidas en un momento determinado por un grupo de expertos en temas afines a la geografía, botánica, biología y ecología entre otras.

El INEGI ha realizado esfuerzos en la generación de cartografía del Uso de Suelo y Vegetación, en donde se incluye al manglar, logrando establecer su distribución y la extensión que ocupa este tipo de vegetación a nivel nacional en escalas 1: 250 000: Serie I en 1976; Serie II en 1994; Inventario Forestal Nacional realizado en el 2000, la Serie III en el 2005 (información base para este estudio), la Serie IV en 2009 y la Serie V en 2012.

El Continuo Nacional de Cambio de Uso de Suelo y Vegetación, Serie III del INEGI a escala 1:250, 000 representa uno de los grandes esfuerzos para el conocimiento de los ecosistemas a nivel nacional. La información a un nivel de detalle por tipos o unidades de vegetación representan a los grandes biomas: bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas, vegetación acuática y subacuática entre otros que se encuentran de manera representativa en México.

Obtenida en el período 2002-2005 es una fuente importante de información para los estudios temporales de las comunidades vegetales, así como el monitoreo de la cubierta vegetal en México, lo que permite identificar la condición en que se encuentra, el nivel de degradación, las características de la agricultura, los tipos de cultivos, ganadería y las actividades forestales entre otros, con el fin de apoyar a los investigadores y tomadores de decisiones en el conocimiento y uso de los recursos vegetales de México (INEGI, 2009).

La información base que el INEGI genera puede ser utilizada por herramientas de carácter geográfico (SIG) y la aplicación de métodos estadísticos (multivariados) como un aporte importante en la comprensión de la problemática de la disminución y el

deterioro que ha presentado el manglar a lo largo de las costas de Quintana Roo, identificado a través de un marco de variables biofísicas y de carácter antrópico, los elementos o actividades que causan mayor disturbio.

#### *Sistemas de Información Geográfica (SIG), zonificación del manglar y políticas de conservación*

La potenciación que puede ofrecer un SIG como un sistema herramienta-análisis que parte de la información espacial a una determinada escala para objetos de estudio y problemáticas ambientales y sociales cada vez con mayor aplicación, nos provee de resultados que pueden ser considerados para la toma de decisiones en materia de políticas públicas para la conservación del manglar.

Aunque no existen muchas referencias sobre la aplicación del sistema conceptual sobre la cual se basa la presente investigación a través de un método propuesto para territorio mexicano: *-delimitación del área de influencia-aplicación SIG-ACP-propuesta de política de conservación-*, existen algunas aproximaciones que suponen fases metodológicas aquí consideradas que toman parte en investigaciones sobre el manglar en diferentes estados e incluso a nivel internacional, el estudio de Sánchez-Paéz y colaboradores (2004), identifican métodos de zonificación de acuerdo a principios de agrupación ecológica, social, económica y de gestión tanto para fines de planeación territorial.

#### *Método Análisis de Componentes Principales (ACP)*

Se señalan aportes sobre estimaciones que corresponden a análisis multivariados sobre biodiversidad (McGarigal *et al.*, 2000) para generar áreas de geoconservación (Zaragoza, 2014) y de manera concreta sobre manglares (Herrera-Silveira *et al.*, 2009) que consideran similitudes en la aplicación de métodos y análisis.

#### *Políticas de conservación*

Las políticas ambientales planteadas fueron definidas en base a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), a la revisión de la congruencia y transversalidad de aquellos instrumentos de política ambiental que inciden en el área de estudio regulando y orientando la planeación territorial; como aquellas establecidas en el Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio (POEGT) con la finalidad de crear mayor eficiencia con la escala de trabajo presentada.

## Área de estudio

### *Localización y colindancia*

El estado de Quintana Roo se extiende entre los paralelos 17° 53' y 21° 37' de latitud norte y los meridianos 86° 42' y 89° 20' de longitud oeste. Tiene un área de 43,112 km<sup>2</sup> incluyendo la superficie de la Isla Cozumel (477 km<sup>2</sup>) y la Isla Mujeres (5 km<sup>2</sup>) y una longitud de litoral de 865.22 km., representando el 2.2% de la superficie del país (INEGI, 2000).

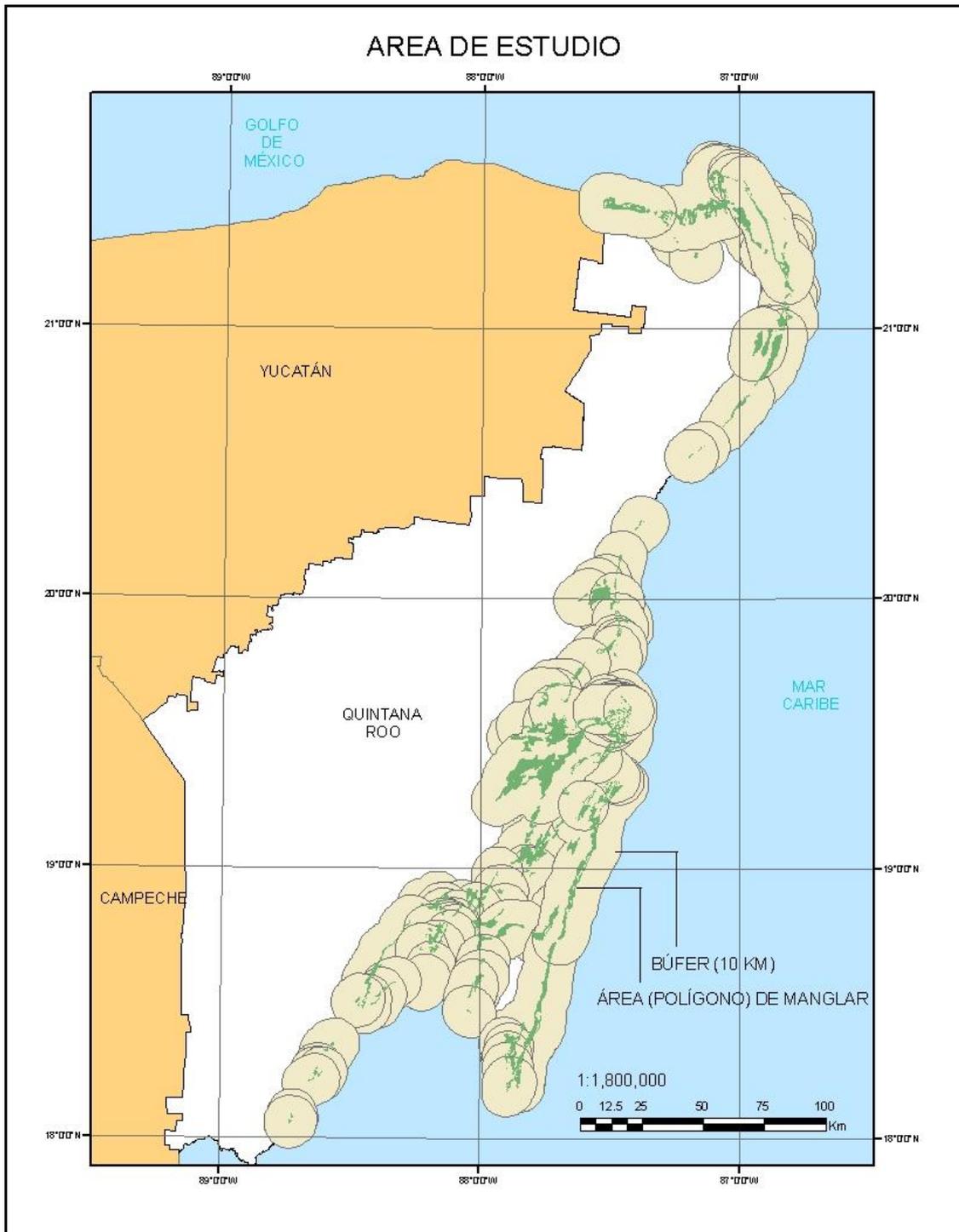
Quintana Roo colinda al norte con Yucatán y con el Golfo de México; al este con el Mar de las Antillas, también conocido como el Mar Caribe; al sur con la Bahía de Chetumal-Belice y al oeste con Campeche y Yucatán.

La presencia del manglar se encuentra distribuida a lo largo de todos los municipios que componen al Estado: Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, Othón Pompeyo Blanco, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y Solidaridad. El municipio de José María Morelos, ubicado al oeste y con colindancia con el Estado de Yucatán no cuenta con presencia de manglar y el de Cozumel no fue considerado al excluir el manglar insular por falta de disponibilidad de datos en las capas de información geoespacial utilizadas para la presente investigación.

De manera concreta el área de estudio se detalla de la siguiente forma:

- 1.- La superficie de manglar existente según la capa de Uso de Suelo y Vegetación de la Serie III del INEGI (2005). Escala 1:250 000.
- 2.- Conjunto de las áreas de influencia creadas a partir de la superficie de cada polígono de manglar resultante.

Considerando lo anterior para fines prácticos referenciales, se creó una representación del área de estudio con mayor detalle (mapa 1).



Mapa 1. Área de estudio creada a partir del mapa de vegetación y uso de suelo (INEGI, 2005).

Las coordenadas extremas correspondientes a las áreas de influencia o búferes son:  
 Norte: 21° 40' 39.9"  
 Sur: 17° 57' 35"  
 Este: 86° 41' 01"  
 Oeste: 88° 49' 40"

## **Problemática**

Las amenazas al manglar han aumentado durante la segunda mitad del siglo XX. Las perturbaciones de origen humano sobre éstos ocurren cada vez con mayor frecuencia y a mayor escala espacial, lo cual requiere períodos de recuperación cada vez mayores (Ellison, 1996). La vulnerabilidad de este ecosistema es alta y las leyes ambientales lo señalan como amenazado (NOM-059-SEMARNAT-2010), debido a un constante deterioro generado por las actividades humanas. En Quintana Roo se registran 187,262 hectáreas (INEGI, 2005) distribuido ampliamente sobre toda la costa del estado, donde prácticamente se presenta la deforestación, el cambio de uso del suelo, la interrupción superficial de flujos de agua para la creación de vías de comunicación y zonas urbanas, lo que provoca que grandes extensiones de manglar tengan una alta mortalidad. Esta situación se encuentra reflejada en la evaluación sobre las tasas de pérdida de manglares en México, estimándose una pérdida de cobertura de 2.8 anual para la región de Golfo de México y Península de Yucatán (Zaragoza *et al.*, 2005).

La falta de caracterización y cuantificación de los agentes de disturbio en Quintana Roo, conduce a vacíos u omisiones en el aporte de insumos de investigación, que pueden dirigir y aplicar con una mayor congruencia las políticas ambientales.

## Capítulo I. Ecosistema de manglar

Dado que los manglares forman parte de los humedales, es necesario señalar que el “humedal costero”, se basa en la integridad del ecosistema, que incluye la unidad fisiográfica inundable y de transición entre aguas continentales, marinas y la comunidad vegetal que se ubica en ellas, así como las regiones marinas de no más de 6 m de profundidad en relación al nivel medio de la marea más baja (DOF, 2003).

La Ley de Aguas Nacionales (DOF, 2013) define a los humedales como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional, las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos.

Los humedales representan ecosistemas estratégicos y de gran importancia para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, por lo que es necesario llevar a cabo acciones que aseguren el mantenimiento de sus características ecológicas, por ello, a partir del 2003, la CONANP es la entidad administrativa del Gobierno Federal encargada de atender aquellos humedales que han sido reconocidos por la Convención Ramsar como humedales de importancia internacional (DOF, 2012: Reglamento Interior de la SEMARNAT, Artículo 70., Fracción XIV).

### *Manglar*

La Convención RAMSAR lo define como “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Secretaría de la Convención de RAMSAR, 2013).

El término “Mangle” deriva de un vocablo guaraní que significa árbol torcido. 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) (Agráz-Hernández *et al.*, 2006). Sin embargo, en

ocasiones los árboles de mangle crecen en agua de mar que no ha sido diluida con agua dulce de origen continental (Por, 1984).

Los manglares crecen prolíficamente a lo largo de las costas sedimentarias bajas situadas en áreas deltaicas donde predomina sustrato limo-arcilloso, más que arena. Asimismo, la cobertura de los bosques de manglar es más extensa en áreas costeras asociada a grandes descargas de los ríos que proporcionan nutrientes y crean ambientes de baja salinidad (Cintrón y Schaeffer, 1992; Kjerfve *et al.*, 1997) y la alta productividad que alcanza puede ser de hasta más de 25 toneladas de peso seco por hectárea por año (Agráz-Hernández *et al.*, 2006).

Rzedowski (1978) define al manglar como una formación leñosa, densa, frecuentemente arbustiva, o bien arborescente desde los 2 a los 25 metros de altura, que puede estar compuesto por una o varias especies de fanerógamas, prácticamente sin plantas herbáceas y sin trepadoras, rara vez con alguna epífita o parásita. Las especies que lo componen son de hoja perenne o de borde entero. El sistema radical de algunas especies presenta raíces zancas y neumatóforos que cumplen la función de sostén en el fondo lodoso y de órganos de respiración aérea, pues el sustrato es pobre en oxígeno. Otras características de los componentes de esta comunidad son la alta presión osmótica de sus tejidos (una adaptación a la alta salinidad) y la frecuente viviparidad de las especies, de manera que los propágulos consisten de plántulas cuyo período crítico de germinación puede llevarse a cabo fuera del medio salino, cuando aún las semillas no se han desprendido de la planta.

Los manglares son dominantes en los estuarios, deltas de ríos, lagunas costeras y bahías de los trópicos y subtropicos del mundo (Chapman, 1984). Universalmente están formados por unidades taxonómicas muy diversas, agrupadas aproximadamente en 12 familias que comprenden más de 50 especies (Chapman, 1970), protege la costa de la abrasión marina y constituye áreas de desove, apareamiento y protección de estadíos juveniles de numerosas especies marinas económicamente importantes (Aburto-Oropeza *et al.*, 2008) como el camarón que es una de las fuentes principales de ingresos de pescadores en las lagunas y mar abierto de regiones tropicales (Martusobroto y Naamin, 1977).

## 1.1 Importancia del manglar

### 1.1.1 Importancia Geográfica

Desde la perspectiva geográfica, el manglar puede considerarse bajo dos principios que han sido manejados desde la visión paisajística, que de acuerdo a sus fundamentos teóricos-metodológicos se consigue adecuar en la diferenciación de unidades para la clasificación y cartografía de los paisajes de manglares (Priego *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2006).

1.- Histórico-evolutivo. Los geocomponentes co-evolucionan en el espacio y el tiempo. El seguimiento de este principio obliga a esclarecer el papel de los factores formadores del paisaje en el territorio y permite encontrar la medida de abstracción necesaria para abarcar en un sistema único a la mayoría de los fenómenos materiales de los sistemas geográficos.

2.- Estructuro-genético. Todas las entidades geográficas poseen una determinada estructura y todas son consecuencia de un proceso genético definido. Este principio implica esclarecer las relaciones entre los distintos componentes de la estructura vertical del paisaje (roca o depósitos, relieve, condiciones hidroclimáticas, suelos y biota), así como las causas y condiciones de formación del geocomplejo. Las peculiaridades de la estructura del paisaje se manifiestan diferencialmente en el tipo de relieve y su descomposición morfológica.

Los resultados sugieren que este enfoque puede ser de gran utilidad para el inventario, caracterización y cartografía de manglares a escala detallada, brindando información sobre el tipo genético del relieve, composición litológica, periodicidad de inundación de las superficies, cobertura vegetal y suelos.

#### *Patrón espacial*

El patrón espacial observado en la vegetación es el resultado de la interacción de los procesos pasados entre un número de factores que incluyen el clima, la topografía, la formación del suelo, la vegetación misma y el disturbio histórico, que dan parte al establecimiento, el crecimiento, la competencia, la reproducción, la senescencia y la mortalidad (Dale, 1999).

Las escalas de aplicación son variadas y se clasifican en amplias categorías, la escala de paisajes e inclusive otras menores, se puede observar cómo se afecta la biodiversidad y la función ecosistémica (Turner, 1989).

La utilización de varias escalas de observación es una estrategia frecuentemente recomendada a la hora de caracterizar el patrón espacial de la vegetación (Rietkerk *et al.*, 2002); incluyendo las herramientas metodológicas que pueden proporcionar información a escalas muy detalladas, por ejemplo las fotografías aéreas pancromáticas para el levantamiento y clasificación de las comunidades de manglar pueden arrojar datos más precisos y con los alcances tecnológicos actuales prácticamente las imágenes de satélite se puede clasificar, contabilizar y ver las afectaciones de la salud en áreas de manglares que anteriormente no estaban contempladas. Pero los alcances deben considerar abiertamente entre el tiempo, el material humano e inclusive el costo del proyecto considerado.

Otras aportaciones a un posible patrón espacial de la vegetación de manglar pueden verse en el aporte de Chapman (1984) que menciona que para el desarrollo de los manglares deben considerarse las características siguientes:

I) Temperatura del aire: áreas con temperatura promedio del mes más frío superior a los 20°C y variación estacional no exceda 5°C; II) corrientes oceánicas: ausencia de corrientes frías; III) protección: costas donde hay protección contra la acción del oleaje fuerte, IV) litorales someros: pendiente no pronunciada facilita la penetración de la marea con mayor facilidad; V) agua salina: no es requisito pero ayuda a disminuir la competencia con otras especies; VI) ámbito de mareas: parece ser que las mareas controlan la zonación vertical de algunas especies de mangle, un amplio ámbito de mareas asociado a una costa con poca pendiente promueve el desarrollo de una amplia franja de manglar; y VII) sustrato lodoso: los manglares más extensos están asociados invariablemente a suelos lodosos (Rico-Gray, 1993).

### 1.1.2 Importancia ecológica

La importancia ecológica del manglar ha sido ampliamente documentada (Kathiresan y Rajendran, 2002) resaltando que este ecosistemas es uno de los más productivos del planeta (Salm *et al.*, 2000), siendo de gran valor para los hábitats marinos adyacentes, al mismo tiempo que protegen a los geosistemas prelitorales de la abrasión marina, detienen la penetración de la cuña salina y absorben parte importante de la salinidad por pulverización.

La función ecológica dominante de los manglares es el mantenimiento de hábitats costero-marinos y la provisión concomitante de alimento y refugio para una gran variedad de organismos a diferentes niveles tróficos, pero en específico los manglares (Yáñez *et al.*, 1998). De acuerdo con la FAO cerca del 80% de la captura mundial de peces marinos se realiza en la franja costera. Además, muchas poblaciones de aves acuáticas utilizan los manglares como zonas de reposo y reproducción (CONABIO, 2008).

#### *Cadena trófica en el manglar*

El principal flujo de energía sigue la trayectoria posterior: Detritus de hojas del manglar - Bacterias y hongos - Consumidores de detritus (herbívoros y omnívoros) - Carnívoros inferiores - Carnívoros superiores. La descomposición de las hojas de mangle sostiene una cadena alimenticia muy extensa, alrededor de 1 000g peso seco/m<sup>2</sup>/año (Flores Verdugo *et al.*, 1990), cerca del 25% del material detrítico es transportado a mar abierto por efecto de las mareas, constituyendo así al manglar, como uno de los ecosistemas con mayor exportación de nutrientes (Clough, 1982). El mangle rojo produce hojarasca a una tasa más alta que la mayoría de las otras especies cuando crece bajo condiciones ribereñas 2 g/m<sup>2</sup>/día (Lugo y Snedaker, 1974).



Foto 1. Hojarasca de manglar rojo en Ría Celestún. © Leonel Álvarez

#### *Captura de carbono*

Los manglares son fundamentales en la captura de carbono para reducir los efectos que induce la ruptura de la capa de ozono y el efecto invernadero sobre el planeta. Estos cambios se encuentran alterando los patrones de temperatura, precipitación pluvial, depresiones tropicales, huracanes, variaciones del nivel medio del mar y descargas de ríos (Yáñez *et al.*, 1998). La estimación de carbono orgánico (CO) en los suelos del mundo es de 1 500 pico gramos (pg), cerca de 2.1 veces más que en la

atmósfera y cerca de 2.7 veces más que la reserva biótica que comprende la vegetación del mundial (Neill *et al.*, 1998).

En los suelos orgánicos de manglares, los promedios de descomposición pueden ser más bajos y por lo tanto el potencial de almacenamiento de C del suelo puede ser más alto que en sistemas de agua dulce (Izaurre *et al.*, 2001). Los resultados de algunos estudios indican que la composición de los residuos de plantas, así como el incremento de la salinidad afecta el flujo superficial del CO<sub>2</sub> y C orgánico disuelto durante la descomposición del residuo de plantas, pudiendo ser una consideración importante para el almacenamiento de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en sistemas salinos, por lo tanto se considera a las plantas halófitas como una alternativa para la captura de C (Olsen *et al.*, 1996).

Además, Karmarkar (1982) menciona que los residuos del mangle son el principal componente orgánico y su acumulación se atribuye a la intensa actividad biológica que acompaña su descomposición, en el período en que el suelo permanece con bajo contenido de agua.

En la tabla 3 se observa que los suelos orgánicos formados bajo comunidades de mangle, tienen un gran potencial como reserva de C y pueden desempeñar un papel importante en la regulación de la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico (Zhong y Qigou, 2001).

Cuadro 1 comparativo de almacenaje de carbono orgánico realizado en diferentes sitios y usos del suelo.

Sitio o uso del suelo	Almacenaje de carbono (kg C m <sup>-2</sup> )	Referencia
Montaña Olímpica, EUA	3.5-14.5	Prichard <i>et al.</i> , 2000
China Tropical y subtropical		
Pantanos de vegetación herbácea	40.0	Zhong y Qigou, 2001
Suelos bajo coníferas	19.6	
Bosques de hoja ancha	19.2	
Suelos de arrozales	12.6	
Tierras altas	9.4	
Pastos de sabana	10.5	
Brasil		Lal, 2001
Bosques vírgenes	13.0 – 37.0	
Selva secundaria	10.0 – 20.0	
Suelos de sábana	9.0 – 16.0	
Oxisol	12.0 – 24.0	
Suelos agrícola	2.0 – 10.0	Rabenhorst y Swanson, 2000
Histosol	9.0 – 191.0	

Fuente: Moreno *et al.*, 2002.

### 1.1.3 Importancia económica

La importancia económica de los manglares es sin duda un tema que ha tenido en los últimos años aportaciones considerables, lo que ha arrojado que este ecosistema sea altamente valorado en la perspectiva ambiental en tan sólo décadas. Los bienes y servicios ambientales que provee comienzan a comprenderse en su funcionalidad para la protección natural de las costas, así como para la productividad pesquera y las actividades recreativas.

#### *Valor económico total del manglar.*

El valor económico total de los manglares (Fig. 1), se compone de distintos tipos de valor: a) valores de uso directo extractivos como leña o taninos. (b) los de uso directo no extractivo como la recreación, (c) valores de uso indirecto como la gran variedad de servicios ambientales que proveen los manglares (captura de carbono, protección contra tormentas, filtrado de aguas residuales, hábitat para especies pesqueras, entre otros), (d) los valores de uso futuro como el almacenamiento de información genética y (e) los valores de existencia ya sean culturales, religiosos o éticos (Sanjurjo y Welsch, 2005).

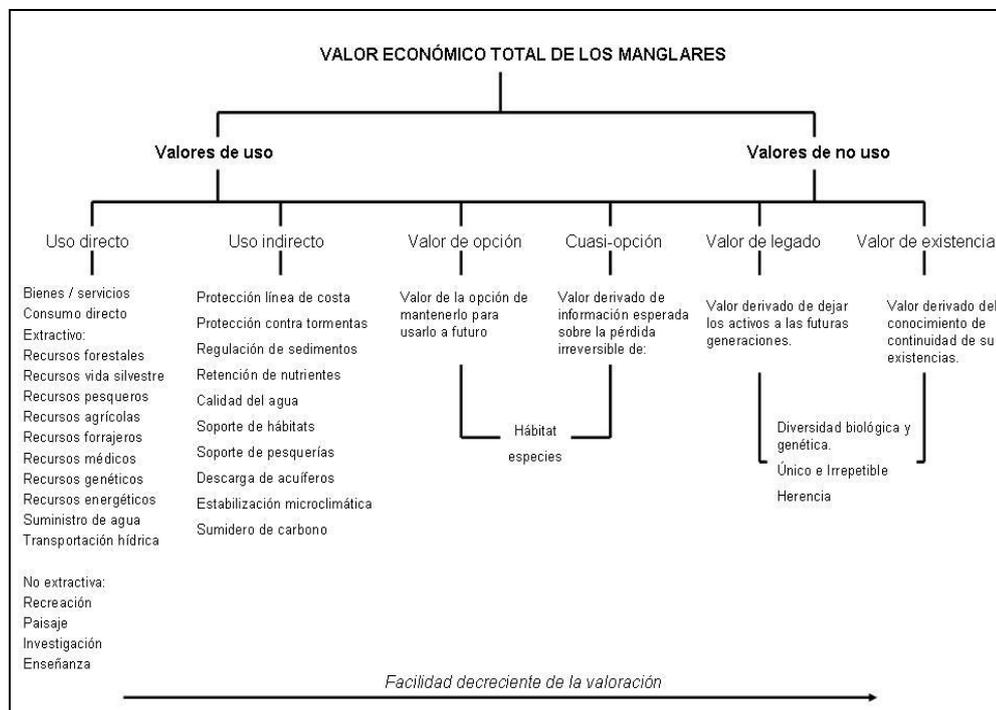


Figura 1. Valor económico total del manglar (Modificado de Spurgeon, 1992). \*Tomar en cuenta que los organismos, los hábitats y los ecosistemas también tienen un “valor intrínseco” o propio, independientemente de las percepciones humanas. Este valor por su propia naturaleza es imposible de asignarle uno monetario.

Un cálculo del valor anual global del manglar se ha estimado en \$1,648 billones de dólares considerando una serie de servicios ecosistémicos como: la regulación climática, la regulación hídrica, el control de la erosión, la formación del suelo y el ciclo de nutrientes (Constanza *et al.*, 1997).

Otra forma de evaluación sobre los manglares (FAO, 2002), consideraron las funciones socioeconómicas y los valores económicos asociados de una superficie de alrededor de 500 hectáreas en Egipto, que comprende dos tipos de especies con el objetivo de llevar a cabo una estimación del valor económico y potencial de los recursos de los manglares. Los datos reflejan la importancia socio-económica (en términos de ingresos y el empleo) enfocada a los distintos grupos de interés sobre los beneficios directos, indirectos y de no uso (cuadro 2).

Cuadro 2. Roles socioeconómicos de los manglares de Egipto.

Beneficio	Salidas	Beduinos			Pescadores			Com. Locales			Op. Turísticos			C. Egipcios			I. Educativa			Gobierno			Com int.			Total		
		I	E	B	I	E	B	I	E	B	I	E	B	I	E	B	I	E	B	I	E	B	I	E	B	I	E	B
Directo	Combustible	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Medicinas y taninos	2	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	4	6
	Farmacéutico y genéticos	2	2	2	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	9	9	10
	Apicultura	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2
	Recursos silvestres	0	0	2	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6
	Pesquerías	2	2	2	2	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	5
	Recreación y turismo	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	9	9	9
	Valores paisajísticos	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Educación e investigación	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	7	
Indirectos	Soporte de pesquerías	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	5	8
	Soporte de hábitats y especies	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	2	1	1	9
	Protección de línea costera	0	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Reg. Sed.* Otras funciones	1	1	2	1	1	2	0	0	1	2	2	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	5	9
No uso	Otros valores	0	0	3	0	0	3	0	0	3	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	17
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>13</b>	<b>30</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>44</b>	<b>44</b>	<b>113</b>

\* Reg. Sed. = Régimen sedimentario

4444113. Equivale a los números totales en separación = 44, 44 y 113.

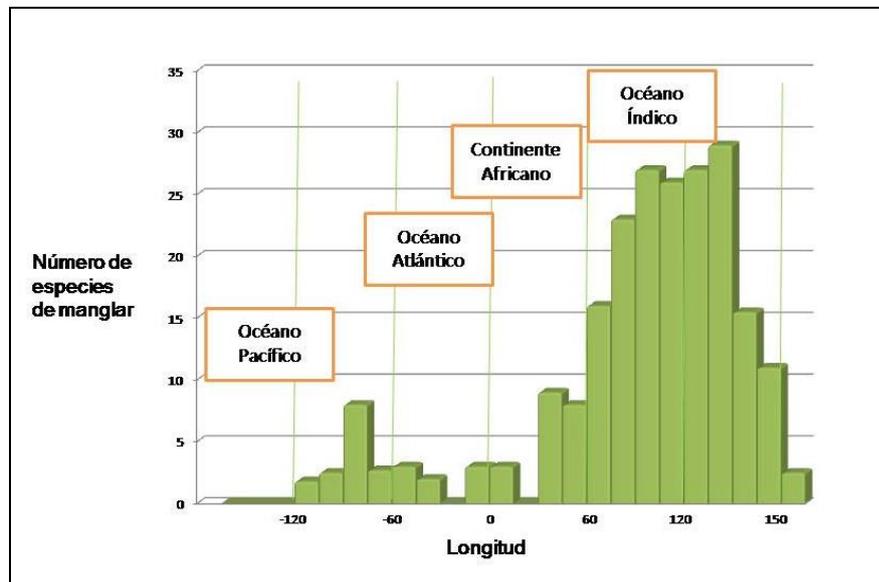
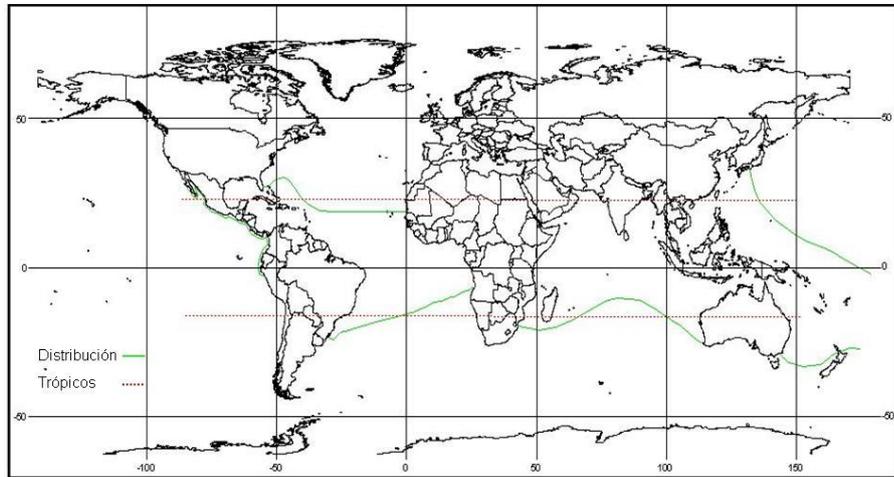
I= ingresos, E= empleo, B= beneficios, en una escala de 0 (no importante) a 3 (muy importante).

\* Estado actual de todos es 0, los valores de la tabla se refieren a valores de potencial

## 1.2 Distribución Mundial del manglar

Los ecosistemas de manglar cubren aproximadamente el 65-75% de la línea costera mundial, su distribución está limitada a aquellas zonas tropicales y subtropicales del mundo (Fig. 2 y 3). Indonesia y Australia, Brasil incluyendo México poseen extensiones con mayor abundancia de manglares (Flores Verdugo, 1989). De acuerdo a *World Mangrove Atlas*, el confinamiento corresponde a las regiones entre los 30° norte y sur del ecuador, con algunas extensiones que van más allá como en el caso de

Bermuda (32° 20' N) y Japón (31° 22' N), y hacia el sur en Australia (38° 45' S), Nueva Zelanda (38° 03 'S) y la costa Este de África (32° 59'S).



Figuras 2 y 3. Distribución de las áreas de manglar (latitud norte y sur) en las regiones tropicales y subtropicales del mundo (adaptado de Twilley *et al.*, 1993).

### 1.2.1 Extensión estimada

A nivel mundial los manglares corresponden a una extensión de 181,077 km<sup>2</sup>: Sur y Sureste de Asia 75,173 km<sup>2</sup> (41.5%), América 49,096 km<sup>2</sup> (27.1%), Oeste de África 27,995 km<sup>2</sup> (15.5%), Australasia 18,789 km<sup>2</sup> (10.4%) y Este de África y el Medio Este 10,024 km<sup>2</sup>, lo que significa el 5.5% (Spalding, 1997). Las aproximaciones son variadas a lo largo de diferentes estudios que se muestran en las tablas siguientes:

<b>Cobertura de manglar en las Costas Atlántica y Pacífica de América Latina, incluye islas del Caribe, comparado con las áreas de manglar en el mundo</b>			
<b>Región</b>	<b>Área manglar (ha)</b>	<b>% del total</b>	<b>Autor</b>
Costa Atlántica	2,143,356	52.8	Lacerda <i>et al.</i> , 1993
Costa Pacífica	1,154,289	28.5	Lacerda <i>et al.</i> , 1993
Islas del Caribe	764,690	18.7	Lacerda <i>et al.</i> , 1993
<b>TOTAL</b>	<b>4,062,335</b>	<b>28.6 (100)</b>	Lacerda <i>et al.</i> , 1993
África	3,257,799	22.9	Diop, 1993
Suroeste Asiático	6,877,600	48.5	Saenger <i>et al.</i> , 1983
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>14,197,635</b>	<b>100</b>	Lacerda <i>et al.</i> , 1993

Cuadro 3. Tomado de Yañez-Arancibia y Lara Domínguez, 1999.

<b>Estimaciones mundiales del área de manglar</b>			
<b>Referencia</b>	<b>Año</b>	<b>No. países</b>	<b>Área total (ha.)</b>
FAO y UNEP, 1981a,b,c	1980	51	15,642,673
Saenger, Hegerl y Davie, 1983	1983	65	16,221,000
FAO, 1994	1980-1985	56	16,500,000
Grommbrigde, 1992	1992	87	19,847,861
ITTO y ISME, <sup>b</sup> 1993	1993	54	12,429,115
Fisher y Spalding, 1993	1993	91	19,881,800
Spalding, Blasco y Field, 1997	1997	112	18,100,077
Aizpuru, Achard y Blasco, 2000	2000	112 <sup>c</sup>	17,075,600

Cuadro 4. *Idem.*

<sup>a</sup> Para FAO y UNEP (1981a,b,c), FAO (1994) y Aizpuru *et al.*, (2000) los datos se refieren al "año de referencia", mientras que para las otras referencias, los datos se refieren al año de publicación.

<sup>b</sup> Datos resultantes de tres publicaciones: Clough (1993), Diop (1993) y Lacerda (1993).

<sup>c</sup> Nuevas estimaciones fueron provistas para 21 países; para los restantes, el estudio se basa en Spalding, Blasco y Field (1997).

### *Familia, género y especies*

Field (1995) propone una distribución de las familias en las que se compone el manglar a nivel mundial, considerando una regionalización sobre las vertientes costeras y las corrientes oceánicas, dividiendo en: América occidental, América

oriental, África occidental, África oriental, Indo-Malasia y Australasia (Cuadro 5 y Fig. 4).

### Distribución mundial de especies de manglar

Familia	Genero	Especie	Región Geográfica						Estructura*
			1	2	3	4	5	6	
Pteridaceae	<i>Acrostichum</i>	<i>danaefolium</i>	x	x					H
Plumgabinaceae	<i>Aegialitis</i>	<i>rotundifolia</i>					x	x	H
Pellicieraceae	<i>Pelliciera</i>	<i>rhizophorae</i>	x	x					A
Bombacaceae	<i>Camptostemon</i>	<i>philippinensis</i>					x		A
		<i>schultzii</i>						x	A
Sterculiaceae	<i>Heritiera</i>	<i>littoralis</i>				x	x	x	A
		<i>fomes</i>					x		A
		<i>globosa</i>					x		A
Myrsinaceae	<i>Aegiceras</i>	<i>corniculatum</i>					x	x	B
		<i>floridum</i>					x		B
Caesalpiniceae	<i>Cynometra</i>	<i>iripa</i>					x	x	A
		<i>ramiflora</i>					x		A
Combretaceae	<i>Conocarpus</i>	<i>erectus</i>	x	x	x				A
		<i>Laguncularia</i>							A
		<i>Lumnitzera</i>							A
		<i>racemosa</i>	x	x	x				A
		<i>racemosa</i>				x	x	x	B/A
		<i>littorea</i>					x	x	B/A
Lythraceae	<i>Pemphis</i>	<i>acidula</i>				x	x	x	B/A
Myrtaceae	<i>Osbornia</i>	<i>octodonta</i>					x	x	B
Sonneratiaceae	<i>Sonneratia</i>	<i>apetala</i>					x		A
		<i>griffithii</i>					x		A
		<i>alba</i>				x	x	x	A
		<i>ovata</i>					x	x	A
		<i>caseolaris</i>					x	x	A
		<i>lanceolata</i>					x	x	A
								x	x
Rhizophoraceae	<i>Bruguiera</i>	<i>gymnorrhiza</i>				x	x	x	A
		<i>sexangula</i>					x	x	A
		<i>exaristata</i>						x	A
		<i>hainessi</i>					x	x	A
		<i>parviflora</i>					x	x	A
	<i>Ceriops</i>	<i>cylindrica</i>					x	x	A
		<i>tagal</i>				x	x	x	A
		<i>decandra</i>					x	x	A
		<i>australis</i>						x	A
									x

	<i>Kandelia</i> <i>Rhizophora</i>	<i>candel</i> <i>racemosa</i> <i>harrisonii</i> <i>mangle</i> <i>samoensis</i> <i>lamarckii</i> <i>stylosa</i> <i>apiculata</i> <i>mucronata</i>	x	x	x		x		B/A
Euphorbiaceae	<i>Excoecaria</i>	<i>agallocha</i> <i>indica</i> <i>ovata</i>					x	x	A
Meliaceae	<i>Aglaia</i> <i>Xylocarpus</i>	<i>Cucullata</i> <i>Granatum</i> <i>mekongensis</i> <i>moluccensis</i>					x		A
Avicenniaceae	<i>Avicennia</i>	<i>germinans</i> <i>bicolor</i> <i>schaueriana</i>	x	x	x				A
Acanthaceae	<i>Acanthus</i>	<i>ebracteatus</i>					x	x	B
Bignoniaceae	<i>Dolichandrone</i>	<i>spathacea</i>					x	x	B
Rubiaceae	<i>Scyphiphora</i>	<i>hydrophyllacea</i>					x	x	B
Areaceae	<i>Nypa</i>	<i>fruticans</i>					x	x	P

Cuadro 5. Adaptado de (Field, 1995).

\*La estructura de la planta es presentada como árbol (A), arbusto (B), palma (P) y helecho (H).

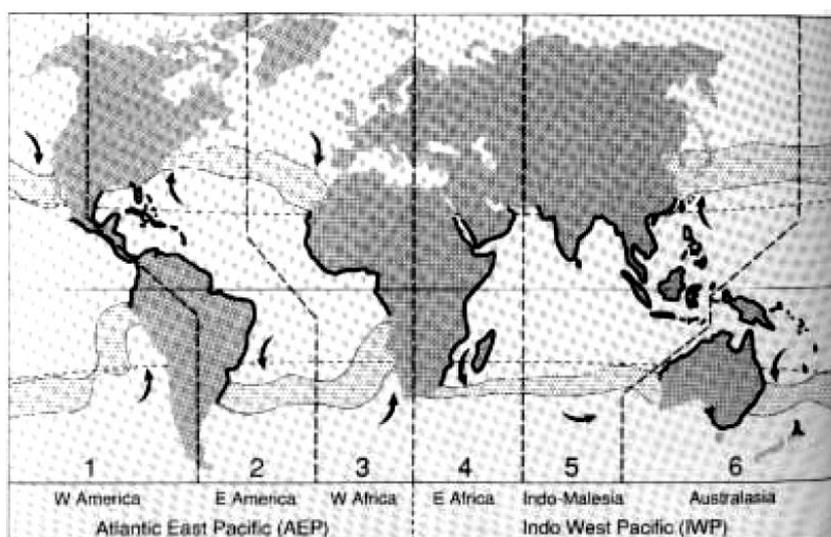


Figura 4. Distribución mundial de especies de manglar por regiones. Tomado de Field (1995).

### 1.2.2 Distribución en América.

El manglar se distribuye sobre la costa del Atlántico y territorio insular desde Bermuda a 32°20' N hasta a los 25° 30' S en Brasil. En el Pacífico a 30° 15' N en México y al sur del continente se prolonga hasta los 3° 40' S en el norte de Perú.

Dentro de las estimaciones existentes que se muestran para el continente americano, el atlas mundial de manglar (Spalding, 2010) señala las siguientes estimaciones en la extensión por país:

<b>Cuadro 6. Estimaciones de cobertura de los manglares de los países del continente americano.</b>				
	<b>Área (ha)</b>	<b>% superficie del país</b>	<b>Área/litoral manglares</b>	<b>Autor</b>
Países continentales				
México	524,600	0.27	56	Yañez-Arancibia <i>et al.</i> , (1993)
Belice	73, 000	3.10	189	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Brasil	1,012,376	0.12	134	Hertz (1991)
Colombia	358,000	0.31	148	Álvarez León (1993)
Costa Rica	41,330	0.06	32	Jiménez (1992)
Ecuador	161,770	0.60	72	MAG (1991)
El Salvador	35,235	1.65	45	Jiménez (1992)
EUA	190, 000	0.02	10	Odum <i>et al.</i> , (1992)
Guatemala	16, 040	0.15	40	Jiménez <i>et al.</i> , (1992)
Guayana	150, 000	0.70	326	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Guayana Francesa	5, 500	0.06	15	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Honduras	121, 340	1.08	148	Jiménez (1992)
Nicaragua	60, 000	0.50	66	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Panamá	171, 000	2.22	69	D´Croz (1993)
Perú	4, 791	< 0.01	2	Echeverría y Sarabie (1993)
Surinam	115, 000	0.70	298	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Venezuela	250, 000	0.27	76	MARNR (1986)

<b>Países insulares</b>				
Antillas*	24, 571	-	-	Bacon (1993)
Bahamas	141, 957	10.18	40	Bacon (1993)
Bermuda	20	< 0.01	< 1	Ellison (1993)
Cuba	529, 700	4.80	142	Padrón <i>et al.</i> , (1993)
Guadalupe	8, 000	4.49	20	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Haití	18, 000	0.65	10	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Islas Caimán	7, 268	27.60	45	Bacon (1993)
Jamaica	10, 264	1.02	7	Bacon (1993)
Martinica	1, 900	1.73	7	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Puerto Rico	6, 500	0.71	-	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Rep. Dominicana	9, 000	0.20	7	Saenger <i>et al.</i> , (1983)
Trinidad y Tobago	7, 150	1.40	20	Bacon (1993)
* Incluye sólo las islas donde hay registros de inspecciones confiables (Anguila, Barbados, Barbuda, Bonaire, Curacao, Dominica, Granada y Grenadinas, Monserrat, Nevis, St. Kitts, St. Lucia, St. Vicent, Turks y Caicos).				

### 1.3 Uso humano.

Estos ecosistemas cumplen con un importante número de funciones y servicios (tabla 9). Los pescadores y granjeros dependen ampliamente de estos recursos: maderables como vigas, postes, mástil, leña y carbón; productos no maderables como alimentos, paja –especialmente de la palma de nipa-, forraje, alcohol, azúcar, medicina y miel. Así como frecuentemente utilizados para la producción de taninos adecuados para curtir pieles, para curar enfermedades y para teñir redes de pesca que ahora son reemplazadas con otros materiales (FAO, 1994).

En leña y combustible, las especies de mangle varían en la utilización de productos: *Laguncularia* se utiliza como fuente de leña y combustible debido a que los árboles rara vez alcanzan un tamaño aserrable, se usan más que nada para postes y usos medicinales (Uphof, 1968). *Rhizophora* como combustible para postes y durmientes de ferrocarril al igual que *Avicennia*, mientras que la corteza sirve para la extracción de taninos.

## 1.4 Amenazas

Consideradas anteriormente como tierras de baja productividad, los manglares a nivel mundial han sido degradados por actividades humanas de escasa planeación y búsqueda de beneficios económicos sin considerar los daños en el ecosistema.

Las pérdidas a nivel mundial más considerables han ocurrido en las últimas décadas. En tan solo diez años Malasia perdió del 7-12% (FAO, 2007); Filipinas en veinte años perdió más de mil km<sup>2</sup> mientras que en Vietnam, en diecisiete años registra una disminución de casi mil quinientos km<sup>2</sup> (Spalding *et al.*, 1997). La mayor pérdida se encuentra en Indonesia.

Las conversiones de manglar han sido dirigidas a la creación de granjas camaronícolas (Phillips *et al.*, 1993), su propagación a gran escala ha sido facilitada en gran parte por el apoyo financiero internacional del Banco Mundial y el Banco Asiático de Desarrollo. Entre 1997-2000 la Corporación Financiera Internacional aprobó préstamos por alrededor de US\$82 millones para el desarrollo de la acuicultura en América Latina; entre los países “beneficiados” se incluye México (Calderón *et al.*, 2009).

El crecimiento de las zonas urbanas costeras que concentran a más de la tercera parte de la población mundial está ubicado a menos de 100 kilómetros del litoral. En América Latina y el Caribe, el 60% de la población y se ubican cerca de la costa (CIEM, 2003). El efecto indirecto de perturbación es quizás el más generalizado y es frecuente al construir caminos o carreteras, al urbanizar zonas costeras, al construir desarrollos turísticos e incluyendo obras de para la explotación y transporte de petróleo o líneas de distribución de energía eléctrica. López-Portillo y Ezcurra (2002),

El calentamiento global es una amenaza que pone en jaque el futuro de las zonas costeras incluyendo el manglar, debido al incremento de las aguas marinas, (como resultado del deshielo en los polos y la intensidad de los fenómenos como huracanes y sequías prolongadas), podría no llegar la cantidad de agua dulce que proviene de corrientes de agua o desde el ámbito oceánico, anegar principalmente el manglar ribereño o de borde (Flores-Verdugo, 2007), también puede proyectar otros efectos, como cambio en la salinidad y las temperaturas superficiales, lo cual funcionaría como un detonador de la extinción local y global (McCarthy *et al.*, 2001).

La falta de aplicación de las leyes ambientales que regulan la protección de los manglares es también considerada una amenaza (Padrón *et al.*, 1993) que puede residir desde la falta de fondos y la practicidad hasta corrupción gubernamental.

## **Capítulo II. Manglar en México**

### **2.1 Distribución nacional**

Los manglares en territorio nacional se distribuyen en el interior de lagunas costeras y sistemas deltaicos de las costas del Golfo de México y del Océano Pacífico, algunas de estos cuerpos de agua poseen bocas efímeras que se abren durante la temporada de lluvias o por acción de los pescadores. En el Caribe mexicano, se distribuyen en depresiones formadas entre cordones litorales del Pleistoceno, más extensas cuando están frente a barreras arrecifales (López-Portillo y Ezcurra, 2002).

La distribución que señala el Inventario de vegetación y uso de suelo del INEGI, con corroboración en las cartas topográficas, ambos materiales de escala 1:250, 000 corresponde a:

Norte

Costa del Océano Pacífico de Baja California: se reconoce al estero La Bocana al norte de la Bahía de Ballenas en Baja California Sur como el punto más al norte donde se extiende la cobertura de manglar.

Costa del Golfo de California de Baja California: Bahía Santa Inés, en Baja California Sur.

Costa del Golfo de California de Sonora: Bahía Sargento en Sonora.

En estas regiones existen manglares que se caracterizan por su talla pequeña, parcialmente debido a que el aporte de nutrientes por vía terrestre de estos

ecosistemas es casi nulo, ya que se localiza en áreas semidesérticas de escasa lluvia (Holguin, *et al.*, 1999).

Costa del Golfo de México: Laguna Madre, al norte de Ciudad Madero, Tamaulipas.

Los manglares pueden llegar a formar bosques muy densos y desarrollados, especialmente en los humedales costeros de los deltas del Grijalva y Usumacinta en la provincia de Tabasco y Campeche y en las lagunas costeras de Chiapas, donde los árboles alcanzan los 30 m., éstas comunidades pueden extenderse varios kilómetros al interior en la ribera de los ríos.

Sur

Costa del Océano Pacífico: Barra Cahoacán en los límites del estado de Chiapas con Guatemala.

Los manglares de estas costas se localizan por lo general en estuarios, así como las temperaturas por arriba de los 20°C permiten el desarrollo de árboles grandes y frondosos.

Sureste

Mar de la Antillas o Mar Caribe: sobre las márgenes del Río Hondo cercanos a la localidad José Narciso Roviroso.

## 2.2 Estimaciones de manglar a nivel nacional

A continuación se enlista las referencias de los estudios que han propuesto una serie de esfuerzos para estimar la extensión de manglares en México:

<b>Cuadro 7. Estimación de la extensión de manglares en México*</b> <b>(Tomada de CONABIO, 2009).</b>			
<b>Año</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Fuente</b>
1971	1,420,000	14,200	Flores, et al.1971
1973	700,000	7,000	FAO, UNEP, 1981
1976	1,041,267	10,413	INEGI, 1976
1976	1,200,000	12,000	Delegación mexicana (FAO, 2007)
1980	660,000	6,600	Rollet, 1986
1988	660,000	6,600	Blasco, 1988

1991	1,420,200	14,202	Snedaker, 1991
1992	932,800	9,328	Spalding, <i>et al.</i> , 1997
1992	531,500	5,315	SARH, 1992
1993	524,600	5,246	Yañez-Arancibia, <i>et al.</i> , 1993
1993	721,554	7,216	SEMARNAP, 1994 <sup>1</sup>
1993	914,610	9,146	FAO, 2007
1994	488,000	4,880	Suman, 1994
1994	488,367	4,884	Loa, 1994
1994	718,642	7,186	SEMARNAT, 2003
1999	488,367	4,884	FAO, 2007
2000	440,000	4,400	FAO, 2003
2000	500,000	5,000	Aizpuru, <i>et al.</i> 2000
2000	886,761	8,868	SEMARNAT, 2003
2000	1,015,300	10,153	FAO, 2007
2000	880,000	8,800	INE, 2005
2001	955,755	9,558	INEGI, 2001 Serie II (FAO, 2007)
2002	955,866	9,559	INEGI, 2002
2002	882,032	8,820	INEGI, 2002 Serie III (FAO, 2007)
2005	914,610	9,146	FAO, 2005
2008	770,057	7,701	CONABIO, 2009

1.- La presente referencia "SEMARNAP, 1994" corresponde a las cifras reportadas en el Inventario Nacional Forestal Periódico, 1992-1994, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, SARH, México. 1994.

### 2.3 Especies de manglar en México.

Tomlinson (1986) y otros autores como Flores-Verdugo (1989) reportan tres especies ampliamente distribuidas para las costas mexicanas: *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo, Fam. Rhizophoraceae), *Laguncularia racemosa* L. Gaertn. F. (mangle blanco, Fam. Combretaceae) y *Avicennia germinans* L. Stearn (mangle cenizo o negro, Fam. Avicenniaceae), así como *Conocarpus erectus* L., perteneciente a la familia Combretaceae. También, se reporta la presencia de *Rhizophora harrisonii* Leech otra especie de mangle rojo, en Chiapas (Rico-Gray, 1981). Las características principales y fotografía para su guía en la identificación pueden verse en el apéndice.

## **2.4 Algunos factores geográficos y componentes abióticos que propician el establecimiento de manglar.**

El papel de los factores geográficos influye de manera determinante en los sistemas naturales a diferentes escalas. Éstas últimas se refieren a la dimensión espacial y temporal de un sistema que componen o implican la resolución de la distribución de los objetos de estudio, en un intervalo de tiempo específico, lo que es relevante en la explicación y predicción de su ocurrencia (Bocco, 1998).

En un contexto general, los aportes de Chapman (1984) mencionados por Rico-Gray (1993) -v. *1er capítulo pág. 20*- señalan parte de la importancia de la influencia de los factores geográficos y algunos componentes como consecuencia de un proceso genético definido para el establecimiento, desarrollo y distribución del ecosistema de manglar:

### A) Latitud

México es el límite nor-occidental (Costa del Océano Pacífico) de este tipo de ecosistema y su distribución está relacionada con la latitud debido a que gracias a la posición geográfica en la que se encuentra el país y otros factores biofísicos, la incidencia de los rayos solares mantienen la temperatura del aire con un promedio del mes más frío superior a los 20°C, lo que permite el establecimiento de árboles de mangle grandes y frondosos (Holguín *et al.*, 1999).

### B) Corrientes oceánicas

Al analizar las corrientes oceánicas puede verse que no hay manglares donde las corrientes frías se acercan a tierra. Las corrientes oceánicas cálidas como la del Golfo de México y la corriente nor-ecuatorial propician la temperatura para su desarrollo.

Yáñez-Arancibia (1999) menciona que el área de manglares del Golfo de California es similar a la de las costas de Perú, restringido en su distribución debido al clima generado por las condiciones oceanográficas, donde las aguas frías de la corriente de Humboldt – corriente de California para México- suprimen la actividad convectiva resultando en climas muy secos, suelos salados y casi sin suministros dulceacuícolas.

### C) Protección en el oleaje

Los manglares se desarrollan mejor en costas donde hay protección contra la acción del oleaje fuerte, el cual puede barrer los propágulos antes de establecerse.

La relación manglares-arrecifes de coral es un claro ejemplo de protección biofísica y simbiótica que permite el flujo entre las especies. Los arrecifes minimizan el oleaje y el impacto de las mareas recibido en las costas, lo que permite el establecimiento de los propágulos; y de manera inversa el manglar protege a los corales a través del amortiguamiento de los impactos por el acarreo de sedimentos y contaminantes por las corrientes de agua de ríos y arroyos.

#### D) Litorales someros

Los manglares extensos se desarrollan mejor en litorales someros y con poca pendiente en donde la marea penetra con mayor facilidad. Crecen prolíficamente a lo largo de costas sedimentarias bajas situadas en áreas deltaicas donde predomina sustrato limo-arcilloso más que arena.

Las geoformas características que facilitan el establecimiento del manglar corresponden a las llanuras costeras acumulativas formadas por sedimentos lacustres y depósitos marinos, las bahías, los sistemas lagunares costeros, esteros, estuarios, marismas, en ambientes en donde predomina el sustrato limo-arcilloso. Los gradientes topográficos propician las variaciones en salinidad e inundación que resultan en composiciones y dinámicas distintas de la vegetación del manglar (Flores-Verdugo *et al.*, 2007).

#### E) Salinidad

No es requisito pero ayuda a disminuir la competencia con otras especies. La escasa precipitación y la temperatura alta favorecen los procesos de evaporación y un incremento en la salinidad del suelo, el manglar se encuentra sometido a estrés hídrico y salino (Medina, 1998). Esto también se ha observado en manglares asociados a ríos como el caso de Laguna de Términos, Campeche (Day *et al.*, 1996).

#### F) Mareas

Parece ser que las mareas controlan la zonación vertical de algunas especies de mangle, un amplio ámbito de mareas asociado a una costa con poca pendiente promueve el desarrollo de una amplia franja de manglar (Champan, 1984; Rico-Gray, 1993). En la zona intermareal, los procesos relacionados con la dinámica demográfica de los mangles están necesariamente asociados con la dinámica hidrológica (Tomlinson, 1986). Sin embargo, la inundación es un factor ambiental que puede actuar como filtro selectivo o como factor de presión para las plántulas y juveniles de

las especies de mangles, sobre todo si quedan cubiertas por niveles altos de agua durante periodos prolongados (Reyes *et al.*, 2002).

#### G) Sustrato lodoso

Los mangles crecen en arena, lodo, turba y roca coralina, los manglares más extensos están asociados invariablemente a suelos lodosos (Rico-Gray, 1993). Algunos de los suelos característicos son del tipo gleysol, leptosol, histosol y solonchak (FAO-UNESCO, 1988).

#### *Captación de carbono de manglares en México*

Hemos señalado que el manglar es uno de los ecosistemas más importantes para la captura de carbono a nivel mundial, por lo que en territorio nacional debe ser protegido y asegurada su permanencia. Aunque no existen cifras detalladas de la captación de carbono en manglares a nivel nacional, se presenta el siguiente cuadro en donde el manglar está considerado dentro del rubro de bosques.

Cuadro 8. Existencia de carbono en los bosques y otras tierras boscosas en México (Millones de toneladas)

Contenido de carbono	Bosques		Otras tierras boscosas	
	2000	2005	2000	20005
Biomasa por encima del suelo	1,748	1,718	185	183
Biomasa por debajo del suelo	363	358	43	43
Biomasa arbórea total	2,111	2,076	228	226
Suelo	4,481	4,408	585	579

Fuente: SEMARNAT. Dirección General de Estadística e Información Ambiental, 2011, Con base en: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales, 2010, Informe Nacional México, Documento de trabajo FRA, 2010/132, FAO, Roma, 2010.

Bosques.- Tierras que se extienden por más de 0.5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 m y de una cubierta de dosel superior al 10 por ciento, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano. Otras tierras boscosas.- La tierra no clasificada como "bosque" que se extiende por más de 0.5 hectáreas; con árboles de una altura superior a 5 m y una cubierta de dosel de 5 a 10 por ciento, o árboles capaces de alcanzar esos límites mínimos in situ; o con una cubierta mixta de arbustos, matorrales y árboles superior a 10 por ciento. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano. Datos obtenidos a partir de multiplicar la información de biomasa por la fracción de carbono (0.47), según las directrices del IPCC. La biomasa por encima del suelo incluye toda la biomasa viva. La biomasa por debajo del suelo se refiere a la biomasa de las raíces vivas, excluyendo a las más pequeñas (con diámetros menores a 2 mm) que, por su tamaño, frecuentemente resultan difíciles de localizar entre la materia orgánica y hojarasca del suelo. La biomasa presente en la categoría "Otras tierras boscosas" es subestimada, ya que excluye el componente arbustivo, que especialmente en estos tipos de vegetación es la forma de vida dominante. La estimación solo corresponde al componente de árboles.

## 2.5 Amenazas

Las amenazas que degradan al ecosistema de manglar a nivel nacional corresponden al resultado de la distribución del tipo de vegetación y otros tipos asociados, ya sea por

efecto de borde o una relación ecológica estrecha y dependiente, a la presencia de actividades productivas y su nivel de industrialización y la planeación territorial en sí, que contempla las actividades de conservación del recurso.

Las perturbaciones son muy variadas y dependen de cada región, estado y municipio corresponden a la sobreexplotación de los recursos, deforestación y sustitución por campos de cultivo, potreros y la construcción de piscinas o estanques para la camaronicultura, asentamientos humanos con una severa falta de planeación del desarrollo urbano, industrial y turístico, así como la contaminación en la actividad petrolera (INE, 2005; Conabio, 2009).

Considerando que más del 50% de la población mundial se concentra dentro de los primeros 60 kilómetros a partir de la línea de costa (Green *et al.*, 1996 y WRI 2000). En México no es la excepción, mientras el desarrollo de las principales ciudades costeras ha crecido, se registra alrededor de 122 con población mayor a 10, 000 habitantes (INEGI, 2010), lo que suma alrededor de 12,994,870 habitantes (casi 12% de la población total nacional), incluyendo dentro de éstas la capital de 8 estados y en algunos representa más del 50% de su población, por lo que se considera que la alta densidad de población que se presenta en las zonas costeras de nuestro país ha implicado que se susciten transformaciones agudas en el medio ambiente (Cuadro 8).

**Población de ciudades costeras por Estado**

<b>Estado</b>	<b>Pob costera</b>	<b>% del total pob estado</b>	<b>No. ciudades &gt; 10, 000 hab</b>	<b>Capital a menos de 60 km</b>
Baja California	1,725,621	54.69	5	No
Baja California Sur	368,153	57.79	4	Si
Sonora	582,299	21.87	4	No
Sinaloa	1,448,908	52.35	5	Si
Nayarit	356,148	32.83	3	Si
Jalisco	221,506	3.01	2	No
Colima	231,647	35.61	3	Si
Michoacán	130,595	3.00	3	No
Guerrero	824,506	24.33	6	No
Oaxaca	315,502	8.30	9	No
Chiapas	362,191	7.55	6	No
Tamaulipas	1,248,974	38.21	7	No
Veracruz	2,516,925	32.93	31	Si
Tabasco	671,627	30.00	7	Si
Campeche	487,118	59.23	7	No

Yucatán	1,120,129	57.28	13	Si
Quintana Roo	383,021	28.89	7	Si
TOTAL	12,994,870	25.04	117	

Cuadro 9. Las poblaciones se encuentran ubicadas a menos de 60 kilómetros de la costa por Estado en México.

Las tasas de pérdida del manglar en México (INE, 2005) ponen en evidencia la destrucción del ecosistema entre el período de 1976-2000, señalando que se pierden en promedio al año el 2.5% de la cobertura que había en el año base (Fig. 5). También se puede observar una proyección al año 2025 con una pérdida de entre el 40 y 50% del total de la vegetación reportada al año 2000.

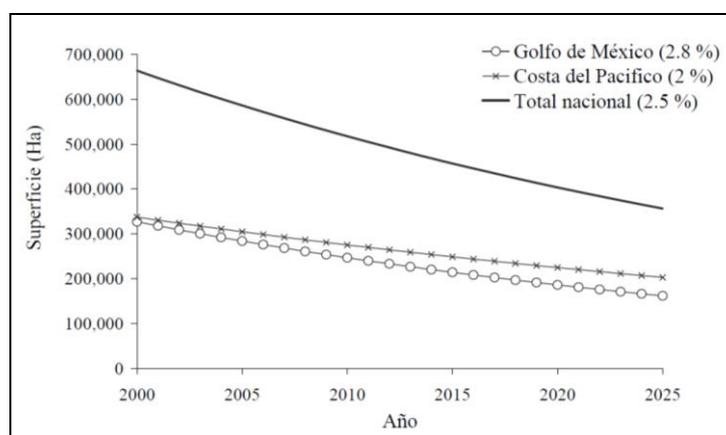


Figura 5. Proyecciones de las tasas de pérdida de manglar en México (la cifra entre paréntesis indica la tasa de pérdida anual).

Básicamente el daño por ubicación de actividades como la acuicultura de camarón que se presentan en las áreas biológicamente más productivas y subvaluadas: esteros, bosques de mangle y humedales, lo cual evidencia que simplemente la mera presencia física de los estanques para producción acuícola genera un impacto al obstaculizar el continuo flujo natural entre los ambientes costeros y se suma como otro vector de presión en los humedales naturales aledaños.

El programa de Ordenamiento Ecológico Marino y Regional del Golfo de México y Mar Caribe diagnóstica áreas vulnerables, resultantes de análisis de presión y fragilidad y señala una serie de indicadores como crecimiento demográfico, densidad de población, residuos sólidos y líquidos, presión hídrica y superficie agrícola para pronosticar a futuro las presiones que se afrontaran en el país.

## Capítulo III. Manglar en Quintana Roo.

### 3.1 Distribución estatal según la *Serie III* del INEGI

Una gran franja costera de manglar en el norte de Quintana Roo, distribuida más allá del límite con Yucatán y que en algunos sitios se extiende hacia el interior del continente casi 5 kilómetros en el Área Natural Protegida (ANP) *Ría Lagartos*, así como en Punta Caracol y Punta Sots.

La distribución continua bordeando la costa norte, donde el mangle se presenta en las inmediaciones de la localidad de Chiquilá en Punta Bolontica, Punta Chuchuk y Punta Vista Alegre. También se identifica al norte de Sabana Sanja y Sabana San Pastor y en algunas porciones de Sabana Sal Si Puedes en el ANP *Yum Balam*, extendiéndose hasta Punta San Román, Punta Nuctunich, Punta Chijaltún y Sabana Salida Chijaltún, en lo que corresponde propiamente a los bordes de la Laguna Conil.

Cercanos a la latitud 21° 30' norte y 87° 00' de longitud oeste, el manglar también se encuentra circundando Punta Arena, Boca Palo Bravo, Boca Iglesia y más al sur en el borde oriental y occidental interno de la Laguna Chacmochuck. En el límite norte de la Cancún, se encuentra una gran extensión de manglar que corresponde a los municipios de Benito Juárez e Isla Mujeres, aledaña a la localidad Punta Sam.

El sistema Lagunar Nichupté (Collado-Vides *et al.*, 1995), presenta una distribución de mangle concentrándose sobre la planicie de inundación de los márgenes norte y oriental de la cuenca norte, en el margen oriental y sur de la cuenca central y la cuenca sur, así como bordea en su totalidad a la Laguna Río Inglés. La totalidad del área se encuentra protegida bajo la categoría de decreto Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) con un total de 4,257 ha.

Al sur del mismo sistema lagunar, la extensión del manglar continúa en dirección a Puerto Morelos como una gran barra a lo largo de la costa. Las ANPs *Costa Occidental de Isla Mujeres-Punta Cancún-Punta Nizuc* y *Arrecife de Puerto Morelos* que corresponden a la categoría de decreto Parque Marino Nacional no contemplan a los manglares de ésta zona, la cual conectivamente se encuentra interrumpida por desarrollo turísticos hoteleros.

Puerto Morelos se encuentra bordeada por la vegetación de manglar, que se extiende en las cercanías de Playa Ojo de Agua, Punta Caracol y Punta Tanchacté y en dirección sur en la Playa Los Coquitos y Punta Brava, éstos últimos ya correspondientes al municipio de Solidaridad. La continuidad del manglar en esta área también se encuentra sesgada al norte de Punta Maroma por infraestructura hotelera.

Otras áreas que son pequeñas, fragmentadas y dispersas se encuentran hacia el sur de Playa del Carmen, localizándose en las cercanías de Punta Venado mientras que otra se ubica al norte de Punta Fátima.

En las cercanías de Tulum, ubicado en Punta Tulbayab y Punta Ojo de Agua, se encuentra un área de manglar con extensión dentro del ANP *Parque Natural Tulum*, se refiere a uno de los pocos casos registrados según la *Serie III* para Quintana Roo, en que el área de manglar se encuentra alejada a una distancia significativa de otra área de manglar (32 kilómetros al norte y alrededor de 11.4 al sur). Otro caso similar es el que se presenta al sur de Chetumal, un área de dimensiones pequeñas, que ya no corresponde a la línea de costa, que se presenta a las márgenes del Río Hondo cercana a la localidad de Sabidos (aproximadamente 17.5 km al norte y 6.9 km al sur).

La Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an contempla una de las zonas más extensas de manglar protegido desde el sur de Tulum, en las márgenes de la Laguna Caapechen, Laguna Muyil, Laguna Boca Paila y Boca Paila, Punta Yuyum y Punta Zamach, Laguna Catoche, Laguna Santali, Punta Langosta y Punta Gorda. La Bahía de la Ascensión y Bahía del Espíritu Santo son sitios muy característicos con grandes proporciones de manglar continuas en casi la mayoría de su litoral.

La franja de manglar más extensa y continua registrada en la *Serie III* para Quintana Roo, es de aproximadamente 185 kilómetros de longitud a lo largo del litoral, que va desde la parte continental (al sur de Punta Pentenhuez) en Sian Ka'an, pasando por el flanco oriental del Área de Protección de Flora y Fauna Uayml –interrumpida solamente cerca de los 105 kilómetros de su longitud por el espacio que conforma la localidad de Mahahual- hasta el sur en Boca Bacalar Chico en los límites con Belice.

Cercano a Chetumal sobre la Bahía del mismo nombre se encuentra las áreas de manglar más sureñas, las cuales se extienden tanto al norte del área urbana, en Laguna Bacalar y Laguna Guerrero. Al sur comienza a encontrarse en las inmediaciones de la Laguna Milagros y las llanuras aluviales del Río hondo.

### **3.2. Aspectos físicos**

#### Fisiografía

El manglar de Quintana Roo se encuentra situado en la provincia fisiográfica *Península de Yucatán*, esta se divide en las subprovincias: *Carso Yucateco*, *Costa Baja de Quintana Roo* y *Carso y Lomeríos de Campeche*.

#### *Provincia Península de Yucatán*

Estructura de plataforma que consiste en un conjunto de rocas sedimentarias de espesores de 2,500 a 3,500 m, de acuerdo con López-Ramos (1979), las cuales descansan sobre un basamento paleozoico. Sus limitaciones son con las montañas de Chiapas, extendiéndose al Golfo de México con una amplia plataforma continental con ausencia hacia el oriente, en el Mar Caribe. Es una de las estructuras geológicas y geomorfológicas más jóvenes del territorio nacional. La evidencia de un ascenso durante el Plioceno-Cuaternario se basa en la presencia de rocas sedimentarias del Neógeno (Lugo, 1990).

La carencia de una red fluvial integrada resulta en un escurrimiento subterráneo, de poca profundidad que es alimentado cada año con las precipitaciones que van de 500-1,500 mm. Este desarrollo cárstico, que incluye cientos de dolinas, generalmente con un lago interior conocidas como cenotes. Gerstenhauer (1969) considera dos etapas de generación del *karst* para Yucatán: una de superficie elevada antigua (paleogénica) con formas propias del clima tropical (conos cársticos), mientras la segunda corresponde a la planicie, con alturas de 25-30 msnm., y las formas cársticas originadas por un ascenso gradual de las aguas subterráneas de hasta 20-100 m.

Como rasgo notable, existe una delgada cadena de lomas bajas que se extiende desde Maxcanú hasta Peto en Yucatán, llamada la Sierrita de Ticul. Al norte, este y sureste de dicha cadena, la topografía es de escasa pendiente con suelos predominantemente someros sobre una plancha endurecida llamada "roca laja" (INEGI, 2011).

#### *Subprovincias fisiográficas:*

##### *A) Carso Yucateco*

Gran llanura de roca caliza, con la presencia de hondonadas someras al centro. En la porción oeste que colinda con Campeche se tiene una zona con llanura costera con

ciénegas, y en toda la franja litoral se presentan playas salinas inundables. En isla Contoy e Isla Mujeres se tienen lomeríos bajos.

**B) Costa Baja de Quintana Roo**

Comprende el extremo sur-sureste del estado, rodeada por las aguas del Mar Caribe o de las Antillas, se caracteriza por ser una llanura costera con zonas inundables y la zona de playa.

**C) Carso y Lomeríos de Campeche.**

Está representada por dos tipos de topoforma: llanura y lomeríos, de las cuales se presentan las siguientes asociaciones: llanura lacustre con lomeríos, lomeríos bajos con llanuras, lomeríos altos, lomeríos bajos con hondonadas, y una pequeña zona en la parte Noreste de la provincia de sierra baja.

**Geología**

Las aportaciones de Bonet y Butterlin (1962) indican que las rocas más antiguas de la península se localizan en la zona sur y centro correspondientes a la época del Mioceno y Eoceno (Suárez-Morales y Riviera-Arriaga, 1998), son calizas dolomitizadas, silicificadas y recristalizadas de color claro y con delgadas intercalaciones de marga y yeso (PDDUT, 2006). Las más recientes, del Pleistoceno, se encuentran en la porción norte y a lo largo de la costa oriental de la península. A lo largo de las primeras etapas del Cretácico es cuando se ubican los primeros depósitos masivos de carbonatos y evaporitas que eventualmente dieron origen a la península (Weidie *et al.*, 1978). Esta enorme losa calcárea alimentada por la sedimentación de los fondos marinos ascendió con pausas y retrocesos hasta fines del Cenozoico (López-Ramos, 1979).

En el Pleistoceno emerge alrededor de la parte central un margen costero que abarca la parte norte de Yucatán y Quintana Roo (Fig. 6). En esta misma época o serie se da la última invasión del mar cubriendo la parte norte de la península, probablemente durante el período interglacial denominado Yarmouth, cuando el nivel del mar era *ca.* 30 m por encima del actual; en esa época la línea costera estaba en la base de la Sierrita de Ticul.

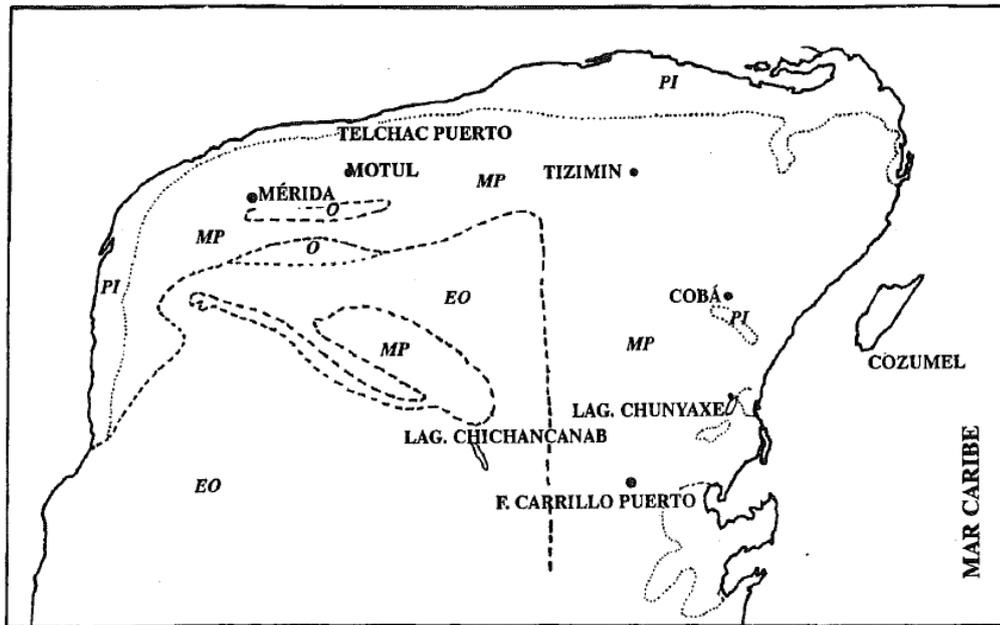


Figura 6. Geología general de la Península de Yucatán (López-Ramos, 1976). MP. Mioceno-Plioceno. PI. Pleistoceno. EO. Eoceno. O. Oligoceno. Las líneas seccionadas indican la costa pliocénica y los puntos indican la costa pleistocénica.

La información contenida en la carta geológica digital del INEGI en escala 1: 250 000 presenta la estratigrafía, que sirve para la clasificación de las unidades litológicas de acuerdo con la edad en la cual se originaron, dentro de la escala del tiempo geológico.

Con esta información y la vegetación de manglar de la Serie III, se realizó un traslape de información a través de las capas de información en un SIG, obteniendo los siguientes resultados:

Período	Origen	Tipo	Área (ha)	%
Terciario	Sedimentaria	Caliza	7449.39	42.66
Cuaternario	Suelo	Aluvial	710.54	4.07
Cuaternario	Suelo	Eólico	77.70	0.45
Cuaternario	Suelo	Lacustre	8166.04	46.77
Cuaternario	Suelo	Litoral	848.76	4.86
Cuaternario	Suelo	Palustre	208.69	1.20

Cuadro 10. Relación de las unidades litológicas y edad de origen con las áreas de manglar establecidas en la Serie III de INEGI. Fuentes: Carta geológica escala 1: 250 000 y Carta de Vegetación y Uso de Suelo. Serie III ambas de INEGI.

## *Karst*

Aparentemente el *karst* se ha presentado en el relieve poco después de que los sedimentos marinos se elevaron durante el Oligoceno, constituyendo la tierra firme. El desarrollo de la Península, desde el Mioceno hasta la actualidad, permite suponer que la porción meridional fue en ese período semejante a la planicie septentrional actual, por lo cual es probable que el *karst* se haya iniciado con dolinas. En la medida que se produce el ascenso continental, el relieve pasa a planicies onduladas y finalmente a lomeríos. En esta última etapa, los movimientos verticales contribuyen a la fractura, favorecen el desarrollo ulterior del *karst* subterráneo y se incrementa la disolución de la roca en la superficie, en forma diferencial.

La Península presenta dos etapas de generación del *karst*: una antigua, paleogénica, en una superficie elevada, con formas propias de clima tropical (conos cársticos); otra joven, en la planicie, de hasta 25 ó 30m de altura (Gerstenhauer, 1969) y se considera que las formas cársticas tuvieron su origen por un ascenso gradual de las aguas subterráneas de hasta 20-100m, aunque este último haya iniciado su desarrollo posiblemente durante el Mioceno, adquirió su aspecto en el actual Cuaternario (Lugo *et al.*, 1992).

Según a Espinasa-Pereña (1990), considera una clasificación más detallada con base en el tipo de formas cársticas:

### A) *Manantiales y resurgencias en ciénagas costeras en el norte de la península.*

Considerando la porción de zona costera que corresponde a Quintana Roo, se presenta como una enorme franja que va desde el límite con el Estado de Yucatán, en el ANP *Ría Lagartos*, Sabanas Sanja, San Pastor y en algunas porciones de Sabana Sal Si Puedes en el área natural protegida Yum Balam y bordes de la Laguna Conil.

### B) *Cenotes profundos con densidad alta en la superficie.*

Según el autor, se presenta al norte de los 21° de latitud, se distribuyen en Quintana Roo al sur de la franja costera donde se ubican los *salones de disolución*.

### C) *Cuencas cársticas con rellenos de suelos; cavidades horizontales inundadas, con influencia marcada por cambios de nivel freático.*

Se ubica cercana a los 21° y se extiende hasta Belice, prácticamente contempla toda la costa contemplando las áreas de manglar fragmentada entre la ciudad de Cancún y Tulúm, Sian Ka'an, y la Bahía de Chetumal.

## Geomorfología

Wilson (1980) realizó una zonificación geomorfológica-districtos-fisiográficos de la península de Yucatán basada fundamentalmente en las formas dominantes del relieve en superficies amplias; reconoció 14 districtos, aunque para una región considerablemente mayor que abarca Belice y parte de Guatemala, Chiapas y Tabasco.

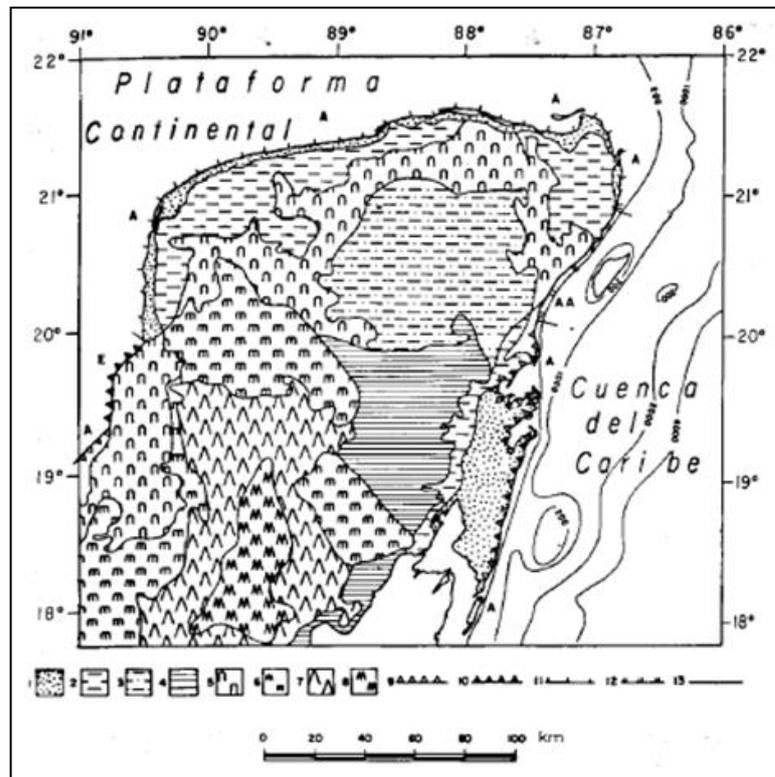


Figura 7. Morfología de la Península de Yucatán (simbología siguiendo un orden de izquierda a derecha). 1.- Planicie de acumulación marina, formada principalmente en el Holoceno. **Planicies estructurales:** 2.- casi horizontal, de hasta 10 m de altitud; marginal a la costa; 3.- casi horizontal, de 10-20 m de altitud; 4.- casi horizontal, en localidades con lomeríos, altitud de 20-20 m; 5.- planicie con lomeríos marginal a la costa, elevada 10-50 m; 6.- Planicies y lomeríos con altitud de 50-100 m. **Lomeríos;** 7.- menores, de 100 a 200 m de altitud; 8.- mayores, de 200 a 350 m de altitud. **Dinámica de la línea de costa:** 9.- en retroceso hacia el continente, por sumersión o por ascenso del nivel del mar; 10.- avance hacia el mar por emersión y/o por acumulación deltaica; 11.- avance hacia el mar por depósitos litorales; 12.- neutral o no diferenciada; 13.- **Procesos dominantes en la costa:** A, acumulación; AA acumulación y abrasión (erosión marina); E, erosión.

## Relación entre geoforma y establecimiento de los tipos de manglar

Las condiciones geológicas, geofísicas y geomorfológicas de un espacio geográfico, constituyen el basamento de su esqueleto ambiental, descansando sobre ellas, las peculiaridades estructurales y dinámicas de cada uno de los componentes restantes de los geosistemas naturales, antroponaturales existentes (Hernández *et al.*, 2006).

Los resultados del traslape de las cartas geomorfológicas y el área del manglar, se presentan en el cuadro 10.

<p><b>Grupo: Sistema Costero</b></p> <p>Geoforma: Costa de inundación y/o de intermareas</p> <p>Geoforma: Sistema estuario (lagunas, bocas, esteros, canales y brazos de comunicación intermareal.</p> <p>Geoforma: Costa de barrera acumulativa con o sin cordones costeros o campos de dunas.</p> <p>Geoforma: Costa no diferenciada con playa</p> <p>Geoforma: Costa erosiva-acumulativa mixta</p> <p>Geoforma: Costa acumulativa de isla barrera.</p> <p>Geoforma: Costa biogénica de arrecife coralino.</p> <p><b>Grupo: Sistema Cárstico</b></p> <p>Geoforma: Relieve cárstico denudatorio de circulación fluvial superficial con procesos de disolución en depresiones.</p> <p><b>Grupo: Sistema Fluvial</b></p> <p>Geoforma: Valle aluvial con procesos de acumulación en lechos amplios de fondo móvil y plano.</p> <p>Geoforma: Valle amplio o planicie aluvial colmatado y con patrones de drenaje meándricos anastomasados.</p>
---

Cuadro 11. Grupos y geoformas identificadas en la Carta Geomorfológica del INE-IGg (2002) sobre las cuales se desarrolla el ecosistema de manglar en Quintana Roo.

#### Edafología y área de manglar

*Regosol*, *Rendzina* y *solonchak* son principalmente los suelos asociados al manglar de Quintana Roo.

*Rendzina* describe a suelos poco profundos (10-15 cm) que sobreyacen directamente a material carbonatado (ejemplo roca caliza), predominan las *rendzinas* rojas, con manchones aislados de *litosoles* y *regosoles* y al norte existe una franja de *aridosoles*. Los principales tipos de suelos de acuerdo con la terminología maya son: Tsek'el en las partes altas y laderas con un buen drenaje; K'ankab al pie de las elevaciones, donde el drenaje no es total y Ak'alche en las partes bajas con mal drenaje (INE-

SEDESOL, 1993). Los suelos que se forman bajo los mangles rojos se caracterizan por tener un pH alto (Walsh, 1974), una relación de carbono y nitrógeno alta y contenidos considerables de azufre, fósforo oxidable. Estos suelos se vuelven intensamente ácidos al secarse cuando se ven reclamados para propósitos agrícolas. La neutralización del ácido con cal o carbonato de calcio es de un costo prohibitivo. La lixiviación del ácido por las lluvias puede tomar varios años (Walsh, 1977).

El *solonchak* se presenta en horizontes superficiales o subsuperficiales que contienen un enriquecimiento de sales fácilmente solubles. Se localiza en una gran variedad de relieves, principalmente en llanuras fluvio-marinas que se denominan tierras "salitrosas" o "saladas" porque presentan intrusión de agua salina por efecto de la marea o por el manto freático (Palma López *et al.* 2007)

De acuerdo con la carta edafológica (F16-11) del INEGI, los suelos en gran parte de la Riviera Maya son generalmente más pobres que los del resto de la península; son también más jóvenes y poco evolucionados, pedregosos, someros, fácilmente degradables y con potencial forestal. Dentro de la clasificación de FAO (1974), corresponden a los tipos *litosol* y *rendzina* con clase textural media. El subsuelo está íntegramente formado por calizas blancas, arenosas, no mineralizadas llamadas *saskab*, que por intemperismo se endurecen y forman placas en la superficie conocidas como lajas. Entre las lajas, la vegetación ha abierto oquedades y aportado capas delgadas de materia orgánica. Los suelos inundables de las marismas y humedales, tipo margas o de turbera, descansa igualmente sobre la roca calcárea (CONANP, 2007).

Para esquematizar de una forma más detallada sobre la diversidad de los tipos de suelo que existen en relación con las áreas de manglar de Quintana Roo (Fig. 8), se realizó una sobreposición con la información de la Carta Edafológica que muestra la clasificación mundial de suelos FAO-UNESCO/1968 modificada a las condiciones ambientales del país con las áreas de manglar. La información se relacionó de forma que reflejara la diversidad de los tipos o unidades de suelo que se presentan en el total de las áreas de manglar, concluyendo que:

El tipo o unidad de *regosol* que son suelos que se desarrollan sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina, se encuentra distribuido con mayor predominancia (47.59%), al sur de la Bahía Ascensión, en los alrededores de la Laguna Los Cocos e inmediaciones de la Laguna Tres Marías, sobre todo la franjas

más prominentes de este tipo de suelo en donde crece manglar, se extienden a una distancia de hasta más de 26 kilómetros tierra adentro, en una orientación NE-SW en la parte central de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. La ubicación donde se desarrollan estos suelos se relaciona con la formación que corresponde a *planicie de acumulación marina* formada en el Holoceno, y a planicies estructurales casi horizontal, de 10-20 m de altitud (Wilson, 1980). Otras áreas de *regosol* se encuentran extendidas en la franja reconocida en la carta topográfica como áreas de "pantanos o terrenos sujetos a inundación" al este de Bahía del Espíritu Santo desde Laguna Mosquitero hasta Boca Bacalar Chico y al este de la Bahía de Chetumal.

El solonchak (27%) de presencia en los manglares de Quintana Roo se encuentra en áreas costeras deprimidas con un manto freático somero, la acumulación de sales es más fuerte en la superficie del suelo, reconociéndose como *solonchaks externos* y cuando el manto freático es más profundo, la acumulación salina se produce en zonas subsuperficiales del perfil, *solonchaks internos*. Este tipo de suelo se distribuye en el norte del estado en una casi prominente y continua franja, los alrededores del sistema lagunar Nichupté, en las cercanías de Puerto Morelos, en Sian Ka'an donde se encuentran representado 5 tipos de suelos sobre los que se desarrollan manglares.

El *gleysol* (8.74%), se encuentra en la *Sabana Salsipuedes* y corresponde a la planicie estructural casi horizontal de 10-20m de altitud, referido a ambientes y suelos lacustres formados principalmente en el Holoceno o Plioceno (Wilson, *ibid.*).

*Litosol* representado en menores extensiones (3.84%), se distribuye también al norte del estado en manglares que se desarrollan en áreas de pantano o áreas inundables.



Figura 8. Tipos de suelo con desarrollo de manglar en Quintana Roo en hectáreas.

## Hidrología

En este apartado se señalará hidrológicamente a Quintana Roo partiendo desde el nivel de jerarquías *Regiones hidrológicas-cuencas* en el componente orográfico (delimitación natural), así como en Regiones Hidrológicas Administrativas que contiene el componente socioeconómico como administración y la gestión del agua.

Quintana Roo está situado en la RH Yucatán Norte con un área total de 58,051 km<sup>2</sup> y Yucatán Este con 38,253 km<sup>2</sup>. Las áreas y el porcentaje relativos al estado se pueden observar en el cuadro 11.

Región	Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Área relativa de la cuenca en el Estado de Quintana Roo (km <sup>2</sup> )	% relativo de la cuenca en el Estado de Quintana Roo (km <sup>2</sup> )
Yucatán Norte	Quintana Roo	14,632.4	12,918	88.28
	Yucatán	42,118.6	339	2.31
Yucatán Este	Bahía de Chetumal y otras	15,452.9	14,514	94.06
	Cuencas cerradas	22260.4	14,153	63.57

Cuadro 12. Superficie relativa del Estado de Quintana Roo distribuida sobre las regiones hidrológicas y Cuencas según datos de la CONAGUA (2008).

La región hidrológica administrativa está formada por agrupaciones de cuencas, cuya delimitación obedece a los límites municipales para facilitar la integración de la información socioeconómica, (CONAGUA, 2008). La región hidrológica administrativa sobre la que se encuentra el estado de Quintana Roo pertenece a la XII "Península de Yucatán". Ésta región corresponde también a una de las dos modalidades de organización, sobre la cual derivan los Organismos de Cuenca (*Consejos de Cuenca*) que tienen las atribuciones, funciones y actividades específicas en materia operativa, ejecutiva, administrativa y jurídica, relativas al ámbito Federal en materia de aguas nacionales y su gestión (Ley de Aguas Nacionales, 1992).

### *Hidrología Superficial*

Dentro de los recursos hídricos de Quintana Roo encontramos:

Lóticos: Río Hondo, Río Azul, El Chorro, El Tigrito, El Zudi, Escondido, Ixno-Há y Ucum.

Lénticos: Sistema lagunar Nichupté, Laguna Yalahau o Conil, Chacmochuck, Caapechen, Muyil, Boca Paila, Catoche, Santali, Bacalar, San Felipe, Mosquitero, Chile Verde, Nohbec, Virtud, Guerrero, Milagros, Negra, Encantada, Chunyaxché, Chinchancanab, Ocom, Agua Salada, Petén Tunich, Sac Ayín, y Esmeralda. (CONAGUA, 2010; INEGI, 2012).

En la reserva de la biosfera Sian Ka'an existen algunos cenotes con más de 50 m de diámetro (Dachary y López, 1983); las lagunas formadas en oquedades impermeabilizadas son poco profundas y tienen una mayor riqueza orgánica. Se reportan alrededor de 70 en las aguas de esta reserva, por lo general transparentes por su dureza y por la oligotrofia, debidas a la presencia de un lecho calcáreo y poco soluble (INE-SEDESOL, 1993).

### *Subterránea*

La red fluvial del estado de Quintana Roo presenta ausencia de corrientes de agua superficiales debido a las condiciones litológico-estructurales que favorecen un régimen hidrológico subterráneo (Lugo-Hubp, 1990).

La unidad acuífera regional del norte y noreste de la península se caracteriza por una muy alta permeabilidad y una transmisividad, el agua subterránea se presenta como un cuerpo o lente delgado de agua dulce, menor de 70 m de la espesor tierra adentro y unos cuantos metros cerca de la línea de costa, flotando sobre un cuerpo regional de agua salina de composición cercana a la de mar (Velázquez, 1986). La descarga natural se efectúa a través de manantiales a lo largo de la costa oriental, y en forma difusa en la costa norte y hacia la costa occidental (Granel y Gález, 2002).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) reconoce que el agua subterránea por sus atributos y naturaleza tiene una gran importancia en cuanto a distribución y calidad del recurso:

- Amplia distribución espacial
- Menores pérdidas de evaporación
- Menor exposición a la contaminación
- Disponibilidad menos afectada por las variaciones climáticas
- No hay pérdida de la capacidad de almacenamiento

- Temperatura del agua constante.

Aunado a las ventajas naturales por la presencia del agua subterránea se incrementa la existencia de cenotes en el estado; por ejemplo en el Parque Natural Tulum, las aguas de los cenotes son lo por lo general transparente por su alto contenido de carbonatos y la escasa presencia de algas y plancton. El pH varía entre los 7.5 y 9.0, y la dureza y salinidad oscilan entre 2 y 18% en las aguas continentales comunicadas con el mar (CONANP, 2007). Características similares también se presentan en Sian Ka'an donde asimismo se señalan la abundancia de carbonatos y bicarbonatos disueltos (INE-SEDESOL, 1993).

### Clima

Según el INEGI (El 99% de la superficie del estado presenta clima cálido subhúmedo y el 1% cálido húmedo, localizado en la isla Cozumel. La temperatura media anual estatal es de 26°C, la temperatura máxima promedio es de 33°C y se presenta en los meses de abril a agosto. La temperatura mínima promedio es de 17°C durante el mes de enero. La precipitación media estatal es alrededor de 1 300 mm anuales, las lluvias se presentan durante todo el año, siendo más abundantes en los meses de junio a octubre.

El clima cálido subhúmedo favorece el cultivo de caña de azúcar, chile jalapeño, maíz, arroz, hortalizas y frutales como chicozapote, naranja, toronja, papaya, limón agrio, mango y piña entre otras.

Para Enriqueta García (1973), concerniente a Quintana Roo se refiere a las estaciones registradas en las Cartas de la CETENAL, considerando el tipo de clima relativo a un número de años basado en un lapso de tiempo que va de 1921-1960. En total son 8 estaciones, con desglose de ubicación (coordenadas y altitud), temperatura y precipitación media mensual con promedio anual. Asimismo, se presenta un ejemplo del tipo de clima de una estación (v. *apéndice*).

Las climatológicas normales del período de 1971-2000, disponibles para Quintana Roo, a través del portal del Servicio Meteorológico Nacional, registran alrededor de treinta y ocho (38) estaciones meteorológicas distribuidas de manera uniforme en la extensión estatal. De éstas, se contemplaron aquellas (cuadro 13) que se encuentran más cercanas e inclusive dentro de las áreas de distribución de mangle, para tener una mayor exactitud en el registro de los datos de temperatura y precipitación.

CLAVE	ESTACIÓN	MUNICIPIO	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
23001	ALVARO OBREGON	OTHON P BLANCO	18°17'36"	88°38'30"	52
23032	CHETUMAL	OTHON P BLANCO	18°30'2"	88°19'39"	26
23153	CHETUMAL (TEC)	OTHON P BLANCO	18°31'8"	88°18'3"	17
23049	INIA-CAECHET	OTHON P BLANCO	18°34'20"	88°27'34"	41
23050	INIP	OTHON P BLANCO	18°15'0"	88°38'0"	0
23015	LOS POZOS	OTHON P BLANCO	18°33'0"	88°29'0"	20
23051	PEDRO ANTONIO SOLIS	OTHON P BLANCO	18°57'17"	88°9'52"	30
23018	PUCTE	OTHON P BLANCO	18°13'54"	88°39'56"	65
23043	SAN FELIPE BACALAR (SMN)	OTHON P BLANCO	18°30'0"	88°29'0"	0
23021	SANTA CRUZ CHICO	OTHON P BLANCO	18°55'0"	88°17'0"	10
23040	SERGIO BUTRON CASAS	OTHON P BLANCO	18°30'36"	88°34'7"	49
23155	CANCUN	BENITO JUAREZ	21°9'24"	86°49'13"	1
23019	PUERTO MORELOS	BENITO JUAREZ	20°50'0"	86°54'0"	20
20323	SOLFERINO	LAZARO CARDENAS	21°20'45"	87°25'49"	23
23025	TULUM	SOLIDARIDAD	20°13'32"	87°27'29"	25

Cuadro 13. Estaciones meteorológicas de Quintana Roo reportadas por la CONAGUA (2010) en las climatológicas normales del período de 1971-2000, relacionadas en cercanía con las áreas de manglar.

### Vegetación asociada y colindante al manglar en Quintana Roo

El estudio de la vegetación natural representa una alta importancia para los siguientes aspectos: es la representación física más conspicua de los ambientes terrestres, es el resultado de la producción primaria y finalmente actúa como hábitat para diferentes tipos de organismos (Islebe y Sánchez, 2001). Su investigación y estudio genera conocimiento aplicado, dirigido a la conservación y manejo de ecosistemas.

Como vegetación asociada al manglar en Quintana Roo se reconocen las siguientes especies:

En el Parque Natural Tulum, el ecotono selva-manglar, es decir la zona de transición entre un tipo de vegetación y otro se observa que la familia de las palmas es la más importante en conjunto con las zapotáceas, particularmente las palmas *Thrinax radiata* (chit) y *Pseudophoenix sargentii* (kuka) y la zapotácea *Manilkara zapota* (chicozapote). Otras especies de importancia ecológica y comercial son *Coccothrinax readii* (nacax), *Enciclia alata* (orquídea) y *Mirmecophyla tibicinis* (orquídea de manglar), que se encuentran en asociaciones con el mangle botoncillo (CONANP, 2007).

En Sian Ka'an podemos observar la asociación de manglares de franja que son formaciones de (*Rhizophora sp*) con la vegetación de cayos que surgen de las aguas tranquilas de las bahías y lagunas costeras. Otras asociaciones corresponden a: manglar con selvas bajas espinosas subperennifolias y medianas, con tulares. En los

manglares del norte del estado podemos observar las asociaciones con pastizales halófilos, selvas bajas caducifolias, medianas subperennifolias y tulares.

### 3.3 Aspectos socioeconómicos

#### Población y demografía

La población de Quintana Roo para el período 2000-2010 es la siguiente:

Año	Total	Hombres	Mujeres
2000	874,963	448,308	426,665
2005	1,135,309	574,837	560,472
2010	1,325,578	673,220	652,358

Cuadro 14. Población Total de Quintana Roo, período 2000-2010. Fuentes: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, II Conteo de Población y Vivienda 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010.

Actualmente el grueso de la población estatal está distribuida en localidades costeras, Cancún, ciudad que cuenta con un mayor número de habitantes; en el período 2000-2010, ha tenido un crecimiento de 36.78%. El municipio de Chetumal y Solidaridad mantienen también una población de más de 100 000 habitantes, en ambos existe presencia de manglar.

El menor crecimiento en este período de diez años (2000-2010) se registró en el municipio de Isla Mujeres, en donde también existe presencia de manglar. Como se había mencionado anteriormente, en este estudio no se tomó en cuenta el territorio insular debido a los vacíos de información cartográfica, por lo que señalaremos al municipio de Lázaro Cárdenas con el crecimiento menor inmediato siguiente, con tan solo un crecimiento de 19.4%. Los crecimientos de la población puede apreciarse por el grueso de los bloques que corresponden a los censos y conteo de los municipios (cuadro 15).

Municipio	Cabecera municipal	Presencia manglar	Año	Pob. total municipal	Hombres	Mujeres
001 Cozumel*	Cozumel	Si	2000	60,091	31,060	29,031
			2005	73,193	37,346	35,847
			2010	79,535	40,357	39,178
002 Felipe carrillo Puerto	Felipe Carrillo Puerto	Si	2000	60,365	30,682	29,683
			2005	65,373	33,288	32,085
			2010	75,026	37,994	37,032

003 Islas Mujeres*	Islas Mujeres	Si	2000	11,313	5,930	5,383
			2005	13,315	6,865	6,450
			2010	16,203	8,358	7,845
004 Othón P. Blanco	Chetumal	Si	2000	208,164	104,314	103,850
			2005	219,763	109,059	110,704
			2010	244,553	121,906	122,647
005 Benito Juárez	Cancún	Si	2000	419,815	215,352	204,463
			2005	572,973	289,293	283,680
			2010	661,176	334,945	326,231
006 José María Morelos	José Ma. Morelos	No	2000	31,052	16,023	15,029
			2005	32,746	16,673	16,073
			2010	36,179	18,506	17,673
007 Lázaro Cárdenas	Kantunilkin	Si	2000	20,411	10,537	9,874
			2005	22,434	11,517	10,917
			2010	25,333	12,972	12,361
008 Solidaridad	Playa del Carmen	Si	2000	63,752	34,410	29,342
			2005	135,512	70,796	64,716
			2010	159,310	83,468	75,842
009 Tulum			2010	159,310	83,468	75,842

Cuadro 15. Población Total por municipio y por género para el período 2000-2010 en el Estado de Quintana Roo.

Fuentes: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, II Conteo de Población y Vivienda 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010.

\*Corresponden a municipios que se encuentran en territorio insular por lo que no se tomaron en cuenta para este trabajo.

El siguiente cuadro muestra el crecimiento total de habitantes de 2000-2010 por municipio, los colores se gradúan en la siguiente tendencia: (crecimiento= tono más oscuro; decremento = tono más claro).

Municipio	Año	Crecimiento / años
Cozumel	2000	
	2005	13,102
	2010	6,342
Felipe carrillo Puerto	2000	
	2005	5,008
	2010	9,653
Islas Mujeres	2000	
	2005	2,002
	2010	2,888
Othon P. Blanco	2000	
	2005	11,599
	2010	24,790
Benito Juárez	2000	
	2005	153,158

José Ma. Morelos	2010	88,203
	2000	
	2005	1,694
Lázaro Cárdenas	2010	3,433
	2000	
	2005	2,023
Solidaridad	2010	2,899
	2000	
	2005	71,760
Tulum*	2010	23,798

Cuadro 16. Crecimiento de habitantes de los municipios de Quintana Roo del período 2000-2010. La tendencia de colores se presenta del tono oscuro a claro= disminución de la población; tono claro a oscuro=crecimiento. Fuentes: INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda 2000, II Censo de Población y Vivienda 2005 y Censo de Población y Vivienda 2010.

\* Por el año de Fundación del municipio de Tulum, no entra en este análisis de crecimiento del período citado.

En resumen, Quintana Roo muestra un crecimiento en la población de 32.55% en un período de 10 años, es decir, tiene 422,352 más habitantes que en el año 2000, dando un total de 1, 297,315 habitantes. La mayor concentración poblacional se encuentra en los municipios Benito Juárez, Othón Pompeyo Blanco, Cozumel y Solidaridad y sus localidades relativas de Cancún, Chetumal, Cozumel y Playa del Carmen. Más en contraparte, éstas disminuyen su población de 2005-2010 en un rango que va del 7 al 14 % excepto Chetumal quien aumento 10.13%, lo que podría arrojar la referencia de que el manglar situado cerca y/o alrededor de la capital del Quintana Roo pueda tener más presión antrópica a futuro. Por otra parte, Lázaro Cárdenas registra la menor población con 25,333 con el menor crecimiento en esos diez años, es decir apenas aumentó 4,922 habitantes, a diferencia, el futuro del manglar situado en este municipio podría resultar con mayor beneficio desde la perspectiva en el peso que se le dé a esta variable.

La densidad de población para el total del estado es de 29.7 (hab/km<sup>2</sup>) y en lo que corresponde a los municipios que incluyen manglar (solo territorio continental) corresponden a las siguientes densidades para el año 2010: Benito Juárez (314.8); Felipe Carrillo Puerto (5.7); Isla Mujeres (17.2); Lázaro Cárdenas (7.7); Othón P. Blanco (15.3); Solidaridad (75.3) y Tulum (14.0).

## Sectores Económicos

Dentro de las actividades primarias, el sector agropecuario mantiene un fuerte vínculo con el manglar, debido a la relación espacial de frontera. Aunque el origen del establecimiento de la agricultura y ganadería es la deforestación, es decir, la remoción de la vegetación, puede afectar de modo significativo a las fuentes de germoplasma, más con un manejo adecuado de regeneración las áreas agrícolas y los pastizales pueden ser restauradas (CONAFOR, 2011). Quintana Roo registra 10,693.85 hectáreas de cultivos de riego y de temporal, los datos más específicos señalan (cuadro 17) a los principales cultivos y superficie sembrada en base a los tabulados básicos de censos económicos del período de 2000-2005.

Cuadro 17. Superficie cosechada en el período 2000-2005 por toneladas en Quintana Roo

Año	Chile verde	Frijol	Maíz grano	Sorgo grano	Jitomate	Caña de azúcar*
2000	2,786	6,034	87,798	230	23	19,653
2001	1,903	5,738	86,470	130	28	19,804
2002	1,487	4,305	87,435	247	38	22,355
2003	2,073	5,593	94,933	380	43	22,760
2004	1,822	3,639	70,254	775	43	21,056
2005	2,227	2,845	64,272	935	30	22,500

Fuente: México en cifras por Entidad Federativa. INEGI. Disponible en:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=23>

\* Corresponde a superficie cultivada.

Para el desarrollo de las actividades ganaderas en el estado, se registra una superficie de 12,413.98 hectáreas de pastizales cultivados (INEGI, 2003-2005), las existencias de ganado bovino se muestran según el *cuadro 17 y figura 9*, se señala la muestra de la tendencia para el período 2000-2005.

Existencia de ganado bovino, Quintana Roo	
Año	Existencias
2000	131,782
2001	97,339
2002	100,444
2003	99,868
2004	111,603
2005	112,756



Cuadro 18 y Figura 9. Existencias y gráfico de ganado bovino en Quintana Roo, período 2000-2005.

Fuente: INEGI. Principales Características del Sector Ganadero. Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos (SIMBAD, 2012).

### *Pesca*

Por su participación en el PIB estatal del sector primario ocupa el último lugar en importancia (1.32 %) del PIB pesquero nacional. Con 860 Km. de litoral y 264 mil hectáreas de bahías, esteros y lagunas propicias para la acuicultura, la entidad no aprovecha el gran potencial en esta actividad, debido a que los pescadores prefieren la captura de especies como la langosta, el camarón y el caracol que tienen un buen precio en el mercado, dejando sin capturar la gran variedad de especies de escama disponibles.

Con datos del Anuario de la CONAPESCA (2005), del período 2000-2005, la producción pesquera en peso vivo en Quintana Roo contempla las siguientes especies: camarón, caracol, guachinango, jurel, langosta, mero, mojarra, pargo, peto, pulpo, tiburón y cazón. El año de mayor producción total fue 2004 (2,872 ton.), mientras que 2002 registró el más bajo del período con 2,127. Asimismo sobresale que la mayor producción del total de los seis años corresponde al mero (4,493 ton.) langosta (2, 446 ton.), camarón (2,169 ton.), y caracol (1,588 ton.); mientras que, la productividad más baja señala al guachinango (81 ton.), jurel (87 ton.), la mojarra y el pulpo con (738 y 761 toneladas respectivamente).

### *Minería*

Se registra dentro de los usos del suelo, la actividad minera se reconoce como “áreas desprovistas de vegetación”, se registran alrededor de 42 minas que se encuentran a una distancia menor y aproximada de 10 kilómetros de distancia lineal a la costa. La superficie total es de aproximadamente menor de 3 km<sup>2</sup> y las sustancias que se extraen de los yacimientos minerales corresponden a: caliza (grava, arena), arenisca (arena).

### *Turismo*

La importancia de Quintana Roo se destaca principalmente por la belleza escénica que adquieren los atractivos naturales como playas de arena blanca y aguas color turquesa. Resalta también que posee una serie de grandes vestigios de la civilización maya, como son los sitios arqueológicos de Tulum, Cobá, Xelhá y Xcaret y otros que suman un total de 16 sitios.

La ocupación hotelera en base a cifras correspondientes al promedio del período 2005-2011 muestra que los turistas deciden como principales sitios para hospedarse:

Riviera Maya (Corredor turístico Cancún-Tulum) con un 71.34%; Cancún (69.48%), Puerto Morelos (65.72%) Cozumel (55.17%) e Isla Mujeres (51.95%).

Cancún, catalogado como uno de los principales destinos turístico de México, cuya fama como un centro de ocio cosmopolita conocido en todo el mundo como símbolo de turismo de sol y playa del Caribe. Impulsado en la década de los 70's por estrategias económicas de desarrollo gubernamental y organismos financieros internacionales para la creación y consolidación de megaproyectos a través del impulso de la urbanización, creación de infraestructura hotelera y de transporte aéreo; ha predominado el concepto de la gran hotelería internacional, lo que ha llevado a la proliferación de grandes asentamientos que se formaron con los migrantes trabajadores de la construcción o de los servicios turísticos (Daltabuit *et al.*, 2006).

Con un total de afluencia de tres millones de turistas en el año 2000, el turismo en esta afamada ciudad disminuyó entre 2001 y 2002 por los atentados del 11 de septiembre. Para 2004 y según datos de FONATUR, son casi 3 400 000, que se lee como el mejor año de Cancún hasta la actualidad, puesto que en 2005 se produjo una reducción debido a la excepcional temporada de huracanes (Wilma y Emily). Algo más de 3,250,000 turistas visitaron Cancún en 2008, cantidad que se volvió a alcanzar en 2010 tras una baja significativa en 2009 por la crisis económica y, sobre todo, por la alarma sanitaria provocada por el virus AH1N1.

### **3.4 Especies de mangle presentes en el estado**

Las especies de manglar que se distribuyen en Quintana Roo son: *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus*, *Avicennia germinans*, y *Laguncularia racemosa*.

Instituciones como CONAFOR, CONABIO y el INECC se han mantenido en la dinámica de investigaciones para generar política pública en el tema de manglar y cuentan con diversos registros georreferenciados sobre las diversas especies de manglar en Quintana Roo, cuya ubicación sirve de base para considerar la extensión en la distribución y presencia de éstas (*v. Apéndice*).

#### **Amenazas**

La SEMARNAT, señala que son: el cambio de uso de suelo, la infraestructura y la contaminación como los principales problemas que afectan a los ecosistemas de

manglar y en si a los humedales costeros (SEMARNAT, 2006). La pérdida de ecosistema por conversión de vegetación natural a uso de suelo, provoca deforestación e impactos negativos en diversos niveles. Los desarrollos turísticos se basan en tal origen, aquellos conocidos como “megaproyectos integralmente planeados” en zonas como Cancún-Tulum, Huatulco, Ixtapa y Los Cabos, detonan la urbanización de franjas costeras, inversiones hoteleras y obras de infraestructura pública, con sus consecuentes presiones y destrucción sobre el manglar.

A pesar de que la SECTUR instrumento en 2002 un programa denominado Agenda 21 para el turismo mexicano con la finalidad de atender los compromisos derivados de la Cumbre de Río de 1992, este derivaba a comprometerse a apoyar a la SEMARNAT para liderar el proceso para el sector turístico nacional (SECTUR, 2005). No obstante, la realidad local siempre puede ser diferente y casos controvertidos que afectan a los manglares siguen ocurriendo, como el de la tercera etapa de FONATUR en Cancún, donde un proyecto pretendidamente ecológico afecta a más de 100 hectáreas de manglar en aras de la imagen inmobiliaria (SEMARNAT, 2006).

En infraestructura, las carreteras y terracerías en Quintana Roo y Yucatán, alteran la tasa de recambio y la salinidad de aguas por medio de la interrupción superficial del flujo, provocando que grandes extensiones de manglar tengan una alta mortalidad (Trejo *et al.*, 1993). En las cercanías de Punta Allen, en el ANP *Sian Ka'an*, la interrupción en la continuidad por un camino de terracería, ocasionó la muerte de alrededor 20 has de mangle, registrándose una diferencia de salinidad entre lado y lado del camino de 43 g/l. Otros claros ejemplos de alteraciones ecosistémicas por carreteras se han suscitado entre Cancún y Chetumal en donde la salinidad concentrada registró 4 g/l, en tanto que en el lado sur fue el doble (INECOL, 1990).

El calentamiento global es un tema con mucha relevancia para el futuro del manglar en Quintana Roo y toda la costa de México y por supuesto a nivel mundial. El incremento del nivel del mar (como resultado del deshielo en los polos) podría anegar principalmente el manglar ribereño o de borde. Este hecho, puede proyectar otros efectos, como la alteración y cambio en las corrientes oceánicas, la salinidad y las temperaturas superficiales, lo cual alteraría la composición de las especies y también quizá funcionaría como un detonador de la extinción local y global (McCarthy *et al.*, 2001). Inclusive el tema de adaptación de humedales costeros visto como todo un gran sistema en donde el manglar es solamente unos de los tantos componentes ecosistémicos que convergen de manera espacial y temporal, ya es necesariamente

incluido dentro de las estrategias nacionales que instituciones encargadas de promover y gestionar las políticas ambientales para realizar acciones detalladas de adaptación (INECC, 2014).

Una de las zonas que se encuentra dominada por la actividad turística de playa, es la porción noreste del estado. El desarrollo de proyectos turísticos integralmente planificados y los llamados megaproyectos como el de San Buenaventura y Puerto Cancún son sólo ejemplos de la demanda de uso del suelo en los espacios costeros que han modificado y propiciado una alteración en el ámbito limnológico y en el francamente marino (Pérez y Carrascal, 2000). Otro caso de modificación del entorno natural de ecosistemas, hábitat y pérdida de biodiversidad por el turismo, se refiere a la Laguna Bojórquez, en donde se presenta una débil comunicación interlagunar, debido a la escasa profundidad provocada por los rellenos y la descarga de desechos y aguas residuales con lo cual se convierte en un eslabón vulnerable (Cabanilla, 1996).

Pérez y Carrascal (2000), analizan la demanda de uso de suelo turístico urbano sobre la cubierta vegetal en Cancún utilizando SIG llegando a la conclusión que se ha acentuado el desequilibrio regional y el uso inadecuado del recurso forestal mediante un acelerado proceso del crecimiento de la actividad turística y la consecuente urbanización.

## Capítulo IV. Materiales y Métodos

Para una comprensión ágil de la metodología empleada en este trabajo, abajo se sintetiza gráficamente la secuencia de los pasos metodológicos utilizados (Fig. 10).

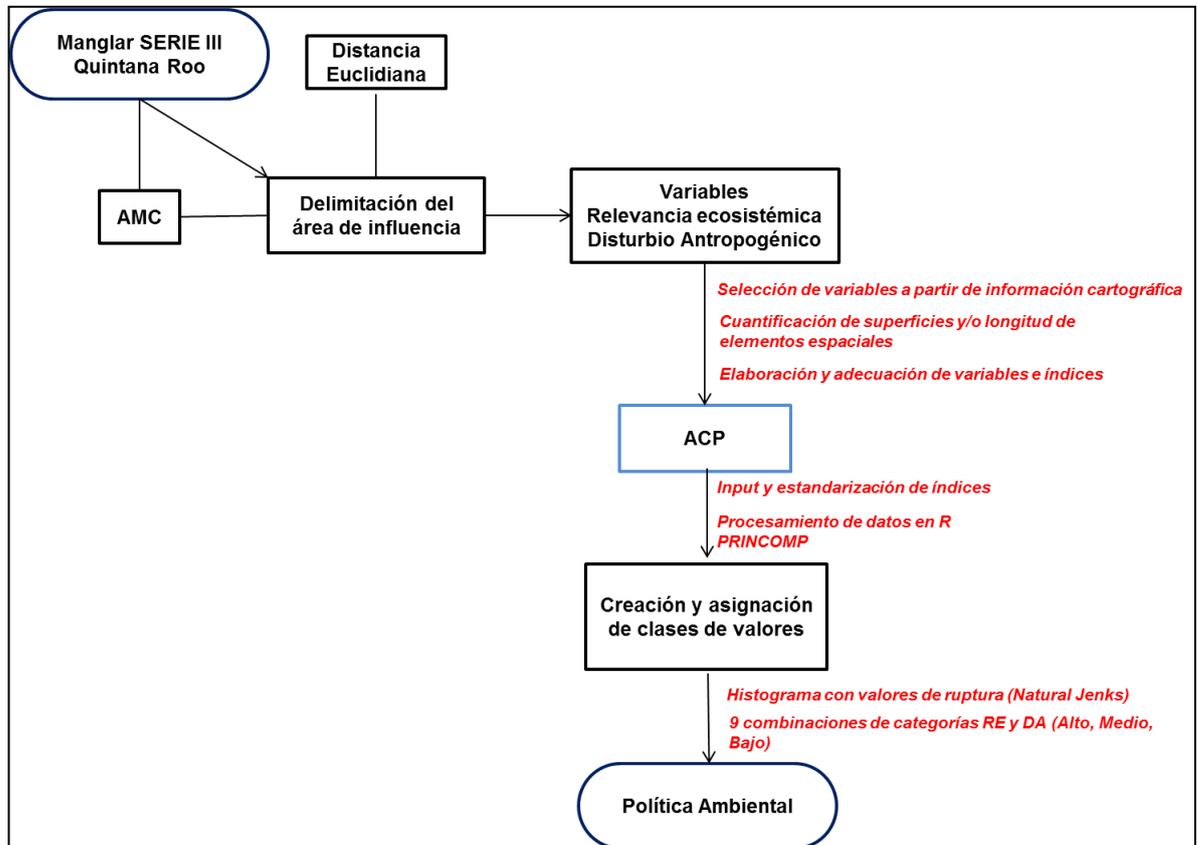


Figura 10. Diagrama de flujo del marco metodológico.

### 4.1 Serie III (INEGI)

El conocimiento del estado que guarda la cobertura vegetal de la superficie terrestre ha cobrado importancia en los últimos años: ¿Cuál es el estado que guarda? ¿Cómo es afectada por las actividades humanas? ¿Dónde se desarrollan estas actividades? ¿De qué tipo son?

Estas interrogantes planteadas por el INEGI que son vertidas como punto de origen en la Cartografía del Conjunto de Datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación de la Serie III del INEGI (2005) escala 1:250 000. Este producto fue obtenido a partir de la interpretación de imágenes Landsat ETM de 2002-2003, con un gran respaldo de verificación en campo. Presenta la distribución de los tipos de vegetación natural e inducida que existen a lo largo del país y la ubicación de las áreas agrícolas

organizadas a partir de un sistema jerárquico que puede desplegarse en un sistema de información geográfica.

El sistema clasificatorio está basado en el *Land Cover and Land Use Classifications System* (SICT), manual realizado por FAO, UNEP y la COPERAZIONE ITALIANA (2005), así como en Rzedowski (1978) que señala a los principales tipos de vegetación, definidos por sus afinidades ecológicas y florísticas. La importancia de este último, para el reconocimiento a la escala vegetal, es también reconocida por González-Medrano (2004), en donde menciona que:

- a) Porque es la escala a la cual las poblaciones e individuos de la especie de plantas pueden ser identificadas y agrupados para caracterizar la vegetación de un área dada. Puede ir desde unos cuantos metros cuadrados hasta muchos kilómetros cuadrados.
- b) La escala de comunidades es importante porque es a este nivel donde los seres humanos pueden tener un mejor sentido de la naturaleza y de la variación de la cobertura vegetal de la Tierra.
- c) En esta escala se centra la actividad humana y se llevan a cabo los cambios en la cobertura vegetal; por otro lado, es aquí donde *pueden aplicarse las prácticas y políticas de manejo y conservación del ambiente*.

La forma en que viene integrada la información permite la fácil manipulación por parte de los usuarios para su complementación o modificación, esto permite realizar estudios sobre un área específica (estado, municipio o región). Constituida por datos estructurados para su representación en forma vectorial y codificados de acuerdo con el Diccionario de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250 000 la Serie III permite ser desplegada en cualquier visualizador de datos vectoriales, logrando relacionar los datos obtenidos en campo (información alfanumérica) con estos primeros, lo que podrá generar estadísticas de diferentes características de la vegetación, como: superficie, altura y cobertura de la vegetación arbórea, especies presentes, etcétera.

#### 4.1.1 Sistema Conceptual

Rediseñada conceptualmente a partir de las necesidades de los diferentes usuarios de la información, se adecuó y complemento el sistema clasificatorio, con el objeto de llegar ampliar la gama de usuarios de las diferentes instancias de gobierno que realizan actividades en relación con la generación de información sobre la diversidad

de variantes de recursos naturales y aplicaciones diversas como el caso del inventario nacional forestal o del inventario nacional de humedales entre otros.

Difiere de las series anteriores, que son inventarios realizados en el año de 1976 y 1994, contemplando las siguientes adecuaciones:

- Tipos de comunidades vegetales que se basan en afinidades ecológicas florísticas y fisionómicas
- Separación de bosques y selvas con base en su altura y cobertura arbórea además de los criterios ecológicos y florísticos.
- De acuerdo a la afinidad florística y el componente climático, se adecuó del concepto de matorral subtropical. Cambio del concepto a vegetación secundaria de selva caducifolia.
- 20 combinaciones de tipos de agricultura.
- Se le asigna una entidad específica a los pastizales cultivados y bosques cultivados, incluyéndose en agricultura.
- Se traslada el concepto de erosión a la información edafológica.
- Se incluyen únicamente tres conceptos en la entidad otros tipos de vegetación.
- Se efectúa una reclasificación de los mezquiales de acuerdo a criterios climáticos.

#### *Tipo de información*

Definida según a los grandes grupos de información de uso del suelo y vegetación, conforme a sus afinidades y similitud de usos:

Ecológica florística fisonómica: contiene las agrupaciones de las comunidades vegetales, definidas a sus afinidades ecológicas y florísticas.

Agrícola pecuaria forestal: muestra información sobre áreas que han sufrido el desplazamiento de la cobertura vegetal para desarrollar actividades agropecuarias, así como zonas donde se utiliza con fines de explotación forestal.

Complementaria: contiene información derivada de la información topográfica y que refuerzan directa o indirectamente la información de uso de suelo y vegetación.

#### *Grandes grupos de vegetación*

En lo que se refiere a los grandes grupos de vegetación, se muestran los diferentes ecosistemas vegetales agrupados al sistema clasificatorio propuesto por Rzedowski (1978): Bosque de coníferas, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, selva perennifolia, selva subcaducifolia, selva caducifolia, selva espinosa, pastizal, matorral xerófilo, vegetación hidrófila, vegetación inducida\* y otros tipos de vegetación\*

#### *Agroecosistemas*

Corresponde a los diferentes sistemas en los que interviene el hombre y que constituyen una cubierta de vegetación manejada: agrícola, pecuario, forestal y acuícola.

#### *Información complementaria*

Es información que no es parte de la cobertura vegetal ni de las áreas manejadas pero que incide sobre ellas, se basa en información topográfica, a excepción de los asentamientos humanos como producto de la actualización de las zonas urbanas: zonas urbanas, cuerpos de agua, áreas desprovistas de vegetación, asentamientos humanos y país extranjero.

#### *Tipos de vegetación*

Los tipos de vegetación se refieren a las diferentes agrupaciones vegetales que se presentan en el territorio mexicano contenidas en la Serie III, incluyendo las áreas sin vegetación. (v. *apéndice*).

#### *Tipo de agroecosistema*

Agrupado por los diferentes tipos de agricultura y actividades acuícolas: agricultura de temporal, agricultura de riego, agricultura de humedad, pastizal cultivado, bosque cultivado y acuícola.

#### *Desarrollo de la vegetación*

El concepto se refiere a los distintos estados de sucesión de la vegetación natural y considerando los siguientes: 1) *vegetación primaria*: considerada como aquella en la que la vegetación no presenta alteración. 2) *vegetación secundaria*: es el estado sucesional de la vegetación en el que se muestran indicios de que ha sido eliminada o perturbada a un grado de modificación sustancial y se identifica mediante tres fases “arbórea”, “arbustiva” y “herbácea”.

#### *Tipo de plantación*

Identifica el tipo de plantación de especies arbustivas y arbóreas (de las que se coloca en el sustrato una planta pequeña, no una semilla): 1) *plantación agrícola*: destinadas al consumo animal o humano. 2) *plantación forestal*: destinadas al aprovechamiento industrial de diversos subproductos (madera, corteza, fojas, frutos).

#### 4.1.2 Características de la información digital

La Serie III es un producto en formato digital, concebida y estructurada para su visualización a través de la funcionalidad en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y a partir de una base de datos que contiene toda la información referente al tema y permite visualizar y obtener gráficos de la totalidad o bien de una región de interés.

Cada una de las 14 capas que conforman la Serie, está contenida en un grupo de archivos que representan la parte gráfica espacial y un componente tabular integrado por una serie de tablas relacionadas y que en su conjunto, corresponden a lo que representa una carta en su formato tradicional impreso.

Esta información presenta referencia geográfica y características topológicas que le permiten contener información que permite cuantificar sus áreas, longitudes y ubicación.

#### *Formato de la información*

Aunque la Serie III incluye dos tipos: el de “conjuntos individuales” y “continuo nacional”, este último formato fue utilizado para el presente documento.

Escala	1: 250 000
Resolución	1 m
Proyección cartográfica	Cónica conforme de Lambert (CCL)
Cubrimiento	Nacional
Sistema geodésico de referencia	ITRF 92
Unidades	Metros
Tipo de datos	Vectoriales
Formato de transferencia	Shapefile
Medio	CD-ROM

Cuadro 19. Formato de presentación de la información contenida en la *Serie III* del INEGI.

El formato de distribución de la información es shapefile (*shp.*) y se encuentra georreferenciado de acuerdo a los siguientes parámetros:

Primer paralelo estándar	19.300000000000000000 (19:30:00.0)
Segundo paralelo estándar	29.300000000000000000 (29:30:00.0)
Latitud de origen de la proyección (latitud de referencia)	120000.00000000000000
Meridiano central (longitud del centro de la proyección)	-1020000.000000000000
Este Falso	2500000.000000000000
Norte falso	0.000000000000000000

Cuadro 20. Parámetros cartográficos de la *Serie III* del INEGI.

### *Metadatos*

La información contenida en los metadatos se puede consultar en la siguiente dirección electrónica:

<http://antares.inegi.org.mx/consultar.html>

## **4.2 Capas de información geográfica para la relevancia ecosistémica**

El Geosistema Natural constituye un sistema espacio-temporal, formado por la interacción entre componentes o elementos biofísicos que pueden en diferentes grados ser modificados o transformados por las actividades humanas. Éste constituye el medio natural desde una visión sistémica (Mateo, 2006).

Bajo esta base conceptual, la relevancia ecológica o ecosistémica (considerada como una condición del estado de un geosistema natural a un período de tiempo dado), es relacionada con otros conceptos como prístino que viene del latín *pristinus* primitivo; relacionado a *prímus*, primero, primordial; definido como: permanecer en un estado puro, incorrupto por la civilización. En ecología se define más hacia designar la función de la vegetación actuando sobre todo por el factor natural, incluyendo sus influencias evolutivas, climáticas, edáficas y topográficas, así como una variedad de influencias bióticas (Burcham, 1957).

La relevancia ecosistémica, se registró a través de elementos biofísicos que caracterizan al área de estudio, como tales, los tipos o unidades de vegetación, los cuerpos de agua, presencia y/o ausencia de manglar en áreas determinadas,

presencia y/o ausencia de vegetación natural, presencia y/o ausencia de cuerpos de agua e insularidad que se encuentran concentrados y delimitados al interior de los búfer, es decir en las áreas vecinas.

A través de una búsqueda de la información cartográfica digital disponible en los acervos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático-SEMARNAT, misma que contiene información de otras dependencias gubernamentales y de los temas afines de cada institución, se seleccionaron aquellas capas de información que fueran lo más cercanas al marco temporal de la *Serie III*, tanto para conformar el cuadro de variables para el eje de análisis de la *relevancia ecosistémica* como para el de *disturbio antropogénico*. Las capas o coberturas de información geográfica utilizadas para señalar la relevancia ecosistémica fueron:

A) Capa o cobertura del tipo de vegetación de manglar

Tipo: polígonos

Extraída a partir de la capa de Vegetación y Uso de Suelo escala 1: 250 000 *Serie III* “Continuo Nacional” del INEGI. (2002-2005) al nivel de comunidad o tipo de vegetación correspondiente al Estado de Quintana Roo (solo superficie continental).

Fuente: Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250 000 *Serie III* “Continuo Nacional” del INEGI. (2002-2005).

Cabe mencionar que solamente se está considerando la vegetación natural para los fines del análisis aplicado (ACP) y esquematización posterior dentro de las políticas ambientales, lo que corresponde a vegetación inducida o de origen antrópico, asentamientos humanos y zonas urbanas entre otros elementos –información que también se encuentra contenida– será agrupada en las capas de información para el análisis del disturbio antropogénico.

B) Vegetación Natural

Tipo: polígonos

Extraída al nivel de comunidad o tipo de vegetación correspondiente a la totalidad de *tipos de vegetación* que se presentan en el Estado de Quintana Roo (solo superficie continental).

Fuente: Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250 000 *Serie III* “Continuo Nacional” del INEGI. (2002-2005).

C) Cuerpos de agua

Tipo: polígonos

Fuente: Cuerpos de agua de México contenida en la *Serie III* como información complementaria que se basa en la información topográfica. Escala 1:250 000 INEGI (2002-2005)

Aunque en la *Serie III* del INEGI, se encuentra contenida información sobre los cuerpos de agua distribuidos en el área de estudio, se procedió a desplegar la información de la capa de *cuerpos de agua* de la CONAGUA, encontrando que está última considera un número mayor de elementos, por lo que se decidió tomar el producto cartográfico de esta institución como primordial.

D) Corrientes superficiales, manantiales y cenotes

Tipo: líneas y puntos

Fuente: Corrientes superficiales con información extraída de la Carta Topográfica. Conjunto de datos vectoriales. Escala 1:250 000 INEGI, 2000.

Se consideró seleccionar esta capa de información que explica las particularidades geofísicas *per se* sobre las condiciones de la distribución del agua dulce en Quintana Roo. Las corrientes subterráneas no fueron tomadas para este análisis, debido a que la falta de información disponible para esta escala, más se pudieron considerar la presencia de cenotes y manantiales como elementos naturales que aumentan el valor ecosistémico.

### 4.3 Capas de información geográfica para el disturbio antrópico

El marco metodológico consideró las aportaciones sobre disturbio antrópico del trabajo de Pickett y White (1985) en un contexto generalizado, no intenta realizar una división entre disturbio crónico y agudo como mencionan autores como Singh, 1998.

#### *Modelo jerárquico*

El nivel de expresión del disturbio corresponde a dos componentes concepto-metodológico (Cuadro 21), ya que:

1.- La representación de la vegetación de manglar en Quintana Roo que se presenta en la Cartografía del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación de

la Serie III (INEGI, 2005), expresada en agrupaciones de las comunidades vegetales, definidas a partir de sus afinidades ecológicas y florística.

2.- El nivel de organización dual *Comunitario-Ecosistémico* (Picket *et al.* 1989; Vega y Peters, 2007), que señala los componentes estructurales y funcionales afectados.

NIVEL	COMPONENTES AFECTADOS		ATRIBUTOS AFECTADOS
	COMPONENTE ESTRUCTURAL	COMPONENTE FUNCIONAL	
Individual	Biomasa	Fisiología Comportamiento	Mortalidad Crecimiento Reproducción
Poblacional	Densidad Estructura	Biología reproductiva Comportamiento social	Estructura de edades Estructura genética Evolución Extinción
Comunitario	Estructura vertical Estructura horizontal Composición de especies	Niveles de recursos Competencia Mutualismo	Coexistencia Equidad Dominancia
Ecosistémico	Grupos funcionales	Flujos	Resistencia Resiliencia
Paisaje	Tipos de elementos Configuración	Régimen de disturbio Flujos de organismo	Estabilidad Conectividad

Cuadro 21. Modelo jerárquico de Disturbio basado en Picket *et al.*, (1989) tomado de Vega y Peters (2007).

Las capas o coberturas de información geográfica en relación al disturbio antropogénico utilizadas para el análisis fueron las siguientes:

A) Uso de suelo

Tipo: polígono

Fuente: Extraído a partir de la capa de Vegetación y Uso de Suelo escala 1: 250 000 Serie III “Continuo Nacional” del INEGI. (2002-2005)

Definida según a los grandes grupos de información de uso del suelo, conforme a sus afinidades y similitud de usos correspondiente a los que se presentan en el Estado de Quintana Roo (solo superficie continental).

El cambio de uso de suelo se encuentra definido según a los grandes grupos de información de este mismo concepto:

*Agroecosistemas* (agrícola, pecuario, forestal y acuícola. Ver 4.1. Serie III).

Información complementaria (zonas urbanas, áreas desprovistas de vegetación, y asentamientos humanos).

B) Localidades

Tipo: puntos

Fuente: Carta Topográfica Escala 1:250 000 y con datos del XII Censo de Población y vivienda. INEGI (2000).

A diferencia de las zonas urbanas representadas por el tipo polígono se representaron a partir de la Carta Uso de Suelo y Vegetación escala 1: 250 000 Serie III "Continuo Nacional" del INEGI (2002-2005), tomando en cuenta la extensión que cubre el tamaño de la mancha urbana con más de 2 500 habitantes en el búfer o área de influencia, mientras que las localidades representan información de la ubicación del elemento espacial en par de coordenadas consideradas conceptualmente como asentamientos humanos y de la población contenida (censo del año 2000) que puede ser del rango  $\geq 1 < 2,500$  habitantes.

C) Vías de comunicación

Tipo: línea

Fuente: Carta Topográfica Escala 1:250 000. INEGI (2000)

También derivada de la Carta topográfica 1: 250 000, se extrajeron las vías de comunicación desagregadas en diferentes entidades y tipos: 1) camino (brecha y vereda); 2) Calle; 3) aeropuerto local; 4) aeropuerto nacional; 5) aeropuerto internacional; 6) ruta de embarcación (transbordador) y los tipos de carretera (terracera 1 carril, 2 carriles; pavimentada 1 carril, 2 carriles, 4 carriles).

#### **4.4 Aplicación SIG como herramienta de análisis espacial para la distribución y caracterización de la base cartográfica del ecosistema de manglar en Quintana Roo**

*Sistema de Información Geográfica*

El Sistema de Información Geográfica (SIG) comprendió diferentes fases y componentes (Peña, 2008) para el procesamiento del dato geográfico y las funciones analíticas espaciales que permitieron representar cartográficamente los resultados estadísticos (Figura 11).

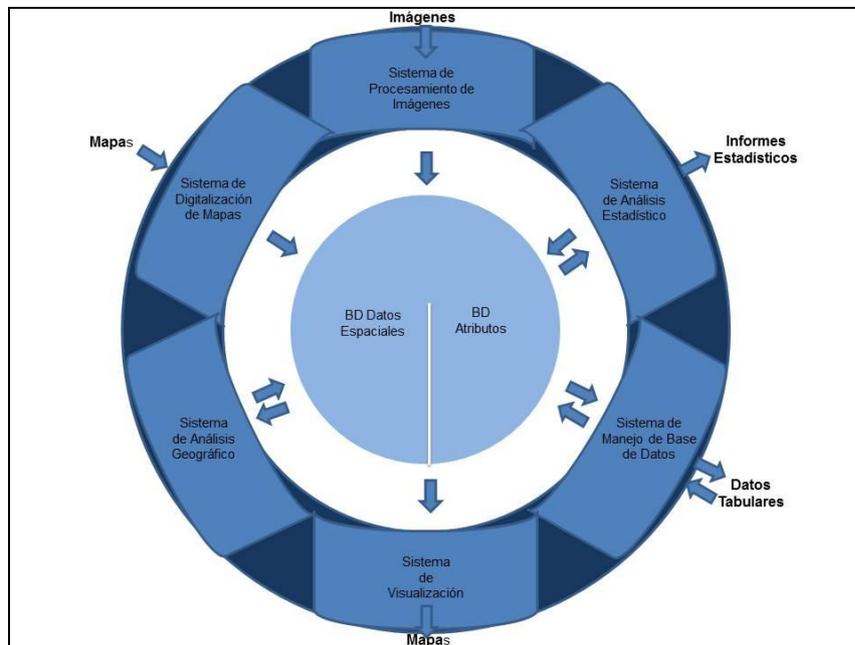


Figura 11. Componentes de un SIG. Tomado de Eastman (2006).

### *Bases de Datos Espaciales y de Atributos*

La base de datos incluyó una serie de mapas e información relacionada en formato digital con las características (forma y posición) que describe la geografía y una base de datos de atributos que representa y describe las particularidades o cualidades de las características de las entidades representadas.

### *Sistema de Gestión de Bases de Datos*

Permitió ingresar datos de atributos tales como información tabular y estadísticas accediendo a extracciones especializadas del primero y a resúmenes del segundo que derivaron en la creación de nuevos informes. No obstante lo esencial del sistema fue su capacidad para el análisis de datos de cada atributo.

*Sistema de procesamiento de imágenes y Sistema de digitalización de mapas (ver 4.1.)*

### *Sistema de Análisis Geográfico*

A partir de este podemos afirmar que el análisis espacial, se centró en el estudio, de manera separada, de los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos. El análisis espacial comprendió el conjunto de procedimientos utilizados para abordar el estudio de la estructura y las relaciones territoriales, a partir del conocimiento de la posición y características de las entidades geográficas de las variables involucradas. La herramienta de geoprocésamiento de ArcGIS ejecutó las tareas de análisis, conversión y administración de datos mediante procesos como: *extracción, intersección, unión, proximidad, fusión y disolución* (Fig. 12).

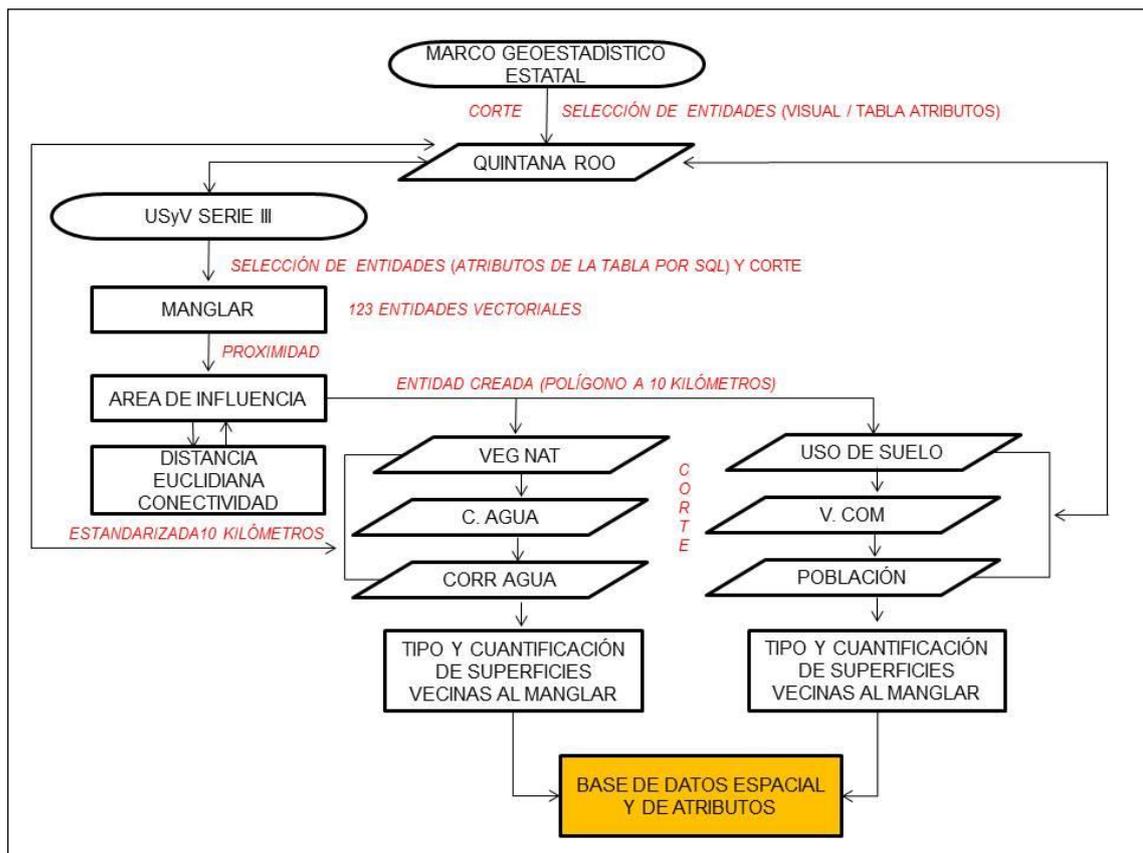


Figura 12. Modelo Cartográfico utilizado para establecer la Base de Datos Espacial y conformar los índices de Relevancia Ecosistémica (RE) y el Disturbio Antropogénico (DA) del manglar en Quintana Roo.

### *Sistema de Análisis Estadístico.*

Se analizó información de la distribución de los valores de atributos para observar si hay tendencias espaciales en los datos, o si las entidades forman patrones espaciales. A diferencia de las funciones de consulta, tales como *identificar o seleccionar*, que proporcionan información sobre las entidades individuales, el análisis estadístico puede revelar las características de un conjunto de entidades como un todo (ArcGIS Resource Center Desktop 10). La estadística realizada en la presente tesis fue en el

software *R* y en el SIG, empleando un lenguaje y entorno para el cálculo estadístico que proporciona la creación y despliegue de gráficas, así como una extensa variedad de técnicas incluyendo las multivariadas. Los detalles de la utilización del programa se concentran en el siguiente apartado.

#### *Sistema de Visualización (Mapas).*

La representación gráfica sigue los objetivos básicos y reglas de la información que se comunica mediante un mapa: leer, entender y memorizar; utilizando un lenguaje apropiado con símbolos homogéneos y ubicación precisa (Caire, 2002). Por lo tanto la respuesta visual a las preguntas que se puedan hacer a la información representada, permite estar relacionada, lo que posibilita la comprensión de un problema por resolver cuando hay que tomar la decisión de hacerlo

### 4.5 Áreas de influencia

El área de influencia o “vecindario” del manglar para Quintana Roo fue delimitado metodológicamente con base a la distancia entre áreas (manchones o parches) de la distribución estatal. Se realizó un análisis visual en SIG por medio de la herramienta *Distancia Euclidiana* que calcula la distancia en línea recta delimitada desde el centro de la celda de origen hasta el centro de cada una de las celdas circundantes del archivo raster de origen. El algoritmo euclidiano funciona automatizando la distancia a cada celda de origen al calcular la hipotenusa con *x\_max* y *y\_max* como los otros dos lados del triángulo (Fig. 13), este cálculo deriva la verdadera distancia euclidiana, en vez de la distancia de la celda. Se determina la distancia más corta a un origen, y si es menor que la distancia máxima especificada, el valor se asigna a la ubicación de la celda en el raster de salida (ESRI 1995-2012).

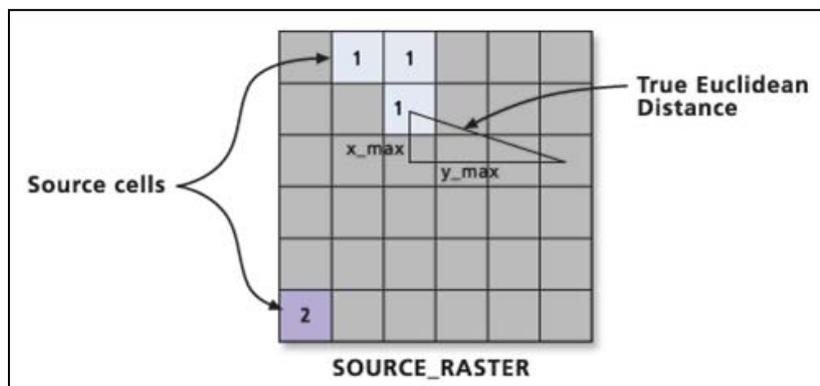


Figura 13. Representación gráfica de la función euclidiana para determinar el área de influencia del manglar en formato raster.

A través de geoprocésamiento espacial, cada zona de influencia fue tomada como *entidad de corte* para extraer la informaci3n de las capas temáticas utilizadas para conceptualizar la relevancia ecosistémica y el disturbio antropogénico (Fig. 14).

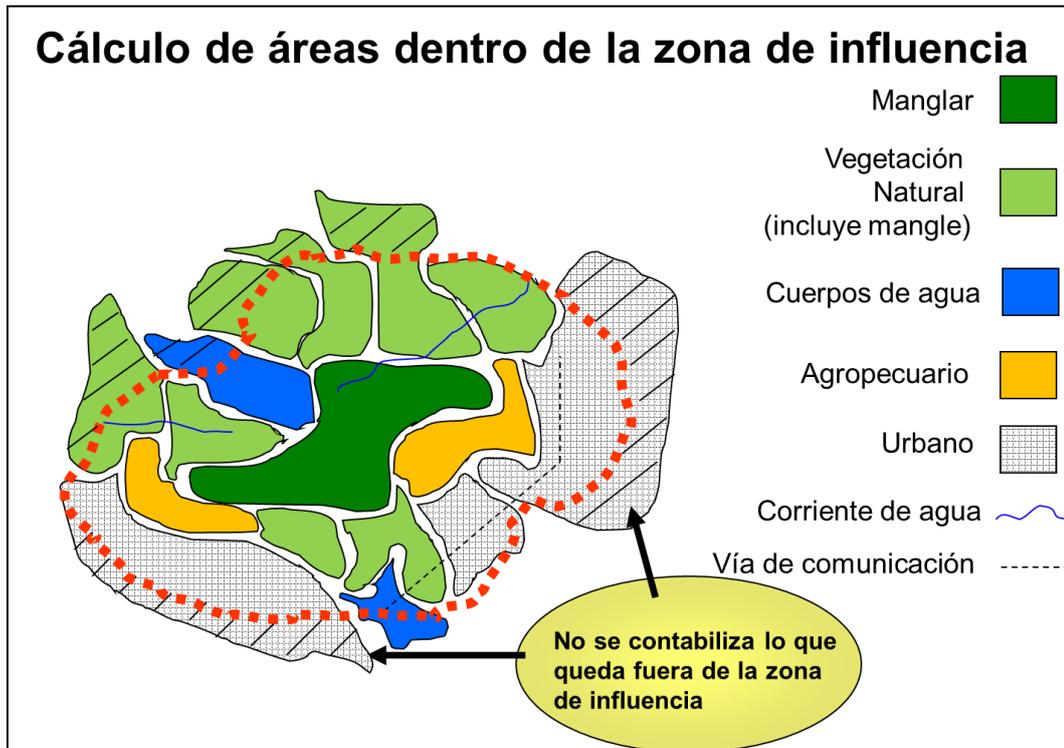


Figura 14. Esquema del cálculo de áreas correspondiente a las coberturas de las variables utilizadas para cuantificar la relevancia ecosistémica y la presión antrópica del área de influencia del manglar en Quintana Roo.

#### 4.6 Análisis de componentes principales

Es una técnica de análisis multivariado que tiene como objetivo principal condensar la información contenida de un gran número de variables originales en un conjunto más pequeño, con una mínima pérdida de información. Cada nuevo conjunto se define así en una nueva dimensión por una combinación lineal. Estas combinaciones lineales se llaman *componentes principales*. Resume la redundancia de datos mediante la colocación de entidades similares por proximidad bajo una ordenación de espacios coordinados, produciendo una descripción de los datos en términos de unos pocos gradientes de variación dominantes. Si el conjunto de datos original contiene una gran cantidad de redundancia, entonces el ACP extraerá la mayor parte de la variación en el menor número de dimensiones posibles (McGarigal *et al.*, 2000).

Se crean nuevas variables compuestas (o componentes) fuera de las variables originales que maximizan la variación entre las entidades de muestreo a lo largo de sus ejes. Es decir que, los componentes principales ponderan las combinaciones lineales de las variables originales que representan gradientes de variación máxima en el conjunto de datos.

El significado o peso ecológico de cada componente se refleja en la importancia de cada variable que lo define (es decir, una mayor importancia es colocada en aquellas variables con pesos más grandes). Por lo tanto *ACP* proporciona una interpretación significativa de cada componente principal basado en las variables que son más importantes en la definición de la dimensión. Estas variables independientes pueden ser utilizadas en otras técnicas multivariadas, como una regresión múltiple y análisis multivariado de la varianza, pero éstas son menos capaces de manejar las dependencias lineales. El *ACP* entonces es un medio eficaz para eliminar el ruido en un conjunto de datos ya que las simulaciones han demostrado posponer selectivamente los patrones de ruido de los ejes (Gauch, 1973).

En términos generales, esta técnica analiza la estructura de las correlaciones entre un gran número de variables mediante la definición de un conjunto de dimensiones subyacentes comunes, conocidas como factores. Así, el analista puede identificar de manera inicial las dimensiones separadas por la estructura y posteriormente determinar el grado en que se explica cada variable por cada dimensión.

Por lo anterior, el *análisis de componentes principales* que se expone en la presente tesis, buscará:

- Realizar un análisis de componentes principales para determinar estadísticamente cuales son los factores que favorecen la relevancia ecosistémica y el disturbio antropogénico de las áreas de influencia de la vegetación de manglar y la importancia de las variables empleadas.

#### Entrada de Datos o inputs

Una vez conformada la base de datos a partir de la información extraída de las coberturas o capas de información espacial (*v. figura 19*) se obtuvieron cinco variables para cada uno de los dos ejes establecidos:

*Eje de importancia ecosistémica del área vecina del polígono de mangle.*

Se refiere a la importancia ecosistémica del polígono de mangle respecto a la vegetación del búfer establecida en:

A) *Índice de rareza relativa del área de manglar (Irm)*

Porcentaje de la superficie total de manglar (manglar [entidad de análisis] + manglar existente en el área de influencia o búfer).

$Irm = \text{área de manglar [entidad de análisis]} / \text{área total de manglar ([entidad de análisis] + manglar existente en el área de influencia o búfer)}$

$0 < Irm < 1$

B) *Importancia relativa del área del manglar respecto a la vegetación natural (Irvn)*

Porcentaje de la superficie del manglar [entidad de análisis] que es aportado a la vegetación natural (manglar [entidad de análisis] + vegetación natural - incluye área total de mangle- en el área de influencia o búfer).

$Irvn = (\text{área de manglar [entidad de análisis]} / \text{área total de vegetación natural en el área de influencia o búfer})$

$0 < Irvn < 1$

C) *Importancia de la vegetación natural (Ivn)*

Porcentaje de vegetación natural respecto a la superficie total terrestre del búfer.

$Ivn = \text{superficie vegetación natural} / \text{superficie terrestre total del búfer}$

D) *Insularidad de la entidad de análisis de manglar (Ins)*

Un *Ins* grande puede decir que la entidad de análisis está en una “interfase” entre tierra y agua. Un *Ins* chico puede decir que está rodeado de vegetación. Este índice no dice si la entidad está bien conservada; sólo estima que porcentaje de la superficie perímetro está ocupada por agua.

¿Qué significa un *Ins* alto? Significa que la entidad de análisis está “casi totalmente” rodeada de agua. Esto podría verse como “importancia de la entidad en los procesos hidrológicos de la región (perímetro)”. En este contexto, una entidad con menos superficie de agua a su alrededor tendría poca importancia hidrológica.

$Ins = \text{área total de agua dulce en el área de influencia} / \text{superficie terrestre del área influencia}$

$0 < I_{ns} < 1$

E) Extensión o longitud de corrientes de agua en el perímetro ( $D_{cor}$ )

Evalúa la relación con la densidad y longitud de corrientes de agua que existen en el área de influencia. Entre más corrientes de agua, habrá más aportación de agua dulce.

No se precisa con mayor detalle que un valor  $D_{cor}$  alto indique mayor grado de conservación; sólo indica que hay una alta presencia de corrientes de agua cerca cada área de manglar [entidad de análisis]. Sin embargo, tal vez pueda hablarse de “importancia” del área de influencia. En términos generales, se establecerá que *un perímetro con alta densidad será más importante que un perímetro con baja densidad*.

$D_{cor}$  = Extensión o longitud de corrientes de agua en el área de influencia / superficie total terrestre del área de influencia.

*Eje de grado de disturbio del área de influencia del polígono de mangle.*

Intensidad de la transformación del uso del suelo en el área de influencia.

A) Importancia relativa del cambio de uso del suelo ( $IRC_{us}$ )

$IRC_{us}$  = superficie terrestre del área de influencia con áreas antropizadas (urbano + agroecosistemas) / superficie terrestre del área de influencia.

Presión demográfica sobre el mangle

B) Densidad poblacional humana en relación al manglar ( $D_{pobHM}$ )

$D_{pobHM}$  = número de habitantes en el área de influencia / superficie con manglar del área de influencia.

C) Densidad poblacional humana en relación al área de influencia ( $D_{pobbuf}$ )

$D_{pobbuf}$  = número de habitantes en el área de influencia / superficie terrestre del área de influencia.

D) Densidad de vías de comunicación en relación al manglar ( $D_{carrM}$ )

$DcarrM$  = extensión de vías de comunicación en el área de influencia / superficie con manglar del área de influencia.

E) Densidad de vías de comunicación en relación al área de influencia ( $DcarrBuf$ )

$Dcarrbuf$  = extensión de vías de comunicación / superficie total terrestre del área de influencia.

### Aplicación en el Programa Estadístico R

Con los conjuntos de variables que componen los ejes de relevancia ecosistémica y disturbio antropogénico, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) en el lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico *R* (*R Core Team, 2012*) para desarrollar ejes nuevos de variación y ubicar los polígonos a lo largo de ellos (*McGarigal et al., 2000*). Se utilizó la función genérica o comando básico *PRINCOMP* que proporcionó directamente los valores de las componentes principales evaluadas para cada punto muestral (en el componente *scores*), señalando la varianza explicada por cada componente principal entre las variables con mayor puntaje, es decir que explican la mayor variabilidad.

Posteriormente fue trazada la gráfica de dos dimensiones de PC1 y PC2 conocida como nube de puntos o *biplot* (Fig. 15) que algebraicamente son las combinaciones lineales de las  $p$  variables aleatorias originales  $X_1 . . . , X_p$ . Geométricamente, estas combinaciones lineales representan la selección de un nuevo sistema de coordenadas obtenido por la rotación del sistema original con  $Y_1 . . . , Y_p$  como los ejes coordenados. El biplot nos ayuda a explorar las variables que determinan la variación de los datos (*Cárdenas et al., 2004; Herrera et al., 2009*) y a explicar mejor las características si éstas se ubican más correlacionadas a un factor e incluyendo a otras variables mismas.

#### *Matriz de correlación*

Debido a que los datos no son dimensionalmente homogéneos, es decir que las variables aleatorias medidas no son del mismo orden de magnitud, para el ACP se aplicó el método basado en la matriz de correlación (auto-escalado de los datos).

A partir de la matriz de correlación, y cumpliendo las condiciones previas fijadas para explicar máxima varianza y ortogonalidad, se calculan las componentes principales que vienen dados según la siguiente expresión:

$$CP1 = a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots$$

$$CP2 = a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots$$

Donde  $x$  son las variables originales y los coeficientes,  $a$ , son las llamadas cargas (*loadings*), que contienen los coeficientes de las transformaciones lineales de las variables originales que dan lugar a la componente principal; cuanto mayor sea el valor de estos coeficientes para una variable dada en un componente principal, mayor será la contribución de esta variable a esta componente.

Cuando en la ecuación de cada componente principal se sustituye el valor que cada variable toma para una determinada muestra, se obtienen sus coordenadas en el espacio definido por las componentes principales que se denominan *scores* o *matriz de puntuaciones* que representan los datos originales transformados en los valores de las componentes principales.

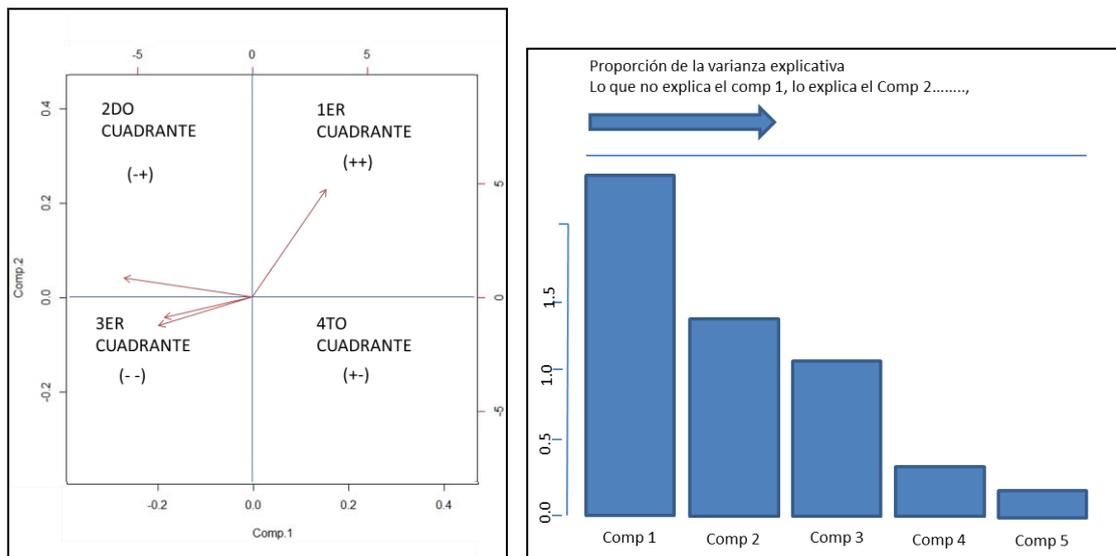


Figura 15. Representación gráfica del *Biplot* que muestra los marcadores (vectores) y direcciones con las cargas de las variables y gráfico o *plot* con la proporción de la varianza explicada por cada componente de la matriz ( $m_1$ ). Los valores que se presentan son hipotéticos y solo esquematizan conceptualmente.

Con los resultados obtenidos de los Análisis de Componentes Principales en el programa R, se realizó la migración al Sistema de Información Geográfica para ser representados de manera espacial, textual y analógica mediante un conjunto de tablas, gráficos tipo histogramas y mapas (Fig. 16).



Figura 16. Histograma que se presenta como una opción de gráfico en ArcGIS y sobre el cual se basa la representación de datos con las siguientes características de estructura 1) Métodos por los cuáles se puede realizar la clasificación de los datos a representar, nótese que se muestra las opción de *Natural Breaks (Jenks)*; 2) Exclusión de datos; 3) Clasificación de estadísticas; 4) Los valores de rompimiento que señalará el número de categorías a representar y 5) Gráfico representativo. Los valores que se presentan son hipotéticos y solo esquematizan conceptualmente.

### Creación y asignación de clases en Arc GIS

Con los resultados del histograma fue definido el rango de valores para cada crear tres clases de valores para cada eje de importancia (Fig. 17): *Alto*, *Medio* y *Bajo*. Con esto se maximiza y aprovecha de mejor forma la distribución de la variable empleada con los valores estadísticos obtenidos por el método sistemático de intervalos naturales basado en la propuesta de saltos naturales de Jenks (Jenks, 1967) cuya función es establecer las clases lo más homogéneas posibles, disminuyendo la varianza de cada una. De este modo se obtienen aquellas que presentan la máxima variabilidad entre éstas, constituyendo categorías bien diferenciadas (Olaya, 2011). Esto permitió no resumir en exceso la información ni que fuera demasiado alta para exagerar el detallado.

En el gráfico del método Jenks, los rangos de valores cuantitativos se muestran con diagramas de barras verticales que representan el número, proporción o porcentaje de observaciones construidas en segmentos horizontales que marcan los límites de cada clase, tales segmentos representan la variable aleatoria o fenómeno de interés.

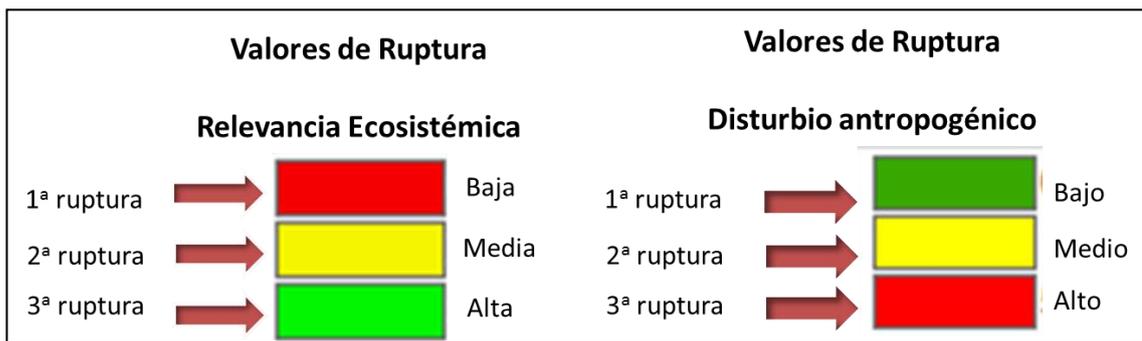


Figura 17. Valores de ruptura del histograma obtenido por el método *Natural breaks* (Jenks) para conformar la creación de categorías de valores cualitativos para representar la relevancia ecosistémica y el disturbio antropogénico que registran las áreas de influencia del manglar en Quintana Roo.

Natural Breaks (Jenks) permitió ubicar a cada vecindario de cada área de manglar con una combinación de valores correspondiente a los ejes analizados, con esta diferenciación fue establecida de manera posterior la política de conservación a la que se sujetaría cada área de mangle de Quintana Roo.

#### 4.7 Planteamiento de políticas ambientales

Una política pública es en suma: a) el diseño de una acción colectiva intencional, b) el curso que efectivamente toma la acción como resultado de las muchas decisiones e interacciones que comporta y, en consecuencia, c) los hechos reales que la acción colectiva produce (Villanueva, 1996). Kraft y Furlong (2006) plantean que una política pública es un curso de acción o de inacción gubernamental, en respuesta a problemas públicos. Además por lo general éstas políticas reflejan no sólo los valores más importantes de una sociedad, sino que también el conflicto entre éstos, dejando de manifiesto a cuál se le asigna la más alta prioridad en una determinada decisión.

Para poder referirnos a una política ambiental es necesario comprender primero el concepto de *mercado ambiental* como una construcción social definida por la interacción y el intercambio entre actores reales (Granovetter, 2000) erigido por el paradigma de la sustentabilidad y construido por la acción económica y política de actores cuyo poder está vinculado a remediar y/o preservar el medio ambiente (Micheli, 2002).

Las políticas ambientales planteadas (Fig. 18) fueron definidas en base a la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), a la revisión de la

congruencia y transversalidad de aquellos instrumentos de política ambiental que inciden en el área de estudio regulando y orientando la planeación territorial, como aquellas establecidas en el POEGT con el fin de hacer más eficiente y efectivo el proceso de toma de decisiones para lograr la protección, la preservación, la propuesta de sitios para la restauración y el aprovechamiento sustentable del ecosistema de manglar en el estado de Quintana Roo revirtiendo así la degradación ambiental.

Las políticas ambientales son:

#### PRESERVACIÓN

Conjunto de políticas y medidas para mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los ecosistemas y hábitat naturales, así como conservar las poblaciones viables de especies en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de su hábitat natural. (LGEEPA, Artículo 3, fracción XXIV).

#### PROTECCIÓN

El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro. (LGEEPA, Artículo 3, fracción XXIV).

#### RESTAURACIÓN

Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales. (LGEEPA, Artículo 3, fracción XXXIII).

#### APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE

La utilización de los recursos naturales en forma en que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas de los que forman parte dichos recursos, por períodos indefinidos. (LGEEPA, Artículo 3, fracción III).



Figura 18. Políticas de conservación a partir de los valores cualitativos de RE y DA que representan las combinaciones de las categorías en que fueron divididas según a los valores de las rupturas del histograma en el SIG.

De acuerdo con las políticas de conservación propuestas, puede observarse en la siguiente tabla un compilado de aquellas actividades o en su caso objetivos claros y concretos recomendables a realizarse por cada una de éstas, según a una selección de lo expuesto por los instrumentos normativos de orden y aplicación jerárquica así como otros de carácter no obligatorio del marco jurídico actual y que tienen impacto en el área de estudio:

- 1) Política Nacional de Mares y Costas (PNMC).
- 2) Estrategia para la Atención a la Biodiversidad Marina-Costera (ENABMC).
- 3) Estrategia Nacional para la Atención de los Ecosistemas de Manglar (ENAEM).
- 4) Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.
- 5) Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- 6) Ley General de Vida Silvestre (LGVS) Art. 60 TER.
- 7) Programas de manejo de las ANPs en sus diversas categorías.
- 8) Ordenamientos ecológicos regionales y/o municipales (*V. Capítulo V*).

#### Ordenamientos Ecológicos Territoriales

- A. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de Costa Maya
- B. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Solidaridad
- C. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Laguna de Bacalar.
- D. Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Cancún-Tulum.
- E. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Zona Costera de la Reserva de la biosfera Sian Ka'an.
- F. Programa de Ordenamiento Ecológico Local del Municipio Benito Juárez.

Cabe mencionar que con la finalidad de promover el desarrollo sustentable de las actividades que se realizan en los términos de las leyes que en materia están relacionados con el ecosistema de manglar deberán seguirse criterios que fomenten la preservación, la protección y la restauración de los ecosistemas, además de cumplir estrictamente con las leyes adicionales, reglamentos y demás normatividad aplicable

en materia de medio ambiente, recursos naturales, agua, bosques, flora y fauna silvestre, terrestre y acuática, así como de pesca.

### PRESERVACIÓN

Instrumento Normativo	Actividad
PNMC	Revalorar el uso social de los espacios costeros y marinos <i>considerando áreas de influencia.</i>
	Elaborar un inventario nacional costero ( <i>que integre cartografía de evaluación de la pérdida y/o ganancia de ecosistemas</i> ).
	Establecer "zonas terrestres de amortiguamiento" en toda la franja litoral.
	Prevenir el riesgo (Atlas de riesgo).
NOM-022-SEMARNAT-2003	Desarrollar un subprograma de investigación para el monitoreo de las condiciones de los manglares, tendiente a prevenir su deterioro y garantizar la prosperidad de su recuperación natural.
	Desarrollar un componente del subprograma de investigación paralelo sobre aspectos sociales y culturales, económicos e institucionales de los ecosistemas de manglar.
	Establecimiento de los servicios ambientales del manglar
	Realizar estudios costo-beneficio del gasto de agua dulce cuenca abajo (caudal ecológico) para el mantenimiento de los ecosistemas costeros.
	Vigilancia y verificación de obras y/o actividades irregulares en ecosistemas de manglar, a fin de verificar el cumplimiento y aplicación efectiva de la normatividad ambiental <i>según a la congruencia espacial definida en los instrumentos de conservación como ANP y UMAS.</i>
	Acuerdos internacionales vinculados a la conservación del ecosistema de manglar.
	Promover la cooperación técnica y científica: intercambio de experiencias, métodos, talleres técnicos, foros, construcción de capacidades e intercambio entre expertos.
	Determinar las necesidades de investigación para la generación del conocimiento de los recursos naturales del Parque.
	Establecer un sistema de información geográfica para el <i>parque</i> generando un banco de información con los resultados de las investigaciones realizadas y los actores sociales involucrados en los procesos de utilización de los recursos, así como la elaboración mapas del estatus de los recursos naturales, de los cambios espacio-temporales y proyecciones a futuro.
	Educación ambiental, espeleobuceo para fines de investigación, instalación de infraestructura para el manejo y administración del área, investigación y monitoreo, prevención y combate de incendios, recuperación, reforestación, restauración ecológica, supervisión y vigilancia.

PMC-Tulum y PM-Sian Ka'an	Convocar a las diferentes instancias de investigación, oficiales y particulares, con capacidad reconocida, para desarrollar proyectos que permitan definir la situación actual de los recursos naturales.
	Realizar encuentros para analizar la información generada por las investigaciones y establecer la capacidad de carga y/o los límites máximo aceptables.
	Gestionar acuerdos, convenios y desarrollar proyectos de investigación, conservación y manejo de recursos naturales con instituciones nacionales e internacionales.
	Colecta científica <sup>2 y 3</sup> .
	Educación ambiental.
	Espeleobuceo <sup>4</sup> .
	Filmación, fotografía y sonografía.
	Instalación de infraestructura para la administración del ANP.
	Investigación científica y monitoreo en el ambiente.
	Señalización con fines de administración y delimitación del ANP.
Apicultura, aprovechamiento de hongos con fines de uso doméstico, aprovechamiento de leña para uso doméstico de arbolado muerto, aprovechamiento de plantas medicinales para uso doméstico.	
NOM-059-SEMARNAT-2010	Por presentar un bajo grado de perturbación presenta una oportunidad para la protección de especies.

## PROTECCIÓN

Instrumento Normativo	Actividad
PNMC	Mejorar la gobernanza de las zonas marinas y costeras
	Establecimiento de zonas terrestres de amortiguamiento en toda la franja litoral.
	Protección de las regiones especialmente sensibles.
	Promover el desarrollo de Programas Integrales para la Planeación e Instalación de Infraestructura alrededor del manglar que no comprometa su funcionalidad ecosistémica.
	Diseñar instrumentos de planeación, que establezcan los ejes rectores y acciones para la preservación de los principales elementos naturales que permiten la riqueza de los ecosistemas marinos y costeros y su aprovechamiento sustentable.
	Fomentar la conservación del ecosistema de manglar gestionando estímulos y/o esquemas de pago por servicios ambientales.
NOM-022-SEMARNAT-2003	Reconocimiento de los manglares como zonas de conservación y que por sus características físicas y biológicas están sometidas a un régimen de protección y aprovechamiento restringido siempre que no se pongan en riesgo el suelo, la calidad del agua y la biodiversidad.
	Promover la creación de acuerdos internacionales para el intercambio de experiencias de conservación con otros países.

ENAEM	Realizar estudios sobre las determinantes sociales y económicos del deterioro de los ecosistemas de manglar.
	Realizar estudios costo-beneficio del gasto de agua dulce cuenca abajo (caudal ecológico) para el mantenimiento de los ecosistemas costeros.
	Identificar una cartera de proyectos o investigaciones prioritarias para el país en materia de conservación y uso de manglares.
	Mantener los requerimientos del aporte continental del agua para el ecosistema de manglar (calidad, caudal ecológico, periodicidad y estacionalidad), en acción coordinada con el manejo integral de la cuenca.
	Instrumentar un programa de educación, formación y comunicación dirigido a desarrollar capacidades en el conocimiento y manejo sustentable de los ecosistemas de manglar.
	Promover mediante los medios legales y procedimientos administrativos correspondientes que los recursos que ingresan a SEMARNAT por el cobro de derechos y multas relacionados con los ecosistemas de manglar sean destinados a acciones de conservación, remediación o restauración de los mismos.
	Promover la dotación de financiamiento para la gestión de los sitios protegidos con presencia de manglar.
	Evaluar la efectividad de los instrumentos de política ambiental (p. ej. Ordenamiento ecológico, evaluación del impacto ambiental, normas oficiales mexicanas) en la conservación de los manglares e identificar mecanismos para mejorar su desempeño.
	Promover la participación de universidades, centros de investigación y de la sociedad civil organizada para la ejecución y financiamiento de los proyectos priorizados.
	PCM Tulúm y PM Sian Ka'an
Protección de las regiones especialmente sensibles en relación con lo estipulado en el Atlas de riesgo.	
Elaboración de estrategias de supervisión y vigilancia.	
Establecer un mecanismo de control de ilícitos.	
Control de afluencia de visitantes e intensidad de uso del parque.	
Impulso del establecimiento de un programa de control de calidad del agua subterránea.	
Programar la prevención y control de incendios.	
Evaluación de la presencia de especies exóticas.	
Control o erradicación de especies introducidas.	
Ejercer normas y regulaciones que eviten la construcción de caminos, bardas e infraestructura que constituya barreras físicas.	
Elaborar programas de prevención y saneamiento de aguas subterráneas.	
Establecimientos de sistemas de manejo de agua y suelos.	
Implementar acciones de limpieza en los manglares.	
Establecer normas de manejo con base en los resultados	

	de las investigaciones realizadas.
	Establecer sistemas de monitoreo biofísico y socioeconómico (indicadores de condición y calidad de ecosistemas y recursos, de cambios en la abundancia y distribución de especies de flora y fauna).
	Monitoreo constante del comportamiento atmosférico durante la temporada de huracanes.

## RESTAURACIÓN

Instrumento Normativo	Actividad
Recomendaciones CONAFOR	Desazolve y apertura de canales naturales y artificiales
	Apertura de alcantarillas (puentes y carreteras)
	Desazolve de manantiales
	Bordes, camas elevadas de sedimento o tarquinas.
	Planta de vivero
	Trasplante de plántulas
	Siembra directa
ENAEM	Desarrollar líneas de programación y coordinación interinstitucional para el análisis de viabilidad para la restauración de manglares, priorizando aquellos con mayor viabilidad técnica, económica y ambiental.
	Promover y priorizar la utilización de sistemas de monitoreo sobre las condiciones biofísicas con especial atención a las prácticas agro-silvopastoriles, cambios de uso del suelo, asentamientos humanos.
	Definir un catálogo de acciones sanitarias en el ecosistema, de restauración lagunar que sean compatibles con el manejo sustentable.
	Promover la gestión del riesgo de desastre en ecosistemas de manglar y sus zonas aledañas de influencia recíproca, que pudiera derivarse de cualquier proceso de degradación ambiental.
	Realizar estudios para determinar las áreas de mayor vulnerabilidad (ecológica, social y económica) en zonas de manglar y/o sus zonas de influencia.
	Determinar y analizar las zonas potenciales de riesgo para el ecosistema de manglar, debido a su cercanía con la infraestructura, vías de comunicación y zonas urbanas.
	Promover y priorizar estímulos a las comunidades locales-población indígena, organizaciones sociales y prestadores de servicios turísticos que desarrollen proyectos de restauración de ecosistemas de manglar y área de influencia con fines de uso eco turístico y conservación, validándolos de acuerdo a los principios establecidos por la <i>Society for Ecological Restoration</i> (SER Primer).
	Desarrollar acciones locales y regionales de identificación de manglares deteriorados, susceptibles de ser restaurados así como de proyectos de restauración de los mismos.
	Identificar los ecosistemas de manglar, dañados o degradados, que requieran ser, así como en los diagnósticos regionales, con la colaboración de las instituciones de investigación y especialistas.
	Definir áreas de atención prioritaria en el ámbito nacional y

	<p>local, para el establecimiento de programas de restauración, tomando como base los sitios identificados por CONABIO.</p> <p>Formular subprogramas locales y regionales de manejo para el diseño, ejecución, monitoreo y evaluación de proyectos de restauración de los sistemas de manglar en deterioro, con la participación de autoridades federales, estatales, municipales, así como de todos los actores sociales incorporados.</p> <p>Desarrollar una metodología específica para la restauración de los ecosistemas de manglar, con el liderazgo del INECC y el apoyo de las instituciones de investigación.</p> <p>Desarrollar guías regionales para el manejo y restauración del ecosistema de manglar.</p> <p>Realizar talleres regionales de expertos para la elaboración de las guías y manuales, así como para su aplicación efectiva.</p> <p>Promover la elaboración de Programas de Acción conjuntos para el manejo sustentable de cuencas con ecosistemas compartidos de manglar en zonas transfronterizas</p>
PCM Tulúm y PM-Sian Ka'an	<p>Analizar los procesos de restauración natural como los inducidos por acción humana.</p> <p>Identificación de especies y factores de riesgo.</p> <p>Promover la investigación aplicada a acciones de restauración, con un enfoque integral, que involucre la conservación y el estudio de las relaciones entre la vegetación, la fauna, el relieve, los suelos, los flujos de agua y el clima.</p> <p>Llevar a cabo acciones que permitan la regeneración y calidad del suelo.</p> <p>Capacitar a personal del ANP en métodos de (<i>restauración</i>) evaluación de ecosistemas.</p> <p>Recuperación de corredores naturales.</p> <p>Realizar la reforestación con especies nativas.</p> <p>Restringir el acceso a las zonas alteradas y en proceso de restauración difundiendo la importancia en las comunidades locales.</p> <p>Conservación, instalación de infraestructura para el manejo y administración del área, investigación, prevención y combate de incendios, recuperación, reforestación, restauración ecológica y supervisión y vigilancia.</p>

### APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE

Instrumento Normativo	Actividad
PNMC	Impulsar el desarrollo científico y tecnológico para apoyar la toma de decisiones en la gestión marina y costera.
	Definir y promover los esquemas de Certificación Sustentable.
	Diseñar estrategias para que los esquemas de organización social conduzcan a la conservación y el aprovechamiento sustentable de los bienes y servicios ambientales.
	Identificar, documentar y promover los usos tradicionales

ENAEM	sustentables de las localidades y de género.
	Diseñar estrategias específicas para los pueblos indígenas y grupos de mujeres, que se orienten al desarrollo de capacidades para el aprovechamiento sustentable del ecosistema de manglar y que contribuyan a su conservación.
	Establecer programas de estímulos a las organizaciones pesqueras ribereñas con prácticas de pesca responsable en sistemas lagunares y estuarinos.
	Promover y difundir el uso de eco-tecnologías en el manejo sustentable de los recursos y bienes del manglar, así como para el diseño y del desarrollo de infraestructura y obras en humedales costeros.
	Promover la organización social y fortalecimiento de capacidades de los usuarios de bienes y servicios ambientales del ecosistema de manglar, para permitir la aplicación efectiva de aquellas prácticas de manejo que aseguren su mantenimiento de la estructura, la integralidad, función y extensión.
	Promover el aprovechamiento y manejo sustentable de las especies que habitan en el ecosistema de manglar, mediante figuras de UMAS.
PCM Tulúm y PM Sian Ka'an	Establecimiento de programa de protección de flora y fauna que considere los efectos de deterioro ambiental por actividades antropogénicas.
	Fomentar estudios del impacto de la producción de residuos por actividades turísticas, hoteleras y comerciales.
	Impulsar estudios para determinar el impacto de la actividad ecoturística sobre los ecosistemas.
	Regulación y ordenamiento de las actividades actuales y potenciales en el Parque.
	Establecimiento, regulación y en su caso modificación de las actividades turísticas que impacten al manglar.
	Vigilar el respeto a la capacidad de carga del ecosistema establecida.
	Monitorear la intensidad de los usos del ANP a efecto de emitir recomendaciones para evitar que se ocasionen alteraciones significativas al ecosistema de manglar, flora y fauna.
	Aplicar medidas de prevención y/o mitigación de impactos negativos en áreas de uso público.
	Apicultura.
	Colecta científica <sup>1 y 2</sup>
	Espeleobuceo.
	Establecimiento de UMAs.
	Filmación, fotografía y sonografía.
	Instalación de infraestructura para la administración del ANP.
	Señalización con fines de administración y delimitación del ANP.
	Turismo de bajo impacto ambiental.
Se permiten actividades de conservación, educación ambiental, recorridos por senderos interpretativos con previo estudio de accesibilidad y sin comprometer la	

	integridad del ecosistema así como visitas guiadas.
UMAs*	Extracción de madera muerta y de propágulos a través del esquema de UMA con previa elaboración de un Plan de Manejo.

\* UMAs cuya área sea > o igual a 1 kilómetro cuadrado con fines de coherencia en la representación espacial.

Otros instrumentos de vinculación normativa	Actividad
ZOFEMAT	Vinculativa a todas las políticas conforme a los instrumentos jurídicos que autorizan la legal ocupación. (Concesión, permiso, autorización y acuerdo de destino).
PROCER	Programa de Conservación de Especies en Riesgo y Programas de Acción para Conservación de Especies (PACE), (jaguar, tapir, pecarí, venado cola blanca, manatí, aves, águila real, halcón peregrino, saraguato).
OEMRGMC	A) Identificación de áreas críticas para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad. B) Actores que inciden en el aprovechamiento y preservación de los ecosistemas y propuesta de patrón de ocupación del territorio y estrategia de regulaciones dirigidas a lograr el aprovechamiento sustentable de los recursos y conservación de la biodiversidad.
Ordenamiento Pesquero y Acuícola (Carta Nacional Pesquera)	Para el presente trabajo no se relaciona, ya que no fue objeto de especificar indicadores que tengan que ver con la disponibilidad y conservación de los recursos en aguas de jurisdicción federal, ni información relacionada de las áreas de manglar como estimación en la pesquería a nivel local, estatal y/o regional, <i>pero se considera fundamental incorporar indicadores de productividad pesquera de especies que utilizan el manglar como zonas de reproducción y crianza entre otras.</i>
ENABCM	UMAS
NOM-022-SEMARNAT-2003	Ratificación de acuerdos internacionales para la atención de los humedales costeros dirigidos a la necesidad de instrumentar mecanismos compatibles con la conservación, restauración y el aprovechamiento sustentable.

Cuadro 22. Instrumentos de política y normatividad ambiental vinculados a la propuesta de actividades sugeridas para ejercer en cada categoría de conservación derivada del presente análisis. ENABCM: Estrategia de Atención a Biodiversidad Marina y Costera. ENAEM: Estrategia Nacional de Atención al Ecosistema de manglar. OEMRGCM: Ordenamiento Ecológico Regional del Golfo de México y Mar Caribe. PROCER: Programa de Conservación de Especies en Riesgo. ZOFEMAT: Zona Federal Marítimo Terrestre. PM-RB Sian Ka'an: Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an. PCM-PN Tulúm: Programa de Conservación y Manejo del Parque Nacional Tulúm. PNMC: Política Nacional de Mares y Costas CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

Cabe mencionar que se está considerando aquellas actividades acorde a la subzonificación establecidas por la CONANP para sus áreas de preservación en el tenor que sea viable acorde con lo especificado en la modificación al Art 60 Ter de la NOM-022-SEMARNAT-2003.

2. Conforme a lo previsto en el artículo 2º., fracción VI del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre.

3. Conforme a lo previsto en el artículo 2º., fracción VII del Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable.

4. Únicamente en actividades de investigación científica y monitoreo.

### **Trabajo de campo y apoyo de información referente a puntos de verificación**

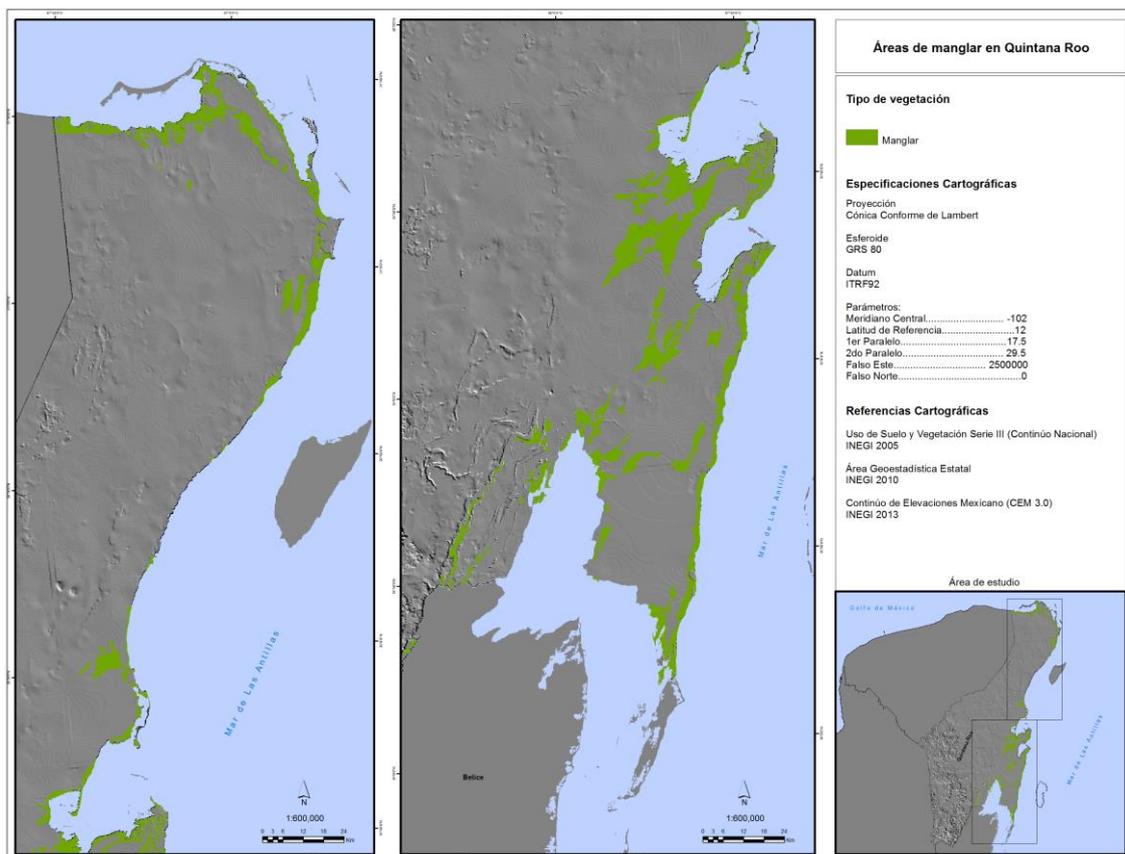
Realizado a través de una visita de campo del 12 al 18 de noviembre de 2007 que contempló la identificación de las diferentes variables de disturbio y relevancia (v. material fotográfico en apéndice), así como la corroboración del tipo de vegetación de manglar según a las áreas establecidas en la Serie III con apoyo de los puntos de control obtenidos por la CONAFOR en las instalaciones de la ciudad de Zapopan, Jalisco, así como otras valiosas aportaciones de material obtenido a través de puntos georreferenciados por otros colegas que tomaron datos para la consideración de este trabajo. Con un total de más de cien puntos de verificación del ecosistema del manglar a través de ubicaciones consideradas en varias fuentes y del trabajo de campo que cubrió un gran segmento representativo de Quintana Roo (en manglares en las inmediaciones de la localidad de Chiquilá al norte del estado hasta los manglares de Punta Allen en Sian Ka'an).

## Capítulo V. Resultados

### Base de Datos y Variables

La base de datos (BD) que se generó para conformar los índices, fue realizada en formato *x/s.*, y contemplo un total de 31 variables que fueron agrupadas conforme a las afinidades temáticas derivadas de las coberturas digitales de información geográfica. La mayoría de estas, se refieren a variables simples que miden áreas o extensiones de elementos espaciales contenidos en el área de influencia (10 kilómetros).

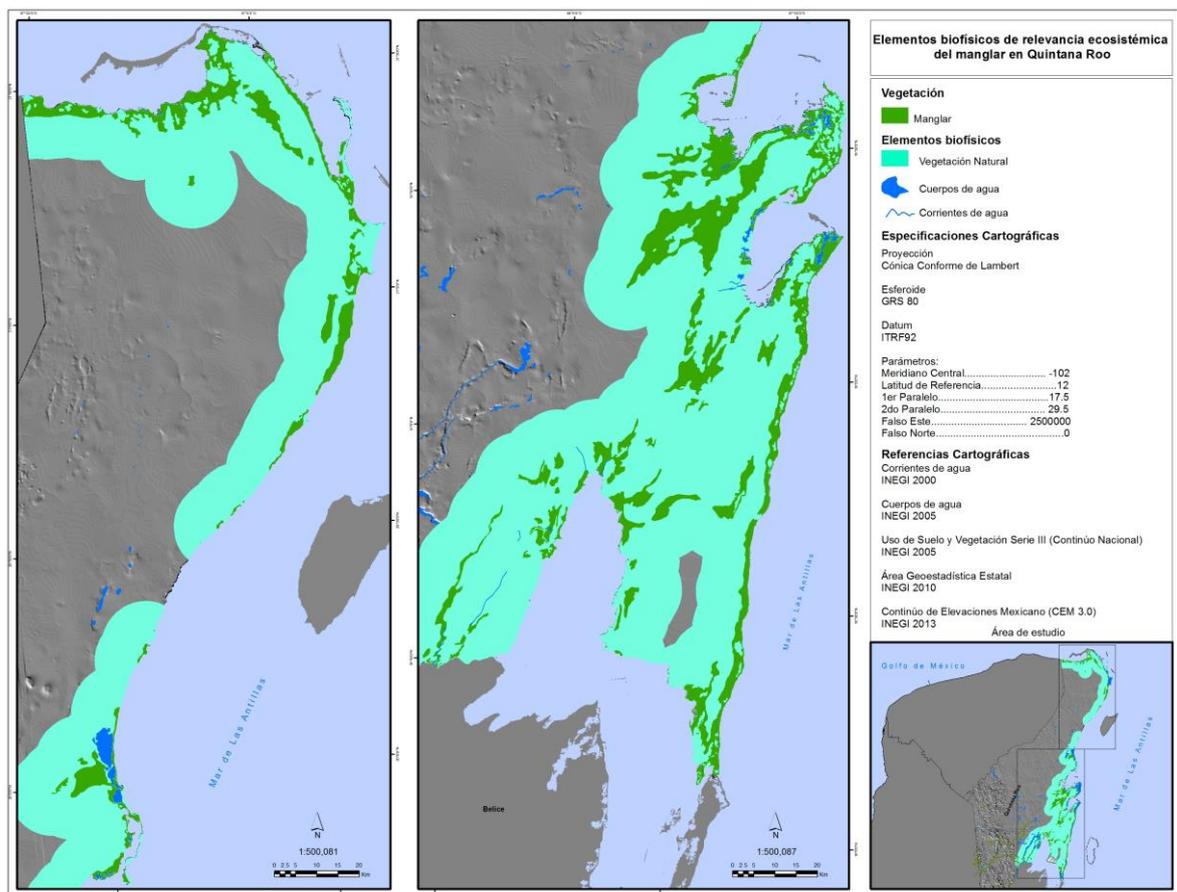
En total se extrajeron de la Serie III del INEGI 123 polígonos o áreas que conforman la delimitación del manglar continental en Quintana Roo (Mapa 2), no se consideró la extensión insular debido a la falta de información cartográfica para realizar de manera completa la extracción de las variables necesarias para el análisis de componentes principales.



Mapa 2. Áreas o unidades de vegetación del tipo manglar en Quintana Roo según el Continuo de Uso de Suelo y Vegetación Serie III.

El 33% (42 áreas que corresponden a 9.1 km<sup>2</sup>) se les aplicó el método de generalización cartográfica de 4x4mm para la escala 1: 250 000, es decir toda aquella área que fuera <1 000 000 m<sup>2</sup> ó 1km<sup>2</sup>. Estas áreas fueron añadidas al polígono inmediato con mayor extensión cumpliendo con los parámetros establecidos por Salitchev, 1979 y Priego *et al.*, 2008.

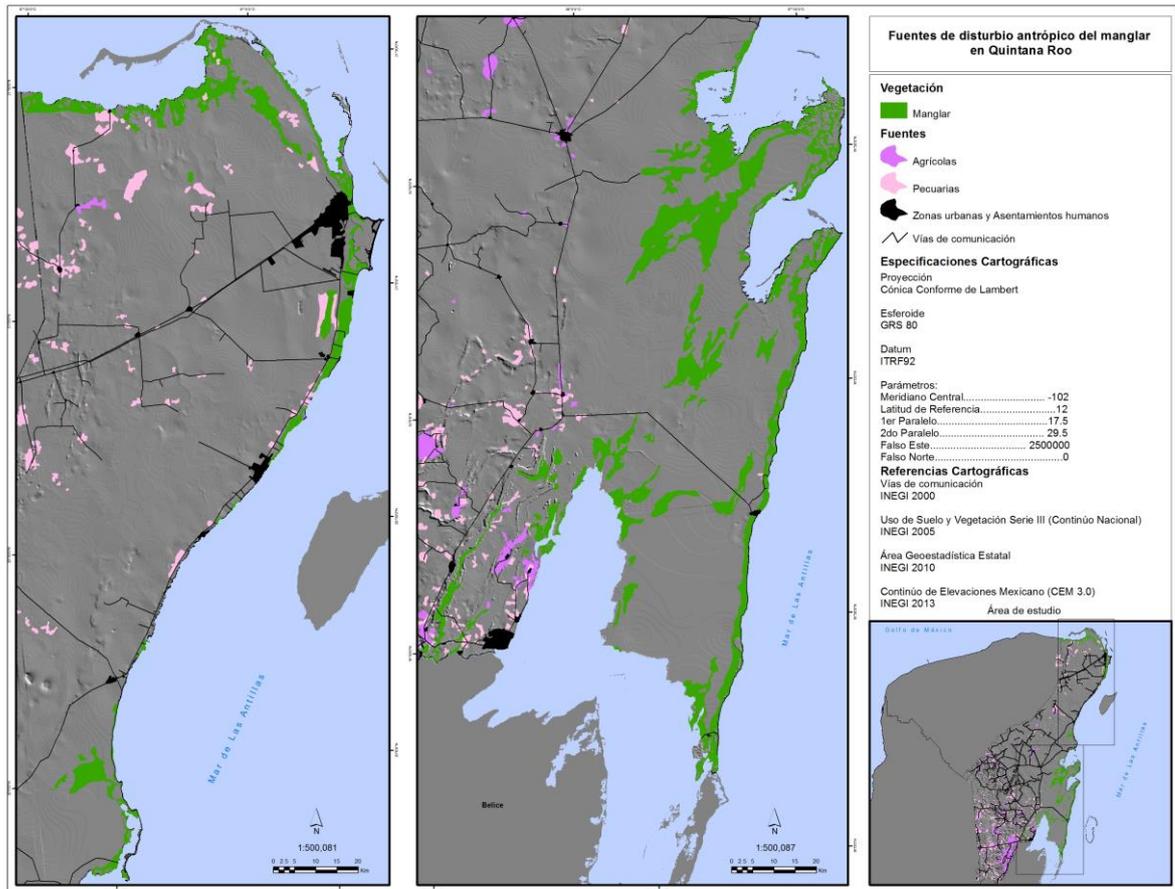
Los elementos biofísicos considerados para la relevancia ecosistémica correspondieron a: la vegetación natural, los cuerpos de agua, así como las corrientes de agua superficiales presentes en las áreas de influencia (Mapa 3).



Mapa 3. Elementos biofísicos considerados para integrar las variables de relevancia ecosistémica del manglar en Quintana Roo.

Para las variables utilizadas para caracterizar las fuentes de disturbio antropogénico (Mapa 4), se depuraron los datos sobre vías de comunicación. No se incorporaron al modelo cartográfico los tipos *brecha* y *vereda* para no generar mayor ruido en el análisis estadístico lo que podría afectar a los valores cada índice y por consecuencia los pesos (*loadings*) en el ACP. Es decir, que se minimiza el criterio de considerar que

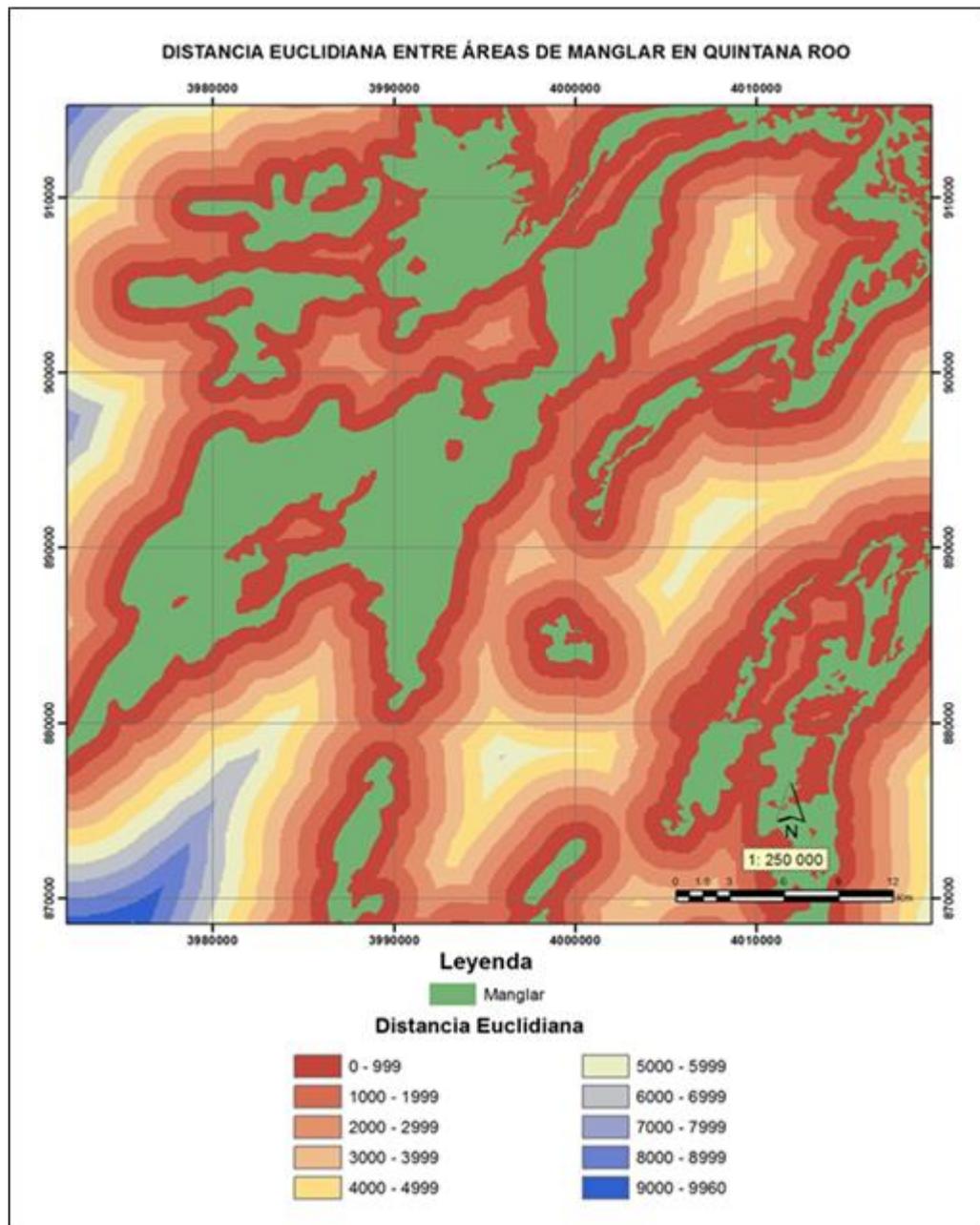
una brecha o vereda impacta de la misma forma que una vía de comunicación pavimentada o primaria.



Mapa 4. Áreas o unidades de vegetación del tipo manglar en Quintana Roo según el Continuo de Uso de Suelo y Vegetación Serie III y las diversas fuentes de disturbio antrópico.

### Área de influencia o búfer

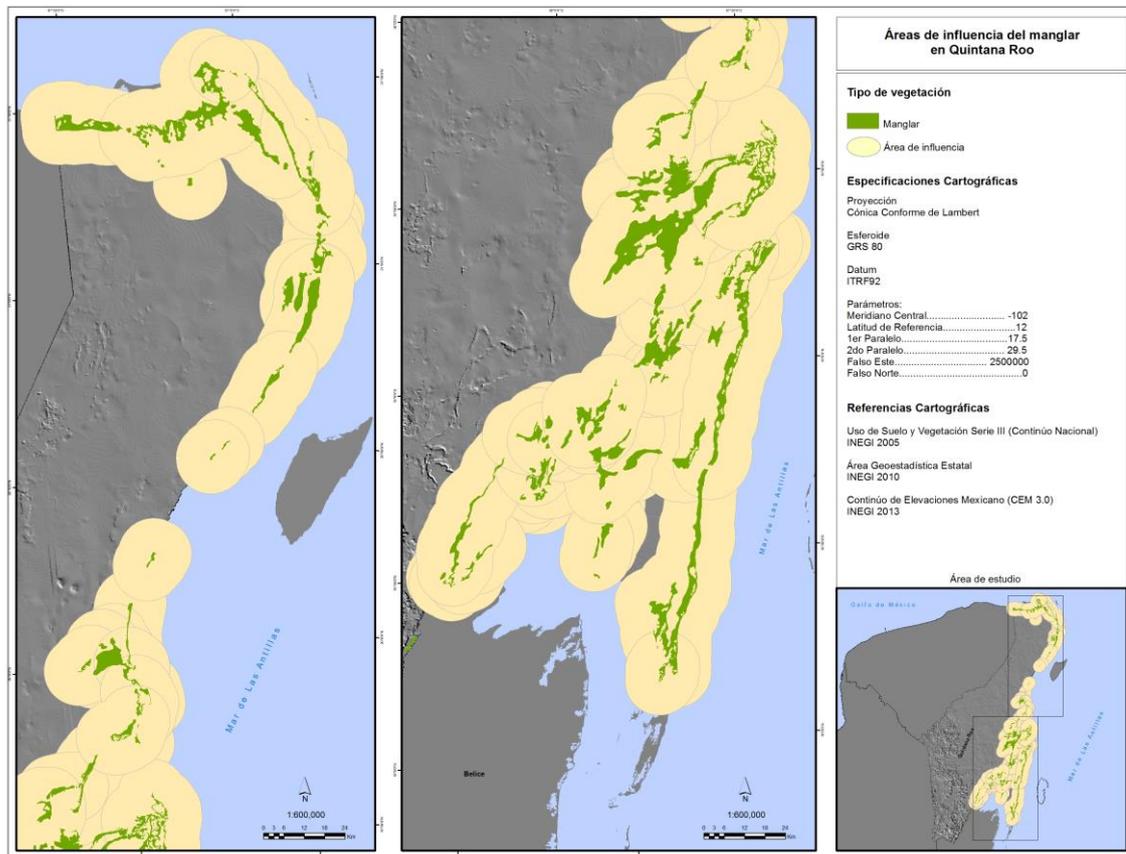
Los resultados de la metodología euclidiana permiten confirmar que el 94% de la distancia que se encuentra entre cada una de éstas es < a 10 kilómetros (v. *ejemplo en Mapa 1*), excepto en 5 casos en los que la distancia fue mayor, representando solo un 6% del universo de los datos.



Mapa 5. *Distancia Euclidiana* entre áreas de manglar en Quintana Roo. Las unidades de distancia están representadas en kilómetros. Leyenda graduada en metros.

Los casos corresponden a 1) áreas de la porción suroeste de la Bahía de Chetumal; 2) áreas situadas al sur de la ciudad de Chetumal; 3) áreas situadas entre la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y el Parque Natural Tulum; 4) áreas situadas al sur de Puerto Aventuras y Playa del Carmen que presentan la mayor distancia a la escala 1:250 000 y 5) áreas situadas al norte y sur de Playa del Carmen. Este criterio permite darle peso específico a la presencia del mangle para la lógica de las variables utilizadas para el posterior utilizando análisis de componentes principales (ACP).

Considerando los resultados del análisis de distancia euclidiana (Mapa 5) en la mayoría de las áreas de manglar, se decidió que la delimitación de las *zonas de influencia o búfer* (Mapa 6) se conformara de un radio de 10 kilómetros como unidad lineal válida para cada entidad vector.



Mapa 6. Áreas de influencia de las unidades de vegetación del tipo manglar en Quintana Roo.

## Análisis de Componentes Principales

### ACP de Relevancia Ecosistémica

Conforme al análisis realizado en el paquete estadístico R, se señala que los tres primeros componentes explican alrededor del 84% de la varianza lo cual puede observarse en el plot o gráfica de varianzas (Fig. 19 y *apéndice*). El *PRIMER FACTOR* determinó el 34% de la varianza total, representándose con mayor importancia pero con correlación negativa las variables Irvn (0.64) e Irm (0.63). Estas variables que están más cercanas a la abscisa y más correlacionadas entre sí, caracterizan a este factor que se señalará como *Importancia del manglar*. El *SEGUNDO FACTOR* señaló un 33% de la varianza, apenas ligeramente menor que el primero. Las variables con cargas significativas corresponden a Ivn (0.64) Ins (0.57) y Drio (0.46) por lo que este

se nombró *Presencia hídrica*, relacionando la naturaleza conceptual de las últimas dos.

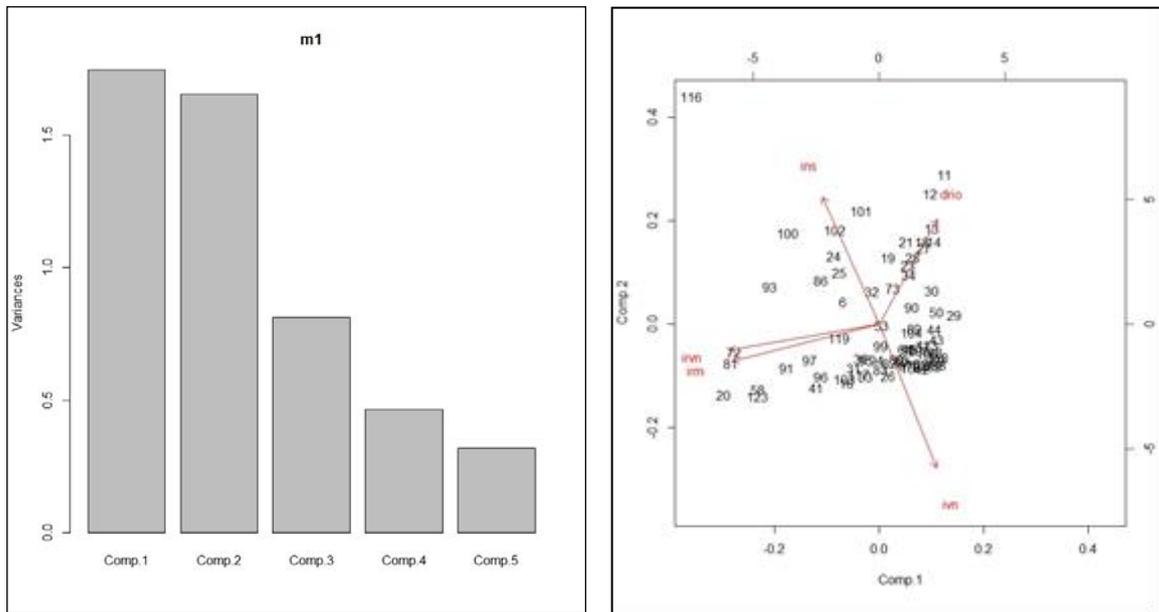


Figura 19. Gráfico o *plot* con la proporción de la varianza explicada por cada componente de la matriz (m1) de la relevancia ecosistémica y *Biplot* que muestra los marcadores (vectores) con las direcciones de las variables.

En el gráfico biplot observamos que la nube de puntos que representa los scores o puntajes de la relevancia ecosistémica señala una incorrelación entre variables, es decir la distribución es de forma irregular y no se encuentra remarcada la elipse. Esto hace que se facilite la interpretación al mostrarse aspectos diferentes de éstas nuevas variables. La mayor acumulación se aprecia -no muy alejada del origen- en los puntos-individuos en el cuarto cuadrante, lo que significa que representa la mayoría de valores en el umbral poco significativos-medianamente significativos con variabilidad explicativa correspondiente hacia *Inv* (Importancia de la vegetación natural aportado a la porción terrestre en el área de influencia) debido a que no se muestran valores en el extremo del vector.

Una acumulación menos densa y mejor distribuida en la dirección del vector se ubica en el primer cuadrante, donde las áreas de influencia son más representativas por poseer mayor caracterización con *Drio* o *Dcorr* (Extensión o longitud de corrientes de agua superficiales), es decir que están mayormente representadas por características hídricas, los puntajes son positivos en referencia a los dos ejes Comp 1 y Comp 2. Valores altos en referencia a esta variable se muestran en manglares al sur de la Chetumal; en el biplot son aquellas que tienden a alejarse del extremo del vector.

Las variables más correlacionadas entre éstas se representan con coeficientes negativos y con vectores con dirección similar al tercer cuadrante representando también más correlación con las abscisas (primer factor) *Irvn* (Importancia relativa de la vegetación natural) e *Irm* (Índice de la rareza relativa del área de manglar), es decir que son áreas donde se encuentran representadas mayor superficie de manglar en la totalidad de la vegetación natural.

- Manglares del norte del estado ubicados al sur de Laguna Conil (alrededores de Chiquilá).
- Manglar del sistema Lagunar Nichupté (porción centro-sur).
- Manglares de Sian Ka'an y Uaymil
- Manglares (Gran Franja) desde Punta Herrero en la Bahía del Espíritu Santo hasta Boca Bacalar Chico en el límite con Belice.
- Manglares al sur de Chetumal.

Los manglares del norte del estado (particularmente la extensión que se ubica al oeste de la localidad de Chiquilá y los de la porción centro-sur del sistema laguna Nichupté fueron ubicadas con valores positivos y con mayor asociación a la variable *Ins* (*Insularidad del manglar*) y *Drio* (Longitud o extensión de corrientes de agua superficiales) particularmente el primer caso corresponde al alejamiento más considerable, por lo que esta área se menciona como un individuo excepcional, misma que debería ser analizada por separado en un futuro análisis posterior.

#### ACP de Disturbio Antropogénico

En lo que respecta a este análisis se encuentra que una alta explicación es registrada también por los tres primeros componentes representan 89% y solo los dos primeros 71% de la varianza, (Fig. 20 y *apéndice*). El **PRIMER FACTOR** diferenció 49% del puntaje con las variables explicatorias con mayor peso como *Dpobm* (0.58), *Dcarrbuf* (0.51) y *Dpobbuf* (0.50), llamándose *población y carreteras*. Como **SEGUNDO FACTOR** sobresale *IrCUS* con (0.92), tomando el nombre de *cambio de uso de suelo*.

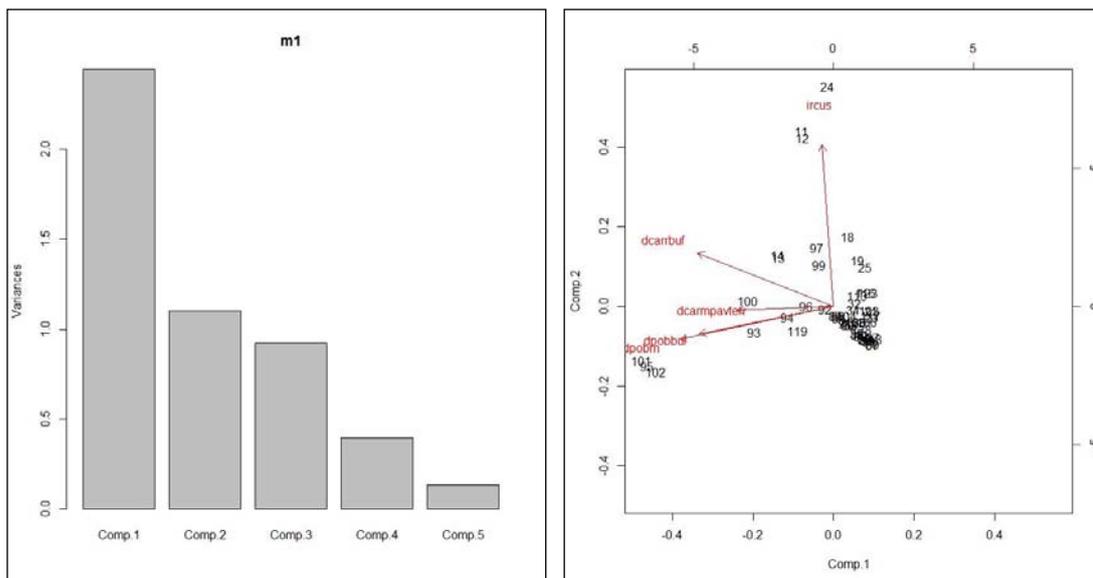


Figura 20. Gráfico o *plot* con la proporción de la varianza explicada por cada componente de la matriz (m1) del disturbio antropogénico y *Biplot* que muestra los marcadores (vectores) con las direcciones de las variables.

La nube de puntos que se representa para el análisis de disturbio antropogénico tiene una concentración de puntos-individuos cercanos al origen en el cuarto cuadrante con puntajes lo que significa que representa la mayoría de valores en el umbral poco significativos-medianamente significativos con variabilidad poco explicativa y sin dirección concreta hacia alguno de los vectores.

Las variables más correlacionadas entre éstas se representan con coeficientes negativos y con vectores con dirección similar al tercer cuadrante representando también mayor correlación con las abscisas, explicando la influencia hacia el primer factor: Dpobbuf (Densidad poblacional humana en relación al área de influencia), DpobHM (Densidad poblacional humana en relación al manglar) y DcarrM (Densidad de vías de comunicación en relación al manglar), esta última variable presenta la mayor correlación, pero la carga no es significativa.

Las variables que explican mayor relación consideran características más representadas con la densidad de la población DpobHM y Dpobbuf señalando mayores puntajes en manglares ubicados al extremo de los vectores, estas áreas registran una alta presión y se encuentran situados en las inmediaciones del Sistema Lagunar Nichupté aledañas a la ciudad de Cancún y otrora al sur de Playa del Carmen.

La variable IRCUS (0.92) fue asociada casi completamente al segundo factor, esta se refiere al cambio de uso de suelo que se mantiene por el conjunto de superficies como: área urbana y asentamientos humanos, de actividades agrícola-pecuarias y superficie sin vegetación aparente entre otras. Los valores altos hacia esta variable se representan en áreas cercanas a la ciudad de Chetumal.

En resumen, tenemos que el disturbio antropogénico alto de norte a sur en Quintana Roo se localiza en:

- Manglares del sistema Lagunar Nichupté, aledaños a Cancún
- Manglar al sur de Playa del Carmen.
- Manglar al norte de Tulum
- Manglares al sureste y este de la Chetumal

### **Representación cartográfica de la relevancia ecosistémica y disturbio antropogénico a partir de los resultados del ACP**

El total contabilizado de las áreas de influencia representadas correspondió a 76 elementos-individuos, considerando las depuraciones anteriormente señaladas como el criterio de área mínima cartografiable y los polígonos descartados por la falta de información para los análisis correspondientes que se ubican colindantes con la frontera con Belice.

Estos valores fueron tipificados para ser representados en un rango de 0-10, más considerando el valor máximo de los expresados por los dos primeros componentes tanto en el caso de *relevancia* y disturbio, éstos pueden tener un ranking menor, debido a que lo restante de la varianza está repartido en los demás componentes que no fueron considerados. Para reforzar el nivel de relevancia se realizó una aplicación de un índice de proximidad de los polígonos de manglar que se encuentra en cada área de influencia, a través del promedio entre la distancia lineal más cercana entre el polígono central a los circundantes y el promedio de sus superficies, representando así una mayor importancia en relación a la proximidad geográfica, señalando que “manglares” que estuvieran más próximo a otros manglares con mayor extensión fueran más relevantes.

Los porcentajes quedaron de la siguiente manera relacionando los valores de ruptura obtenidos a través de *Natural Jenks* (v. creación y asignación de clases Cap IV) con las categorías y sus porcentajes correspondientes. (Fig. 21 y 22).

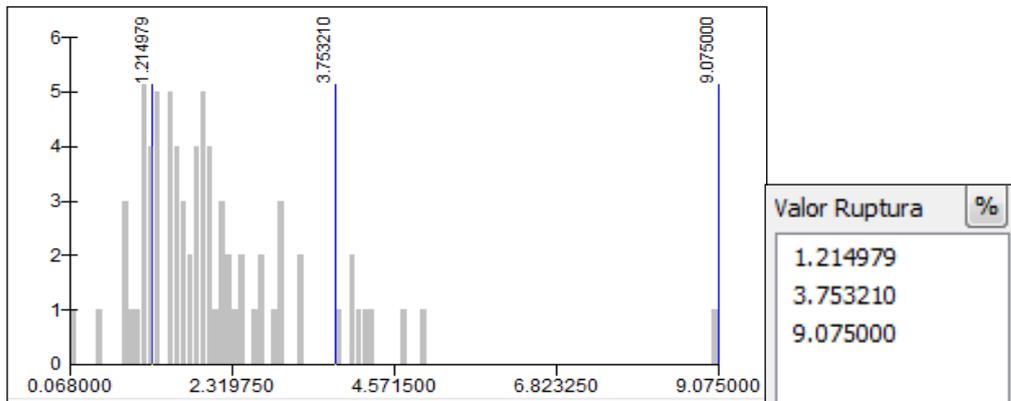


Figura 21. Histograma que muestra los valores de ruptura por el método *Natural breaks* (Jenks) para la relevancia ecosistémica. Cada barra es proporcional a la frecuencia simple mediante la altura y a la frecuencia de la categoría del valores representado.

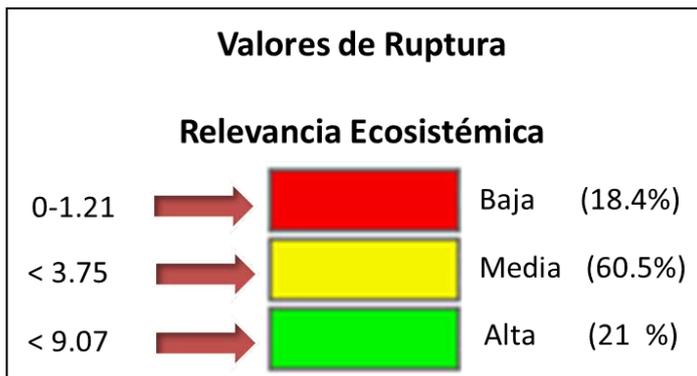


Figura 22. Representación numérica de los rangos de valores de ruptura del histograma obtenido por el método *Natural breaks* (Jenks) para conformar la creación de categorías de valores cualitativos de la relevancia ecosistémica que registran las áreas de manglar en Quintana Roo.

El disturbio antropogénico señaló los siguientes valores de ruptura (Fig. 23 y 24) en donde asimismo como las categorías de relevancia ecosistémica, fueron ubicados en cada una de las tres categorías representadas utilizando el mismo método en el sistema de información geográfica ArcGIS v.10.

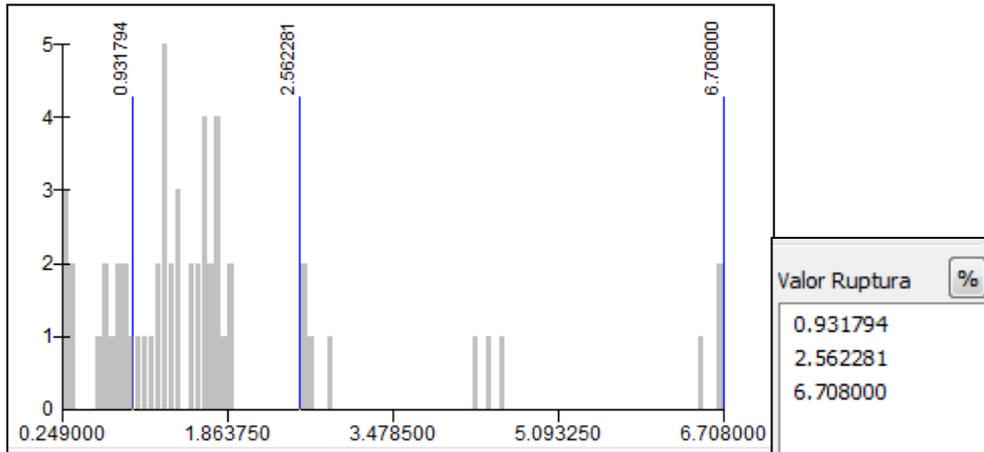


Figura 23. Histograma que muestra los valores de ruptura por el método *Natural breaks* (Jenks) para el disturbio antropogénico. Cada barra es proporcional a la frecuencia simple mediante la altura y a la frecuencia de la categoría del valores representado.

Los valores extremadamente bajos no fueron considerados en el tamaño de la muestra para representar las rupturas por Natural Jenks para no generar ruido y no exagerar el detallado por acumulación de valores en la categoría inferior.

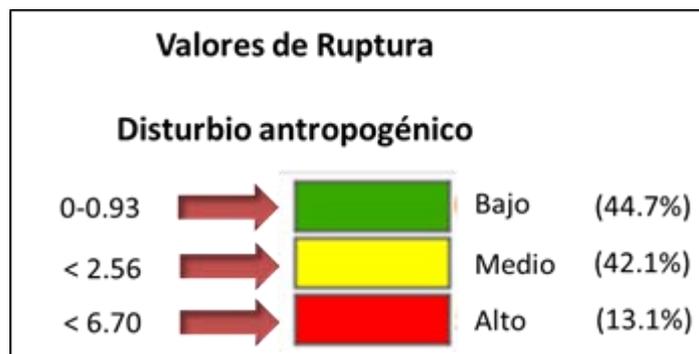


Figura 24. Representación numérica de los rangos de valores de ruptura del histograma obtenido por el método *Natural breaks* (Jenks) para conformar la creación de categorías de valores cualitativos del disturbio antropogénico que registran las áreas de manglar en Quintana Roo.

### Planteamiento de Políticas Ambientales

La integración de los valores cuantitativos o categorías expresadas para la relevancia ecosistémica y el disturbio antropogénico en las áreas de influencia del manglar, da como resultado una cierta combinación dirigida a una propuesta de política ambiental a la que puede ser referido los esfuerzos en la toma de decisiones conforme a este tipo de ecosistemas. En el cuadro 23, se presentan las combinaciones resultantes que señalan la política ambiental propuesta del proceso de valoración que se especifica en el flujo de la figura 25.

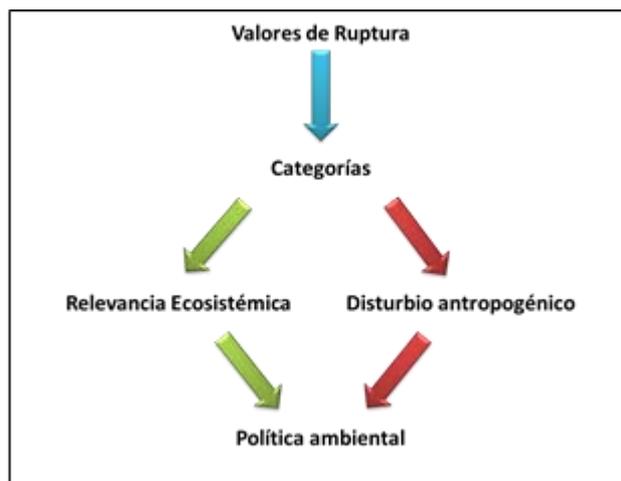


Figura 25. Flujograma para definir la propuesta de políticas ambientales para la conservación del manglar a partir del análisis de sus áreas de influencia.

Estas composiciones buscan siempre que los niveles altos de disturbio sean dirigidos a la restauración como premisa y posteriormente puede abocarse a otra política, es decir es combinatoria porque está pensada considerando que la política misma inherencia fases de proceso que deben de cumplirse de manera jerárquica y puedan llevar al ecosistema de manglar a un estatus de conservación futura donde los agentes de perturbación puedan minimizarse lo más posible.

Tal es el caso de que se presenten de manera repetitiva o se dupliquen o inclusive sea un proceso tripartita jerárquico, en donde observamos que también se busca proteger los niveles altos de relevancia ecosistémica considerando la protección como una política enfocada a que mejoren las condiciones y frenen el deterioro, como se establece conceptualmente en el capítulo IV.

RELEVANCIA	DISTURBIO	POLÍTICA	% X COMB	% TOTAL
BAJA	BAJO	PROTECCIÓN-APROV SUST	5.26	
BAJA	MEDIO	PROTECCIÓN-APROV SUST	7.89	13.15
BAJA	ALTO	RESTAURACIÓN-PROTECCIÓN-APROV SUST	5.26	5.26
MEDIA	BAJO	PRESERVACIÓN	23.68	
MEDIA	MEDIO	PROTECCIÓN	26.32	26.32
MEDIA	ALTO	RESTAURACIÓN-PROTECCIÓN	21.05	
ALTA	BAJO	PRESERVACIÓN	10.53	34.21
ALTA	MEDIO	RESTAURACIÓN-PROTECCIÓN	21.05	
ALTA	ALTO	RESTAURACIÓN-PROTECCIÓN	21.05	21.05

**100**

Cuadro 23. Porcentaje y tipo de políticas de conservación propuestas a través de la combinación de los niveles cuantitativos de relevancia ecosistémica y del disturbio antropogénico de las áreas de influencia del manglar en Quintana Roo.

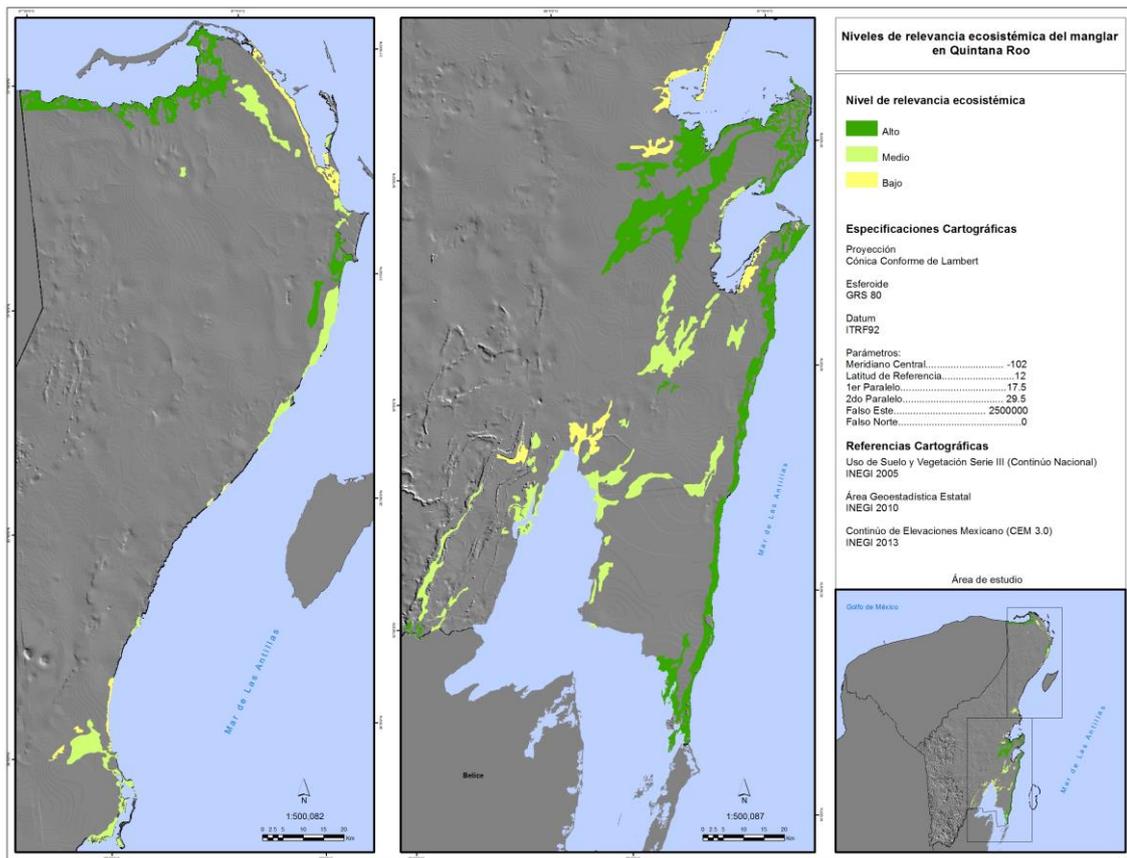
RELEVANCIA ECOSISTÉMICA	BAJO	MEDIO	ALTO	TOTAL
%	18.421	60.526	21.053	100

Cuadro 24. Porcentaje de los valores de relevancia ecosistémica correspondientes a los resultados del análisis de componentes principales (ACP).

Considerando los valores del cuadro 24, se señala de manera general que el ecosistema de manglar en el estado de Quintana Roo representa **valores medios** de relevancia ecosistémica del 60% (Mapa 7), lo que significa que la mayoría de valores son representativos de esta categoría. El nivel **Alta** con (21%), representa los manglares más extensos y otros aquellos que presentan en sus inmediaciones grandes superficies de cuerpos de agua. El nivel de relevancia **Baja** (18%) constituye pequeñas superficies de manglares, aislados y que son circundantes con zonas urbanas de gran extensión, es decir, cercanas a grandes ciudades y otras donde existe presencia de áreas con actividad agrícola o pecuaria (Cuadro 25).

En contraste, los niveles de disturbio antropogénico fueron: **Bajo** (39.5%) con manglares de gran extensión que se encuentran alejados de superficies urbanas y/o agropecuarias de gran extensión, así como de grandes longitudes de vías de comunicación y superficies que forman conglomerados más dispersos que se encuentran ubicados al noroeste de Cancún a una distancia mayor de 10 kilómetros, ciudad que no figura dentro de su área de influencia. Otras áreas se ubican al sur del estado y están relacionadas con las áreas naturales protegidas de Sian Ka'an, Uaymil y Arrecifes de Xcalak, que en conjunto presentan la mayor superficie de manglar protegido.

Los **Valores Medios** de disturbio cuyo porcentaje fue significativo (35.5%), corresponden a manglares que pueden presentar entre niveles bajos-medios de densidad de población e inclusive muy poca superficie transformada por el hombre, pero altos en las vías de comunicación. La mayoría corresponde a manglares con superficies pequeñas y medianas que en su área de influencia combinan la presencia de zonas urbanas, vías de comunicación y áreas agrícola-pecuarias. El patrón espacial corresponde a áreas que se encuentran hacia el interior del continente, es decir no costera, que son aledaños a manglares de gran superficie, otros que inclusive se encuentran en las delimitaciones más exteriores de áreas naturales protegidas y aquellas otras que no poseen tal protección como es el caso que se presenta en la porción norte de la bahía de Chetumal.



Mapa 7. Relevancia ecosistémica del manglar en Quintana Roo.

DISTURBIO ANTROPOGÉNICO	BAJO	MEDIO	ALTO	TOTAL
%	39.5	35.5	25.0	100.0

Cuadro 25. Porcentaje de los valores de disturbio antropogénico correspondientes a los resultados del análisis de componentes principales (ACP).

El **mayor disturbio** (25%) corresponde a manglares que se caracterizan por presentar la distancia más corta a las ciudades más extensas y pobladas de Quintana Roo: Cancún y Chetumal, estas zonas urbanas y por ende la confluencia de las vías de comunicación que las conectan presionan al ecosistema en su conjunto. En algunos casos las vías de comunicación presentan cierto paralelismo con la distribución del manglar y en otros, intersección, es decir lo segmenta. Otras áreas muestran alta superficie de transformación hacia la agricultura y la actividad pecuaria con distribución uniforme en el área de influencia, también se registra la presencia de varios núcleos de población con densidad alta y media (Mapa 8).

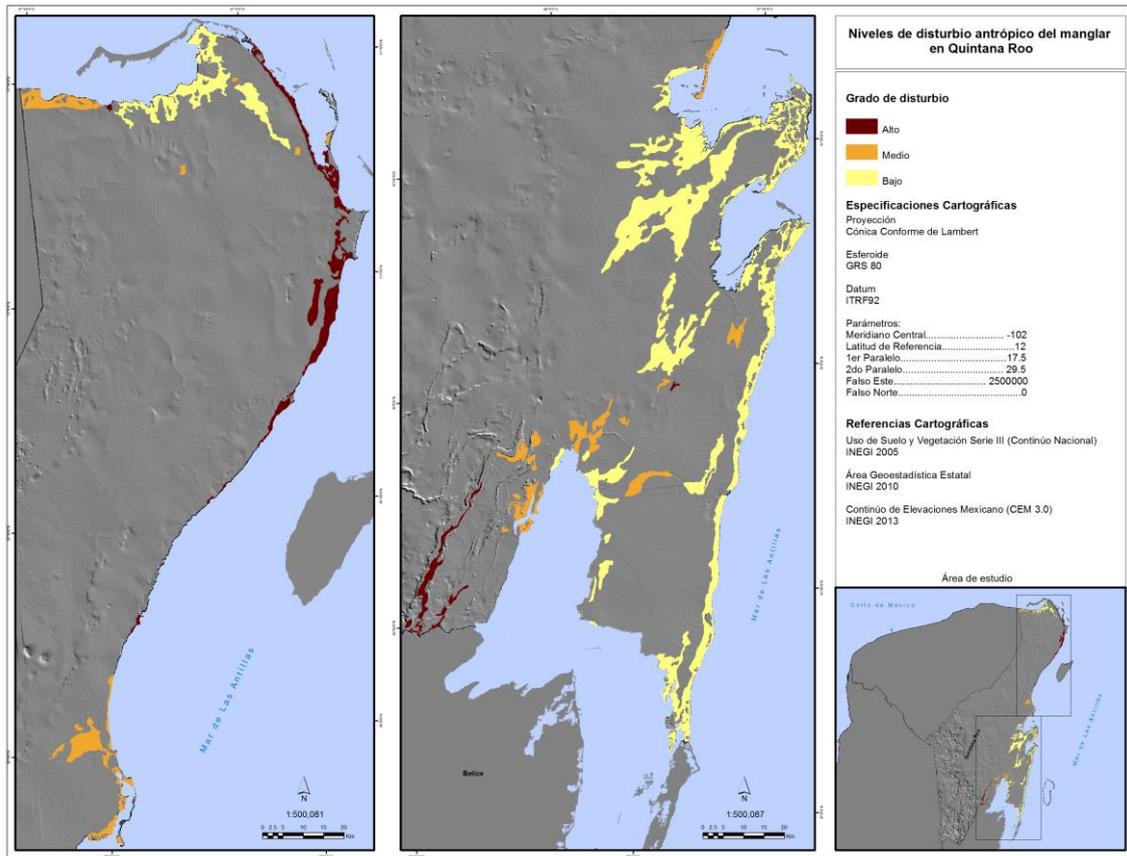
Considerando como base las combinaciones de los valores de relevancia ecosistémica y disturbio antropogénico puede observarse (Mapa 9) la distribución de las áreas de manglar con la política correspondiente:

**Preservación (34%)**, resultó con una alta representatividad distributiva en Quintana Roo, coincide en que contempla la mayor superficie de este ecosistema dentro de la delimitación actual de las ANPs de carácter federal: Sian Ka'an, Uaymil, Arrecifes de Xcalak y Yum Balam y sus áreas núcleo.

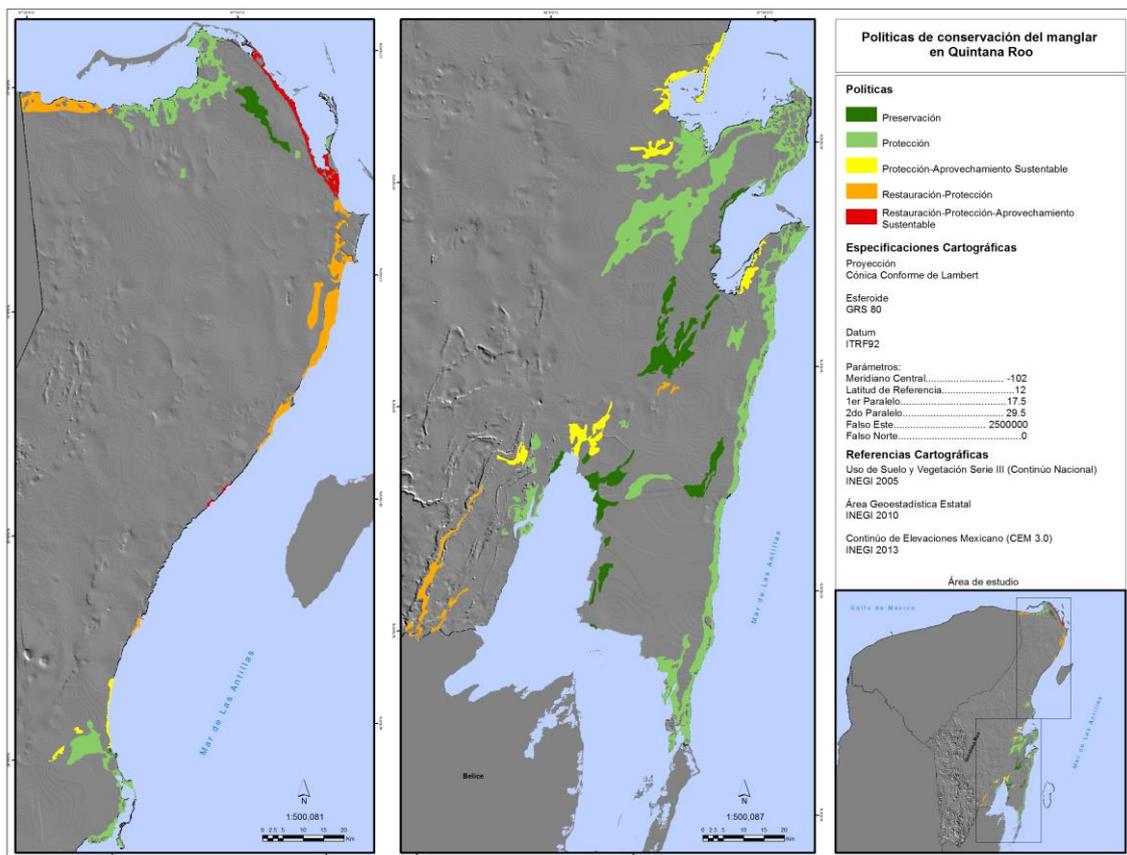
En lo que respecta a **protección (26%)**, sugirió las combinaciones: *niveles medios de relevancia ecosistémica y disturbio antropogénico*, representada en manglares que poseen las características de ser áreas pequeñas que pueden o no estar cercanos a grandes extensiones de este tipo de vegetación, es decir, un área de manglar cercana a otra (s) o rodeada de varias áreas de mangle. Otras pueden ubicarse hacia los extremos de sitios protegidos, relacionados con presencia baja a media de vías de comunicación y actividades agropecuarias en algunos casos a niveles considerables.

La política de **restauración**, definida como una política tendiente a la recuperación y el restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales, se presenta en dos combinaciones: I) donde los niveles altos de disturbio absorben el criterio de la acción concibiéndose que es necesario "*restaurar y luego proteger*" **(18.42%)**, así como cuando se presenta una relevancia baja ecosistémica, pueda precederle actividades de aprovechamiento sustentable **(1.32%)**.

Los sitios de manglar con la combinación restauración y aprovechamiento sustentable (5.26%), se situaron al norte de Cancún, en manglares que se encuentran aledaños a esta extensa ciudad y que se distribuyen hasta las porciones costeras frente a Isla Boca Iglesias.



Mapa 8. Disturbio antropogénico del manglar en Quintana Roo.



Mapa 9. Políticas de conservación del manglar en Quintana Roo.

## Conclusiones y recomendaciones

La propuesta de realizar un análisis espacial para la conservación del manglar en el estado de Quintana Roo a través de la importancia ecosistémica y el grado de presión antrópica de sus áreas vecinas fue realizada con éxito (objetivo general). Las bases conceptuales sobre las cuales se realizó el proceso metodológico de esta investigación han sido poco exploradas y aplicadas integralmente, por lo cual aunque existen algunas referencias bibliográficas que señalan procedimientos similares, no se encontró ninguna que incluyera el ejercicio metodológico propuesto para territorio mexicano: *-delimitación del área de influencia-aplicación SIG-ACP-propuesta de política de conservación-*, algunas aproximaciones que suponen fases metodológicas suceden en países como Colombia. Por lo anterior, este proyecto de investigación podría resultar una propuesta poco usual y algo innovadora de investigación aplicada hacia la conservación del ecosistema de manglar en México.

Asimismo, los límites en el acercamiento de la aplicación de esta metodología fueron exploratorios y señalan que pueden ser referentes para investigaciones futuras que quieran indagar en el proceso en general y de manera particular, sobre la utilización de otras variables con datos del tipo de superficie y longitud y aquellas otras que pueden ser meramente binarias (presencia-ausencia), así como la variabilidad en la escala geográfica utilizada, sobre la cual indagamos fuertemente, sea mayor para lograr obtener mejor detalle, calidad del dato y por ende del proceso mismo, así como la inclusión de series de tiempo más actuales que faciliten información cada vez más relevante y de primera mano.

Así también se propone que, sea mayor el acercamiento a investigadores e instancias tanto gubernamentales en sus diferentes niveles y de sector: federales, estatales, municipales y locales; especializadas en el ámbito medioambiental que integre información en diversos temas como población, uso de suelo, ecosistemas y biodiversidad, infraestructura y turismo entre otros, en aquellas organizaciones nacionales e internacionales con presencia en México y asociaciones cuyas experiencias cooperen con la disponibilidad de datos y que puedan ser empleados por jóvenes investigadores, e inclusive con los gobiernos de aquellos países que por frontera se comparta el área de estudio, como lo fue en el caso de la presente investigación y que de manera futura se propondrá realizar estudios en conjunto.

Podemos concluir que el área de influencia refleja la concepción sistémica a través de ser considerada como una unidad (un sistema) regulado en uno u otro grado, manifestado a través de las categorías de estructura, elementos, relaciones, intensidad entre otros. Sobre la cual diferencia al enfoque antropo ecológico espacial, permitiendo unir las tres visiones que existen al analizar la relación ser humano-entorno: el sistema complejo; el ecosistema; y el sistema espacial o geográfico.

En lo referente a la aplicación del análisis estadístico, se señala que el Análisis de Componentes Principales es una herramienta metodológica capaz de simplificar relaciones diversas y complejas que existen entre un conjunto de variables observadas y resumir mediante un método de transformación de variables originales en nuevas variables por combinación lineal, con la pérdida mínima de información. Esto permite relacionar y diferenciar individuos o en este caso áreas de otras áreas, con función en la tipología y proporción de los elementos en el espacio geográfico, tales características fueron la magnitud de la presencia y la cuantificación de la superficie y/o de la longitud lineal.

Las combinaciones cuantitativas que corresponden a preservación presentaron: *relevancia alta y media con disturbio bajo*, ya que al no presentar valores de disturbio alto, el conjunto de medidas expuestas que caracterizan a esta propuesta de política pueden mantener las condiciones que propicien la evolución y continuidad del ecosistema de manglar, conservando las poblaciones de especies viables en sus entornos naturales y los componentes de la biodiversidad fuera de su hábitat natural. Se considera que en base a las variables propuestas para ambas características relevancia ecosistémica y disturbio antropogénico, estas áreas están menos amenazadas por las actividades humanas e infraestructura y conservan una alta superficie de vegetación natural y componentes hídricos a sus alrededores incluyendo otras áreas de manglar a menos de 10 kilómetros. Lo anterior implica que preservando estas áreas se está dando continuidad al legado natural para las generaciones futuras.

De manera particular, esta propuesta de política permea a áreas de manglar que están distribuidas tanto al norte como al sur del estado. En el norte, donde es usual la representación según la Serie III del INEGI de las áreas de mangle más extensas conforme a anchura y que son paralelas a la costa, se ubica una gran superficie de este ecosistema, alejada considerablemente de zonas urbanas, con presencia mínima de vías de comunicación y una extensión menor de superficie utilizada para la

actividad pecuaria, tales factores la ubican dentro del cuadro idóneo para ser representativa de esta política.

Hacia el sur, casi la totalidad de áreas de manglar bajo la figura de instrumentos de conservación como ANPs, excepto aquellas que se encuentran más al exterior de las delimitaciones. Por el caso contrario los que se encuentran más al interior del polígono y/o a la costa son los más representativos. Otros que no se encuentran protegidos pero si lo suficiente lejos de los factores antropogénicos como el caso de la costa oriental de la Bahía de Chetumal.

Los manglares con la política de protección se localizan próximos al norte de la ciudad de Cancún y corresponden a la parte de la franja costera de las inmediaciones occidentales y orientales de la Laguna Chacmochuc y al occidente del cuerpo de agua. Otra pequeña porción se ajusta al sur de Sabana Mirafior en cuya delimitación existe una de las áreas de manglar más hacia el interior de continente.

En Sian Ka'an en los manglares que se distribuyen desde la delimitación norte del polígono de la reserva hasta Punta Allen, aledaños a Laguna Campechen y Laguna Boca Paila.

También sobresale una conglomeración de áreas de manglar ubicadas en la costa noroeste de la Bahía de Chetumal, que se encuentran lo suficientemente alejadas de la ciudad pero que la presencia de la red de carreteras que hace conexión con otras pequeñas localidades como Luis Echeverría Álvarez y Laguna Guerrero y la presencia de cultivos que las circundan ejerce el característico nivel medio de presión antropogénica.

Las áreas de manglar que requieren restauración-protección se presentan hacia el norte del estado en los manglares aledaños a la localidad de Chiquilá, aquellos que comparten frontera con Yucatán y la reserva de la biosfera Ría Lagartos, el sistema de manglares de la Laguna Nichupté presionados por la mancha urbana de la Ciudad de Cancún y Alfredo V. Bonfil hasta playa del Carmen, norte de Tulum en Punta Ojo de agua, el manglar que rodea la parte oriental de Laguna Bacalar e inmediaciones de Laguna Milagros al oeste de Chetumal.

Los resultados de la interpretación de la combinación del peso de las variables para definir la combinación restauración y aprovechamiento sustentable nos señalan una gran influencia de la extensión espacial de los agentes de disturbio como el cambio de

uso de suelo y vías de comunicación y baja relevancia ecosistémica. Otra se encuentra situada en Punta Venado al sur de Playa del Carmen que a diferencia, ésta corresponde a una porción más pequeña de manglar muy cercana a zonas urbanas más extensas y con amplia influencia de vías de comunicación distribuidas en toda el área de influencia.

Cabe mencionar que los alcances de este documento corresponden a una propuesta de política de conservación considerando el análisis geoestadístico de los datos que se ha detallado con anterioridad enfocado a una escala espacial estatal-regional. Más debe tenerse en cuenta que el proceso de restauración implica una serie de elementos de planeación, acción y evaluación partiendo de la caracterización estructuro-funcional ecológica de los sitios elegidos mediante un monitoreo que establece las condiciones iniciales y de sitios de referencia a comparar. Así como este documento focaliza que la propuesta de restauración debe considerarse de manera primordial en el espacio de contacto y con las cercanías inmediatas a los elementos que originan el disturbio al ecosistema.

También debe señalarse que en cuanto al *aprovechamiento sustentable*, como se ha estipulado con anterioridad, éste tiene que ser congruente con la armonía de actividades que se estipulan en los instrumentos de política que se refiere el apartado correspondiente en el capítulo IV. Vemos de manera clara que las directrices en la zonificación y subzonificación que son señaladas en los programas de manejo para áreas naturales protegidas en sus diferentes categorías propuestos por instituciones como la CONANP son claros ejemplos donde se señalan una serie de actividades que pueden o no realizarse con afinidad a esta política. Para áreas de manglar que no se encuentran protegidos por este esquema deben abocarse a lo competente establecido en otros instrumentos de ley. Por lo que esta política se considera que deben funcionar bajo objetivos y metas acordes que antepongan la restauración en un principio y posteriormente la protección para que se pueda aprovechar con actividades sustentables hacia el ecosistema integro de manglar y lograr una relación más viable humano-naturaleza.

Es necesario señalar que los alcances de este trabajo no pretenden definir acciones que limiten el aprovechamiento local y local-tradicional del manglar que desde décadas han hecho las comunidades, sino más bien ser un instrumento de valoración para la toma de decisiones que contemplan como primicia fundamental la sustentabilidad del recurso y que por lo anterior será imperante para implementar

cualquier política local de uso y protección al manglar, así como para estimular la realización de trabajos a una escala más fina.

Se recomienda que las áreas señaladas con los números de búfer: 64, 80 y 82 ubicadas en la Zona núcleo III "Uaymil" según a la zonificación del mapa del Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, puedan ser consideradas en algún momento más allá de la interpretación de los resultados del análisis propuesto en esta tesis, como un gran conglomerado de la propuesta de política "preservación" dando paso a la congruencia que señala el producto cartográfico como un insumo de investigación definitorio para la toma de decisiones en materia del establecimiento de políticas de conservación y sus acciones.

## Bibliografía

- Aburto-Oropeza, O.; Ezcurra, E.; Danemann, G.; Valdez, V.; Murray, J. y E. Sala. 2008. Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(30): 10456–10459.
- Agráz-Hernández, C.; Noriega-Trejo, R.; López-Portillo, J.; Flores-Verdugo, F.J.; Jiménez-Zacarías, J.J., 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.
- Aizpuru, M., Achard, F. & Blasco, F. 2000. Global assessment of cover change of the mangrove forest using satellite imagery at medium to high resolution. EEC Research Project No. 15017-1999-05 FIED ISP FR. Ispra, Italy, Joint Research Centre.
- Bacón, P. R., 1993. The mangroves on the Caribbean Coast. In: L.D. Lacerda and C. D. Fields (eds.). Conservation and sustainable Utilization of Mangrove forest in Latin America and Africa Region. Proceedings of Workshop Nitorol, Brasil 28-30 Mayo ISME, 22p.
- Blasco, F. 1988. Estudio sobre los manglares y de la vegetación tropical utilizando datos proporcionados por satélites. Institute de la Carte Internacionale de la Vegetation. Inst. Interna. Map. Vegetat. Univ. Paul Sabtier. 120p.
- Bocco, G. 1998. Naturaleza y Sociedad. Escalas de espacio y tiempo. Ciencias. julio-septiembre p 51-59.
- Bocco, G., Mendoza, M., Priego, A., y Ana Burgos. 2010. La Cartografía de los sistemas naturales como base para la planeación territorial. INE-SEMARNAT. México. p. 72.
- Bonet, F. & J. Butterlin. 1962. Stratigraphy of the northern part of the Yucatan Peninsula, in Field Trip to Peninsula de Yucatan. New Orleans Geol. Soc. Guidebook, p. 52-57.
- Burcham, L. T. 1957. California range land; an historical-ecological study of the range resource of California. Division of Forestry. Department of Natural Resources, Sacramento.
- Cabanilla, L. M.J., 1996: Identificación y Evaluación de Alternativas para el Saneamiento de la Laguna Bojorquez, Cancún, Quintana Roo. Tesis de maestría en ingeniería, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- Caire, L. J. 2002. Cartografía Básica. Facultad de Filosofía y Letras UNAM. México, D.F. 289 p.

- Calderón, C., O. aburto, E. Ezcurra. 2009. El valor de los manglares. CONABIO. Biodiversitas 82:1-6.
- Cárdenas, O., Galindo, P y J.L. Vicente-Villardón. 2004. Biplots con información externa basados en modelos bilineales generalizados. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Caracas. 166 p.
- Centro de Investigaciones de la Economía Mundial, CIEM. Temas de economía mundial. Nueva época (II) No. 3 / enero 2003 La Habana, Cuba. 75 pp.
- Chapman, V.J. 1970. Mangrove Phytosociology. Tropical Ecology. No. 5: 1-19.
- Chapman, V.J. 1984: Botanical survey in mangrove communities. Chapter 4, 53-80 pp. En: Snedaker, S.C. & Senadaker, J.G. (eds.). 1984. The mangrove ecosystem: research methods. Monographs on Oceanographic Methodology. UNESCO, No. 8. UNESCO, París, France. 251 pp.
- Cintrón, G., Lugo A., Pool, D. y Morris YG. (1978) Mangrove of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. Biotropica 10: 110-121.
- Cintrón, G. M. e Y- Schaeffer N. 1992. Ecology and management of new World mangrove. In: U. Seeliger, ed. Coastal Plant in Latin America. Academic Press. San Diego. P:233-258.
- Clough, B. F. 1982. Mangrove Ecosystems in Australia: Structure, Function and Management, editado por el Australian Institute of Marine Science, 302 p.
- Clough, B.F. 1993. Economic and environmental values of mangrove forest and their present state of conservation in the South-East Asia/Pacific Region. Mangrove Ecosystems Technical Reports No. 1, ITTO/ISME/JIAM Project PD71/89, Rev. 1 (F). Nishihara, Japan, International Society for Mangrove Ecosystems (ISME), International Tropical Timber Organization (ITTO) & Japan International Association for Mangroves (JIAM).
- Clough, B. F. 1998. Mangrove forest productivity and biomass acumulation in Hinchinbrook Channel, Australia, Mangroves and Salt Marshes 2: 191-198.
- Collado-Vides, L y González-González Jorge y Exequiel Ezcurra. 1995. Patrones de distribución ficoflorística en el sistema lagunar Nichupté, Quintana Roo, México. *Acta Botánica Mexicana*, 31:19-32.
- CONABIO. 2008. Manglares de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México 38 pp.
- CONABIO. 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2ª ed. Comisión Nacional para al Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 pp.
- CONABIO.2009. Mangle negro. Fichas de Especies Mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México.

- CONAFOR. Recomendaciones para las actividades de restauración de manglares. Coordinación General de Conservación y Restauración. SEMARNAT. 17 pp.
- CONAGUA. 2008. Estadísticas del agua en México. Sistema nacional de información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua SINA. México. 231 pp.
- CONAGUA. 2010. Estadísticas del agua en México. Sistema nacional de información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua SINA. México. 258 pp.
- CONAGUA. 2010. Normales climatológicas por estación para Quintana Roo 1971-2000. Servicio Meteorológico Nacional, disponible en: [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=75](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75)
- CONANP, 2007. Programa de manejo del Parque Nacional Tulum. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 99 pp.
- CONAPESCA. 2005. Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. 217 pp.
- Constanza, R., D'Arge R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P & Marjan van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature Vol. 387 / 15 may. 253-260.
- Dale, Mark. R. T. 1999. Spatial pattern analysis in plant ecology. Cambridge University Press. 320 p.
- Daltabuit, G. M., Vázquez, L.M., Cisneros, H. y Gregorio A. Ruíz. 2006. El Turismo costero en la ecorregión del Sistema Arrecifal Mesoamericano. – Cuernavaca: UNAM, Centro de Investigaciones Multidisciplinarias; Washington: World Wildlife Fund. 384 pp.
- Dachary, C, y A. López Ornat. 1983. Economía, población y dinámica en el uso del suelo de la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an y su zona periférica. *Estudios preliminares de una zona en Quintana Roo propuesta como reserva de la biosfera*, pp. 123-144.
- Day, J.W.; C. Coronado-Molina; F.R. Vera-Herrera; R. Twilley; V.H. Rivera-Monroy; H. Alvarez-Guillen; R. Day y W. Conner. 1996. A 7-year record of above-ground net primary production in a southeastern Mexican mangrove forest. *Aquatic Botany* 27: 267-284.
- Diario Oficial de la Federación. 1992 (1 de diciembre). Ley de Aguas Nacionales. Última Reforma DOF 07-06-2013.

- Diario Oficial de la Federación. 2000 (3 de julio). Ley General de Vida Silvestre. Última reforma DOF 19-03-2014.
- Diario Oficial de la Federación 2003 (7 de agosto). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para La preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Diario Oficial de la Federación. 2004 (15 de marzo). Carta Nacional Pesquera 2004. SAGARPA
- Diario Oficial de la Federación. 2012 (26 de noviembre). Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT.
- Diario Oficial de la Federación. 2013 (7 de junio) Ley General de Aguas Nacionales.
- Diop, E.S. 1993. Conservation and Sustainable Utilization of Mangrove forests in Latin American and Africa Regions. Okinawa, Mangrove Ecosystems Technical Reports, vol. 3 ITTO/ISME Project PD 114/90.
- Dirzo, R. 1994. Comunicación personal.
- Ellison, Aaron M., 1996: Anthropogenic Disturbance of Caribbean Mangrove Ecosystems: Past Impacts, Present Trends and Future Predictions. Biotropica 28 (4a): 549-565.
- Espinasa-Pereña, Ramón, 1990. Propuesta de clasificación del *karst* de la República Mexicana: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, tesis professional, 131 p.
- ESRI. 1995-2012. ArcGIS Resource Center Desktop 10. Enviromental Systems Research Institute Disponible en: <http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help>
- FAO/UNESCO, 1974. Mapa mundial de suelos del mundo. Vol. 1, Leyenda. UNESCO, Paris, 62p.
- FAO. 1976. (Delegación Mexicana). The forest situation in Mexico. North America Forestry Commision, Eight period of sessions, Ottawa, Canada.
- FAO. 1988. Soil map of the world. Revised legend, by FAO–UNESCO–ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. Rome.
- FAO. 1994. *Mangrove forest management guidelines*. FAO Forestry Paper No. 117. Rome. <http://www.fao.org/forestry/3648/es/>
- FAO, 2002. Socio-economic assessment and economic valuation of Egypt's mangroves. By Spurgeon, J. Final Report TCP/EGY/0168 (A). FAO, Rome

- FAO, 2003. Status and trend in mangrove area extent worldwide. By Wilkie, M.L. and Fortuna, S. Forest Resources Assessment Working Paper No. 63. Forest Resources Division. FAO, Rome (Unpublished) <http://www.fao.org/docrep/007/j1533e/jl1533e00.HTM>.
- FAO, 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005. México. Informe Nacional. 189. 68 p. Roma.
- FAO, 2007. Los Manglares de América del Norte y de América Central 1980-2005: Informes Nacionales. Documento de Trabajo 137, Programa de Investigación de Recursos Forestales. Roma, 2007. 161 pp.
- FAO & UNEP, 1981a. *Proyecto de Evaluación de los Recursos Forestales Tropicales: los recursos forestales de la América tropical*. Rome.
- FAO & UNEP, 1981b. *Tropical Forest Resources Assessment Project: forest resources of tropical Africa. Part II. Country briefs*. Rome.
- FAO & UNEP, 1981c. *Tropical Forest Resources Assessment Project: forest resources of tropical Asia*. Rome.
- FAO-UNEP-Coperazione Italiana. 2005. Land cover classification system: classification concepts and user manual LCCCS. Rome. 190 pp.
- Field, C.D. 1995 Journey Amongst Mangroves. International Society for Mangroves Ecosystems. Okinawa, Japan. 137 p.
- Flores-Verdugo, 1989. Algunos aspectos sobre la ecología, uso e importancia de los ecosistemas de manglar. Cap. 2: 21-56 En: Rosa-Vélez, J. y González-Farias, F. (eds.) Temas de oceanografía Biológica en México. Universidad Autónoma de Baja California, Ensenada 337 pp.
- Flores-Verdugo. F., Moreno Casasola P., Agraz Hernández C.M., López Rosas H., Benítez Pardo Daniel y Ana Cecilia Travieso Bello. 2007. La Topografía y el hidroperíodo: dos factores que condicionan la restauración de los humedales costeros. Boletín de la Sociedad Botánica de México, junio, año/vol. Sup, número 080. Sociedad Botánica de México, A.C., D.F. pp 33-47.
- FONATUR y SECTUR. 2006. Acciones de regeneración y diversificación de atractivos turísticos de Cozumel, Quintana Roo, derivados de los impactos generados por el huracán Wilma. Asistencia técnica a estados y municipios. Información digital suministrados por H. Ayuntamiento de Cozumel.
- García, Enriqueta. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Gauch, H.B., Jr. 1973. A quantitative evaluation of the Bray-Curtis ordination. Ecology 54:829-836.

- Gerstenhauer, Armin. 1969. Ein karstorphologischer Vergleich Zwischen Florida und Yucatán: Verhandlungen der deutschen Geographentag, v. 36. P. 332-341.
- González-Medrano F. 2004. Las comunidades vegetales de México. 2ª edición. INE-SEMARNAT. México. 88 pp.
- Granel, Eduardo y Luis Gález. 2002. Deterioro de la calidad de agua subterránea por el desarrollo poblacional: Cancún, Q Roo. Ingeniería 6-3: p. 41-53.
- Granovetter, M. 2000. Un'agenda teorica per la sociologia economica, en Stato e Mercato, No. 60, diciembre, pp.349-382.
- Green, E.P., P.J. Mumby, A.J. Edwards y C.D. Clark. 1996. A review of remote sensing for the assessment and management of tropical coastal resources. Coastal Management, no. 24, pp. 1-40
- Hernández-Trejo, H., Priego-Santander, Á. G., López-Portillo, Jorge A y E. Isunza Vera. 2006. Los paisajes físico-geográficos de los manglares de la Laguna de la Mancha, Veracruz, México. INTERCIENCIA, mar. 2006, vol.31, no.3, p.211-219.
- Herrera-Silveira, J.A., Teutli H.C., Zaldivar J.A., Caamal S.J., Alvarado E., Andueza T, Pérez C. R., Morales, O.S., y Cortés, B.O. 2009. Propuesta metodológica para evaluar el grado de deterioro de los ecosistemas de manglar: El caso Yucatán. CINVESTAV/SEMARNAT-INE. Informe Final, Septiembre 2009.
- Holguin, G., Y. Bashan, Mendoza Salgado R. A., Amador, E., Toledo, Gerardo, Vázquez, P., y Alejandro Amador. 1999. La microbiología de los manglares: bosques en la frontera entre el mar y la tierra. Ciencia y Desarrollo, no 144, Enero-Febrero, p 27-35
- INECOL. 1990. Estudios de ecología costera y determinación de zonas de preservación ecológica del Corredor Turístico Cancún-Tulum. Reporte técnico presentado a FIDECARIBE, Secretaría de Turismo, México. 90+viii p., 16 mapas. Instituto Nacional de Ecología, A.C. México.
- INE. 2005. Evaluación preliminar de las tasas de superficie de manglar en México. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT. Informe. 21 p.
- INE-IGg. 2002. Análisis del cambio de uso de suelo. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAT-Instituto de Geografía, UNAM. México.
- INECC. 2014. Proyecto de adaptación de los humedales costeros del Golfo de México ante los impactos del Cambio Climático. Servicios de consultoría.

Donación TF-096681-ME. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.  
Disponible en:

[http://www.inecc.gob.mx/descargas/convocatoria/2014\\_conv\\_proy\\_adap\\_hum\\_cost.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/convocatoria/2014_conv_proy_adap_hum_cost.pdf)

- INE-SEDESOL. 1993. Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an. Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Desarrollo Social. México.
- INEGI. 1976. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso de suelo y Vegetación, Escala 1:250,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2000. Diccionario de datos vectoriales de la Carta Fisiográfica, Escala 1:1000,000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- INEGI. 2005. Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie III (Continuo Nacional). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Aguascalientes, México.
- INEGI. 2009. Glosario. Aspectos metodológicos del Censo económico 2009. Disponible en:  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/glosario.asp>
- INEGI. 2010. Censo de Población y vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Aguascalientes, México.
- INEGI. 2011. Panorama sociodemográfico de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Aguascalientes, México. p. 36.
- INEGI, 2012. Perspectiva Estadística de Quintana Roo. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática Aguascalientes, México. Marzo 2012. 86 pp.
- INEGI-DGG. 1999. Superficie de la República Mexicana por Estados. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Dirección General de Geografía. Aguascalientes, México.
- Islebe. G.A. y Odilón Sánchez Sánchez. 2001. La vegetación de Quintana Roo: pasado y presente. Foresta Veracruzana 3(2): 47-51. Pp. Recursos Genéticos Forestales México.
- Izaurrealde, R.C.; Rosenberg y R. Lal. 2001. Mitigation of climatic change by soil carbon sequestration: issues of science, monitoring, and degraded lands. *Advances in Agronomy*. 70: 1-75.

- Jenks, G.F. 1967. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7:186-190.
- Karmarkar, S.M. 1982. Senescence in mangroves. In: W. Junk, ed. *Contributions to the ecology of halophytes*. La Haya, Holanda. P: 173.
- Kathiresan K, Rajendran N (2002) Fishery resources and economic gain in three mangrove areas on the south-east coast of India. *Fish. Manag. Ecol.* 9: 277-283.
- Kjerfve, B., and D.J. Macintosh. 1997. The impact of climatic change on mangrove ecosystems. In. B. Kjerfve, L.D. Lacerda, and E.H.S. Diop, editors. *Mangrove ecosystems studies in Latin America and Africa*. UNESCO, Paris, France.
- Kraft, Michael; Furlong, Scott (2006): *Public Policy: Politics, Analysis and Alternatives*, 2nd ed., CQ Press, Washington, DC.
- Lacerda, L.D. 1993. Conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin America and Africa regions. Vol. 2, Part I. Latin America. *Mangrove Ecosystems Technical Reports No. 2 ITTO/ISME Project PD114/90 (F)*. Nishihara, Japan, International Society for Mangrove Ecosystems (ISME) & International Tropical Timber Organization (ITTO).
- Lal, R. 2001. World cropland soils as a source or sink for atmospheric carbon. *Advances in Agronomy*. 71:145-191.
- Loa, E.L. 1994. Los manglares de México: sinopsis general para su manejo. In: D.O. Suman, ed- *El ecosistema de manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservación*. Miami, Florida. P: 44-151.
- López-Portillo J. y E. Ezcurra. 2002: Los manglares de México: una revisión. *Madera y Bosques Número especial, 2002: 27-51*. Instituto de Ecología A.C. México.
- López-Ramos, Ernesto. 1979. *Geología de México: México, D.F., edición privada; t. 2, 454 p.; t. 3, 453 p.*
- Lugo A.E. y S.C. Snedaker. 1974. The ecology of mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:39-54.
- Lugo-Hubb, J. 1990. El Relieve de la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. *Revista*, vol. 9, núm. 1. p. 82-111.
- Lugo-Hubb, J., Aceves-Quesada J.F., y Ramón Espinasa Pereña. 1992. Rasgos Geomorfológicos de la Península de Yucatán. Instituto de Geología, *Revista*, volumen 10, número 2, p. 143-150.

- Madrid, S. A., y Lina María Ortiz López. 2005. Análisis y síntesis en cartografía: algunos procedimientos. Departamento de Geografía. Universidad de Colombia. Bogotá. 170 p.
- Mateo, JM. 2006. La Cuestión ambiental desde una visión sistémica. Revista Ideas Ambientales. No. 2 Universidad Nacional de Colombia. 35 pgs.
- Martusobroto P. y Naamin N. 1977. Relation between tidal forest (mangroves) and commercial shrimp production in Indonesia. *Marine Resources Indonesia* 18: 81-85.
- McCarthy, J.J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken y K. S. White. 2001. *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge University Press. Cambridge.
- McGarigal K. & Cushman S.A. & Stafford S. 2000. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer Verlag, New York, New York, USA.
- Medina, E. 1998. Mangrove physiology: the challenge of salt, heat and light stress under current flooding. IV Simposio de Ecosistemas Brasileiros, Academia de Ciencias de Sao Paulo, Brasil V: 25-56.
- Micheli, Jordy. 2002. Política ambiental en México y su dimensión regional. *Región y Sociedad, Revista de El Colegio de Sonora*, vol. XIV, No. 23, enero-abril 2002, pp. 129-170.
- Moreno C., E; A. Guerrero P.; M.C. Gutiérrez C.; C.A. Ortiz S. Y D.J. Palma L. 2002. Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Madera y Bosques Número especial*: 115-128.
- Neill, Ch., Cerri, C., Melillo, J.M., Feigl, B.J., Steudler, P.A., Moraes, J.F.L y M.C. Piccolo. 1998. Stock and dynamics of soils Carbon following deforestation for pasture in rodonia. *In: Lal, R.; Kimble, J.M., Follet, R.F. y B.A. Stewart, eds. Soil Processes and the carbono cycle*. Ohio. P: 9-28.
- Ojima, D., Galvin, K., Turner, B. 1994. The Global Impact of Land-use Change. *BioScience* 44 (5): 300-304.
- Olaya Victor. 2011. *Sistemas de Información Geográfica. Tomo I. OsGeo*. 476 págs.
- Olsen, M.W.; R.J. Frye y E.P. Glenn. 1996. Effect of salinity and plant species on CO<sub>2</sub> flux and leaching of dissolved organic carbon during decomposition of plant residue. *Plant and soil*. 179:183-188.
- Padrón, C.M., S. Llorente and L. Menendez. 1993. *Mangroves of Cuba*. L.D. Lacerda, editor. Conservation and sustainable utilization of mangroves forest in Latin America and Africa Regions. Part. I: Latin America. International society for Mangrove Ecosystems and the International Tropical Timber Organization.

- Palma-López, D.J., J. Cisneros Domínguez., E. Moreno Cáliz. y J.A.Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Instituto del Trópico Húmedo, Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Tabasco A.C. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- PDDUT, 2006. Programa Director de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tulum. Disponible en <http://www.solidaridad.gob.mx/PDFs/PDDUTulumfeb06.pdf>
- Peña, J. 2008. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio: entrada, manejo, análisis y salida de datos espaciales en la teoría general y práctica para *ESRI ArcGIS 9*. San Vicente, Alicante. Club Universitario.
- Pérez, V. G. y E. Carrascal., 2000: El Desarrollo Turístico en Cancún, Quintana Roo y sus Consecuencias sobre la Cubierta Vegetal. Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM Num. 43. 2000 pp. 145-166.
- Phillips, M.; Lin, C.; Beveridge, C. 1993. Shrimp culture and the environment: Lessons from the World's Most Rapidly Expanding Warmwater Aquaculture Sector.
- Pickett, S.T.A. y P.S. White (eds.). 1985. The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Academic Press, EE.UU. 427 pp.
- Pickett, S. T. A., J. Kolasa, J. Armesto y S. L. Collins 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos* 54(2):129-136.
- Por, F.D., 1984. "The State of the Art", in Hydrobiology of the Mangle. F. D. Por and I. Dor (eds.). Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, PP. 1-14.
- Prichard, S.J.; D.L. Peterson y R.D. Hammer. 2000. Carbon distribution in subalpine Forests and Meadows of the Olympic Mountains, Washington. *Soil Sci. Am. J.* 64:1834-1845.
- Priego-Santander AG, Palacio-Prieto JL, Moreno-Casasola P, López-Portillo J, Geissert Kientz D (2004a) Heterogeneidad del paisaje y riqueza de flora: Su relación en el archipiélago de Camagüey, Cuba. *Interciencia* 29: 138-144.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M. y Arturo Garrido. 2008. Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades del paisaje: fundamentos y métodos. CIGA-UNAM e INE-SEMARNAT. México. 98 p.

- R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Rabenhorst M.C. y D. Swanson. 2000. Clasificación de suelos: Histosols. E-183: E-208 p In: Sumner M.E., ed. Handbook of soil science. CRC PRESS. Nueva York, EUA.
- Rabinowitz, Deborah.1978. Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica*. 10 (1): 47-57.
- Reyes, De La Cruz A., Ocaña, L. G y Humberto Hernández Trejo. 2002. Evaluación preliminar de los efectos de la inundación y la herbivoría sobre plántulas de mangle. *Universidad y Ciencia*, Vol. 18, No. 36/ diciembre Pp: 135-139.
- Rico-Gray, P. 1981. Presencia de manglar rojo *Rhizophora harrisonii* en las costas de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 21: 163-164.
- Rico-Gray, V. 1993. Origen y Rutas de Dispersión de los Mangles: Una Revisión con Énfasis en las Especies de América. *Acta Botánica Mexicana*, 25: 1-13.
- Rietkerk, M., M., C. Boerlijst, F. Van Langevelde, R. HileRisLambers, J. van de Koppel, L. Kumar, H. H. T. Prins et al. 2002. Self-organization of vegetations in arid ecosystems. *America Naturalist* 160: 524-530.
- Rollet, B. 1986. Ordenación integrada de los manglares. Síntesis de siete seminarios nacionales en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. FO: Misc 86-4 Roma, Italia. 100p.
- Rzedowski, Jerzy 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. México.
- Salitchev, K. A. 1979. *Cartografía*. Editorial Pueblo y Educación, MES, Ciudad de la Habana, Cuba.
- Saenger, P., Hegerl E.J. and J.D.S., Davie. 1983. *Global status of mangrove ecosystems*. Commission on Ecology Papers No.3. IUCN. Gland, Switzerland. 88 pp.
- Salm RV, Clark J, Siirila E (2000) Marine and Coastal Protected Areas: A guide for planners and managers. IUCN. Washington DC, EEUU. 371 pp.
- Sánchez-Paéz H.; G.A. Ulloa-Delgado y H.A. Tavera-Escobar (Eds). 2004. Manejo integral de manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia. Proyecto PD/60/01 REV 1 (F): Manejo sostenible y restauración de los manglares por comunidades locales del Caribe de Colombia. Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporación Nacional de

- Investigación y Fomento Forestal-CONIF, Organización Internacional de Maderas Tropicales-OIMT. Bogotá. 335p.
- Sanjurjo, R. E. y Stefanie Welsh Casas. 2005. Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares. *Gaceta Ecológica*, núm. 74, enero-marzo, pp 55-68. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
  - Spalding, M.D.; F. Blasco y C. Field. 1997. *World Mangrove Atlas*. The International Society of Mangrove Ecosystems. Okinawa, Japón. 178 p.
  - Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). 1994. *Inventario Nacional de Gran Visión*. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría Forestal. SARH. México. 158 p.
  - Secretaría de la Convención de RAMSAR. 2013. *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, 6ª. Edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
  - Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2006. *La Gestión ambiental en México*. SEMARNAT. México, D.F. 468 p.
  - Secretaria de Turismo (SECTUR). 2005. *Agenda 21 para el Turismo Mexicano*. [http://www.SECTUR.gob.mx/wb2/SECTUR/sect\\_8763\\_agenda\\_21\\_para\\_el\\_tu](http://www.SECTUR.gob.mx/wb2/SECTUR/sect_8763_agenda_21_para_el_tu)
  - SIMBAD. 2012. *Sistema Municipal de Bases de Datos*. Consulta Interactiva de datos. INEGI.
  - Singh, S. P. 1998. Chronic disturbance, a principal cause of environmental degradation in developing countries. *Environmental Conservation* 25(1):1-2.
  - Snedaker, S.C. 1991. Comunicación personal. Citado en: Fisher, P and Spalding, M.D. 1993. *Protected areas with mangrove habitat*. Draft Report World Conservation Centre, Cambridge, UK. 60 pp.
  - Spalding, M.D.; F. Blasco y C. Field. 1997. *World Mangrove Atlas*. The International Society of Mangrove Ecosystems. Okinawa, Japón. 178 p.
  - Spalding M, Kainuma M, Collins L. 2010. *World Atlas of Mangroves*. A collaborative project of ITTO, ISME, FAO, UNEP-WCMC, UNESCO-MAB, UNU-INWEH and TNC. London (UK): Earthscan, London. 319 pp.
  - Spurgeon, J. 1992. The economic valuation of coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*. 24(11): 529-530.
  - Suárez-Morales, E. y Rivera-Arriaga Evelia. 1998. Hidrología y Fauna Acuática de los Cenotes de la Península de Yucatán. *Rev. Soc. Mex. Hist Nat.*, 48: 37-47.

- Suman, D.O. (editor). 1994. el ecosistema de manglar en América Latina y la cuenca del Caribe: su manejo y conservación. Ronsenstein School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami, Miami, Florida.
- Taboada, J.A. y J.M. Cotos Yañez. 2005. Sistemas de Información Medioambiental. Ed. Netbiblo. España. 272 págs.
- Tomlinson, P. B. 1986. The Botany of Mangroves. Cambridge University Press. USA 419 p.
- Trejo, J.C.; R. Durán e I. Olmsted. 1993 Manglares de la Península de Yucatán. In. S.I. Salazar y N.E. González, eds. Biodiversidad marina y costera de México. Comisión Nacional de Biodiversidad y Centro de Investigaciones Costeras de Quintana Roo, México. P: 660-672.
- Tovilla, H.C. 1994. Manglares. En: DE la Lanza Espino, G. y Cáceres Martínez, C. (Eds.). Lagunas Costeras y el litoral mexicano. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 371-423 p.
- Turner, MG. 1989. Landscape Ecology: The effect of pattern on process. *Annu. Rev.. Ecol. Syst.* 20:171-197
- Twilley, R.R., A. Boder y D. Robadue. 1993. Mangrove ecosystem biodiversity and conservation: A case study of mangrove resources in Ecuador, Cahp. 9:105-127. In: C.S. Potier, J.J. Coheny, D. and Janczewski (Eds.). Perspectives on Biodiversity: Case Studies of Genetic Resources Conservation and Development. AAAS Press, Washington, D.C.
- Uphof, J.C. 1968. Dictionary of economic plants. Germany: Verlag von J. Cramer.591 p.
- Vega, E. y Eduardo Peters. 2007. Conceptos generales del disturbio y sus efectos en los ecosistemas. En: Sánchez, O. *et al*, eds. Conservación de ecosistemas templados de montaña. INE-SEMARNAT. pp. 137-150.
- Velázquez Aguirre, L., 1986. Aplicación de Principios Geoquímicos en la Hidrología Kárstica de la Península de Yucatán, Ingeniería Hidráulica en México, pp. 21-29.
- Villanueva, Luis. 1996. La Hechura de las Políticas Públicas, 2ª ed., Miguel Ángel Porrúa, México. Pp. 15-84.
- Walsh, Gerald. 1974. Mangroves: a review. En: Reimold, Robert S.; Quen, William H., ed Ecology of halophytes. New York: Academic Press, Inc. 605 p.
- Walsh, Gerald E. 1977. Exploitation of mangle. En: Chapman, V.J., ed. Ecosystems of the world. West coastal ecosystems. Oxford: Elsevier Scientific Publishing Co.; 347-362. Vol.1

- Weidie, A.E., W.C. Ward R.H. Marshali. 1978. Geology of Yucatan platform. In: Ward, W.C. A. E. Weidie (eds.). Geology and Hydrogeology of Northeastern Yucatan. New Orleans Geological Society. New Orleans. 3-30.
- Wilson. 1980. Physical geography of the Yucatan Peninsula. In: Moseley, E. & E. Terry (eds.) Yucatán. *A world apart*. The University of Alabama Press. USA.: 5-40.
- WRI. Recursos Mundiales 2000. World Resources Institute, EcoEspaña, Madrid. 2000.
- Yáñez-Arancibia, A., A.L. Lara-Domínguez y J. Day (1993). Interactions between mangrove and seagrass habitats mediated by estuarine nekton assemblages: coupling of primary and secondary production, *Hydrobiologia*, Vol. 264, No. 1, p. 1-12.
- Yáñez, A., A., R.R. Twilley y A.L. Lara D. 1998. Los Ecosistemas de Manglar frente al Cambio Climático Global. *Madera y Bosques*. 4(2):3-19. Instituto de Ecología A.C. México.
- Yáñez-Arancibia, A. y A. L. Lara-Domínguez, 1999. Los manglares de América Latina en la encrucijada, p. 9-16. en: A. Yáñez-Arancibia y A. L. Lara-Domínguez (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical*. Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p.
- Yáñez, A., A. 1999. Terms of reference towards coastal Management and sustainable development in Latin America: introduction to special issues on progress and experiences. *Ocean and Coastal Management* 42 (2-4): 77-104.
- Zaragoza, R., E. Peters, y E. Vega. 2005. Evaluación de las tasas de pérdida de manglar mediante la comparación de polígonos en 1976 y 2000. En: *Evaluación preliminar de las tasas de pérdida de superficie de manglar en México*. Instituto Nacional de Ecología. Dirección de Conservación de los Ecosistemas. INE. pp. 7-10.
- Zaragoza, Rigel. 2014. Áreas de Geoconservación de la Península de Baja California, México: una propuesta a partir de la regionalización físico-geográfica. Tesis de Doctorado. Centro en Investigaciones en Geografía Ambiental. UNAM. 135 p.
- Zhong, L. y Z. Qiguo. 2001. Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China. *Plant and Soil*. 231: 175-185.

## Apéndice

### Fichas técnica descriptiva de las especies de manglar

#### ***Rhizophora mangle* L.**



Familia:

Rhizophoraceae

Especie:

*Rhizophora mangle* L. (1753)

Nombre común:

Candelón (Ver., Col., Sin.); Mangle; Mangle colorado; Mangle dulce (B.C., Oax.) Mangle Rojo; Mangle tinto (Ver.); Tabché, Tapché, Xtabché (maya, Yuc).

Foto 2. Manglar rojo en Sian Ka'an

Distribución:

Presenta un amplio patrón de distribución. Desde la costas del Golfo, el Pacífico y el Caribe, en latitudes tan extremas como la Isla San Esteban en Baja California o Huixtla, en el sur de Chiapas. En la vertiente del Golfo va desde Tamaulipas hasta Quintana Roo y en la vertiente del Pacífico desde Baja California Sur, Sonora hasta Chiapas.

Hábitat y ecología

El mangle rojo se establece en los litorales, específicamente en las zonas intermareales de lagunas costeras y esteros con influencia de agua salada. Su mejor desarrollo se presenta en los litorales someros donde la pendiente es suave o nula y la marea entra con mayor facilidad. La productividad de la especie es alta en estuarios con lodo fino, compuesto de cieno, arcilla y un alto porcentaje de materia orgánica con promedios de  $49.26 \pm 8$  ppm. Suelos: sustrato lodoso, turba, negro-arenoso muy húmedo, negro-arcilloso, café claro, areno-arcilloso, zona pantanosa o inundada y roca coralina. Con un pH de 6.6 cuando está saturado de agua y de 2.2 a 3 al secarse. La especificidad de su hábitat hace a los manglares muy sensibles a la perturbación.

*Rhizophora mangle* junto con *Avicenia germinans* y *Laguncularia racemosa* como elementos dominantes, forman asociaciones conocidas como manglares. Comúnmente el “rojo” es la especie de mangle ubicada en la parte con mayor influencia salina y en la que el nivel de inundación es mayor. Tiene buenas capacidades para explotar hábitats con condiciones particulares diversas, pudiendo habitar en sitios con baja disponibilidad de nutrientes y baja salinidad. Existe gran disparidad en la abundancia de los sitios de latitudes más norteños (Bahía de Kino, Sonora; Tamiahua, Veracruz) con respecto a los sitios más sureños (Chantuto, Chiapas; Centla, Tabasco): 120 a 270 individuos/hectárea versus 4,000 a 5, 000 individuos/hectárea.

Estatus de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010)

A= Amenazada

### ***Conocarpus erectus L.***



Familia:

Combretaceae

Especie:

*Conocarpus erectus L.* (1753)

Nombre común:

Botoncahui, botoncillo, estachauite, laurelillo, mangle botoncillo, mangle cenizo, tabché (maya).

Foto 3. Tomada de Agraz et al., 2006

### Distribución

Se le encuentra en la costa pacífica, de manera discontinua, desde la porción media de la península de Baja California, Mar de Cortes hasta Chiapas (Loa, 1994), Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chiapas (SIRE: CONABIO-PRONABE). En la región del Golfo y el Caribe se presenta de forma continua (1), Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo (SIRE, *Idem*).

### Hábitat y ecología

De las cuatro especies de mangle que existen en México, *C. erectus* es la especie que se establece en las zonas con menor inundación y salinidad (Rzedowski, 1983) logrando desarrollarse tanto en condiciones de inundación permanente así como en estacional en sitios con salinidad fuerte y moderada, también puede ser resistente a las heladas. La altitud máxima puede ser hasta los 5 msnm en donde la precipitación puede ir de los 750 a los 2000 mm (Von Carlowitz, *idem*) y la temperatura media va de los 22° a los 25°C. (SIREM, *idem*)

Estatus de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010)

A = Amenazada

### ***Laguncularia racemosa***

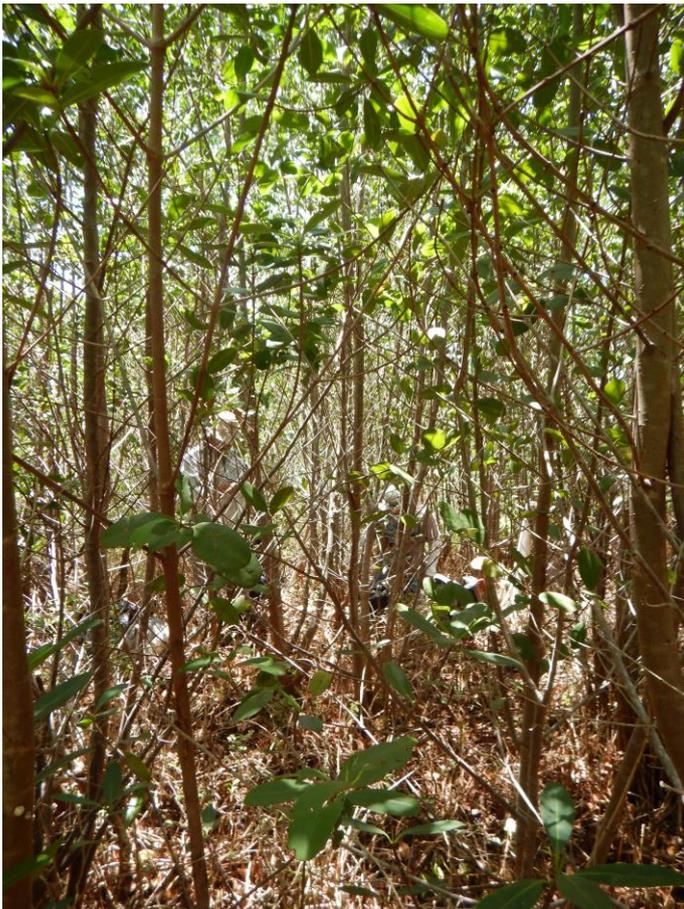


Foto 4. Manglar blanco en Ría Celestún. © Leonel Álvarez

Familia:

Combretaceae

Especie:

*Laguncularia racemosa* L.

Gaertn. f.

Nombre común:

Mangle blanco, mangle bobo,  
mangle chino, sak okom (maya)

Distribución:

Restringida a áreas en donde las temperaturas mínimas promedio son de más de 15.5°C. En el Océano Pacífico puede encontrarse desde la Bahía Ballenas en México (Latitud 28° 05' N.) hasta el sur de Chiapas, con presencia en Baja California, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Conabio, 2010; CICY, 2010).

#### Hábitat y ecología

Se desarrolla en climas tropicales lluviosos con estación seca en invierno ya sea corta (Am) o larga (Aw). Así mismo en climas secos semiáridos o áridos (Bw o Bs). Parece estar restringida a áreas con temperaturas mínimas promedio de más de 15.5°C. Crece en una gran variedad de suelos, desde arenosos hasta depósitos cenagosos o arcillosos. Las flores son polinizadas por los insectos.

Estatus de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010).

A = Amenazada

#### ***Avicennia germinans***



Foto: Leonel Álvarez

Foto 5. Manglar negro.

Familia:

Verbenaceae

Especie:

*Avicennia germinans* (L.)

L.

Nombre común:

Apompó, madre de sal, mangle, mangle negro, mangle prieto, puyequé, ta'abché (maya)

#### Distribución:

Se encuentra a lo largo de la costa del Océano Pacífico, así como en el Golfo de México y Península de Yucatán. Los registros más septentrionales se ubican en el Estado de Baja California Sur, en la Laguna de San Ignacio en la Costa del Océano

Pacífico y al norte de Mulegé en el Golfo de California. Los registros meridionales corresponden en las cercanías de la Barra de Cahoacán cerca del límite con Guatemala, en el Estado de Chiapas. Al norte, en el Golfo de México se registra la especie en la Laguna de San Andrés, en el Estado de Tamaulipas (Foroughbakhch, *et al.*, 2004). En el Mar de las Antillas o Mar Caribe, se distribuye hasta Boca Bacalar Chico en el Parque Nacional Arrecifes de Xcalak (INEGI, 2005).

#### Hábitat y ecología

Se encuentra en formaciones leñosas densas en una altitud de 0 a 15 msnm., se desarrolla en una variedad de climas lluviosos tropicales con estación seca en invierno corta (Am) o larga (Aw). También se puede desarrollar en climas secos semiáridos o áridos (BW o BS).

Habita en las orillas de lagunas costeras, bahías y desembocaduras de ríos donde hay zonas de influencia de agua de mar. Se encuentra en sitios cenagosos más alejados de la inundación y con niveles menores de salinidad que el resto de las especies de mangles. Su presencia está determinada tanto por el agua superficial como por la salinidad. En los sitios donde las salinidades son de alrededor 30 a 40 partes por mil, se asocia con *laguncularia racemosa*; si la salinidad del suelo es de más de 50 partes por mil, el mangle negro es la especie dominante (CONABIO, 2009).

Estatus de conservación (NOM-059-SEMARNAT-2010)

A = Amenazada

#### **Fuentes bibliográficas de las fichas técnicas**

##### *Rizophora mangle*:

1.- Agráz-Hernández, C.; Noriega-Trejo, R.; López-Portillo, J.; Flores-Verdugo, F.J.; Jiménez-Zacarías, J.J., 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.

2.- CONABIO. Fichas de especies de PLANTAS nativas valiosas para la reforestación. [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/58-rhizo1m.pdf). Información actualizada al 19 de diciembre de 2008.

##### *Laguncularia racemosa*:

1.- Agráz-Hernández, C.; Noriega-Trejo, R.; López-Portillo, J.; Flores-Verdugo, F.J.; Jiménez-Zacarías, J.J., 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.

2.-Jiménez, J.A. (s.f.) Laguncularia racemosa (L.) Gaertn.f. White Mangrove. SO-ITF-SM3. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 64p.

*Conocarpus erectus*:

1.- Agráz-Hernández, C.; Noriega-Trejo, R.; López-Portillo, J.; Flores-Verdugo, F.J.; Jiménez-Zacarías, J.J., 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.

2- SIRE: CONABIO-PRONARE

*Avicennia germinans*:

1.- Agráz-Hernández, C.; Noriega-Trejo, R.; López-Portillo, J.; Flores-Verdugo, F.J.; Jiménez-Zacarías, J.J., 2006. Guía de Campo. Identificación de los Manglares en México. Universidad Autónoma de Campeche. 45 p.

### **Base conceptual del Modelo Estadístico**

Charles M. Cuadras (2007) describe el análisis de componentes principales como:

“Sean  $X = X_1, \dots, X_p$  una matriz de datos multivariantes. Si  $X$  es un vector formado por  $p$  variables observables. Las componentes principales son unas variables compuestas incorrelacionadas tales que unas pocas explican la mayor parte de la variabilidad  $X$ .

Las componentes principales son las variables compuestas:

$$Y_1 = Xt_1, Y_2 = Xt_2, \dots, Y_p = Xt_p$$

Dónde:

$Y_i$  variables compuestas,  $i = 1, \dots, p$

$t_1, t_2, \dots, t_p$  son los  $p$  vectores propios normalizados de la matriz de covarianzas.

Tales que:

1.  $Var(Y_1)$  es máxima condicionado a  $t_1' t_1 = 1$ .
2. Entre todas las variables compuestas  $Y$  tales que  $Cov(Y_1, Y) = 0$ , la variable  $Y_2$  es tal máxima condicionando a  $t_2' t_2 = 1$ .
3.  $Y_3$  es una variable incorrelacionada con  $Y_1, Y_2$  con una varianza máxima. Análogamente se define las demás componentes principales.

Si  $T = [t_1, t_2, \dots, t_p]$  es la matriz  $p \times p$  cuyas columnas son los vectores que definen las componentes principales, entonces la transformación lineal  $X \rightarrow Y$

$$Y = XT$$

Se llama transformación por componentes principales".

**Importancia de los componentes de la relevancia ecosistémica:**

	Comp.1	Comp.2	Comp.3
Desviación estándar:	1.32215	1.28688	0.90123
Proporción de la varianza:	0.34961	0.33121	0.16244
Proporción acumulada:	0.34961	0.68083	0.84327

Cargas	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
IRM	-0.633	-0.164	0.312
IRVN	-0.646	-0.118	0.177
IVN	0.247	-0.644	
INS	-0.242	0.571	-0.541
DRIO	0.251	0.468	0.760

Cuadro 26. Cargas (*loadings*) de la relevancia ecosistémica.

**Importancia de los componentes del disturbio antropogénico:**

	Comp.1	Comp.2	Comp.3
Desviación estándar:	1.56409	1.05056	0.96098
Proporción de la varianza:	0.48928	0.22073	0.18469
Proporción acumulada:	0.48928	0.71001	0.89471

Cargas	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3
IRCUS		0.920	
DPOBM	-0.582	-0.189	
DCARMPAVTERR	-0.368		-0.835
DPOBBUF	-0.509	-0.156	0.545
DCARBUF	-0.515	0.304	

Cuadro 27. Cargas (*loadings*) del disturbio antropogénico.

Cuadro 28. Puntos de verificación de manglar ubicado en el Estado de Quintana Roo.

No.	Género/sp	Lat	Long	No.	Género/sp	Lat	Long
1	<i>C. erectus</i>	19.40544	-88.08633	48	<i>C. erectus</i>	19.89444	-88.77778
2	<i>R. mangle</i>	19.45203	-87.64847	49	<i>C. erectus</i>	19.91667	-88.78056
3	<i>A. germinans</i>	21.29906	-86.81894	50	<i>C. erectus</i>	19.96250	-87.46667
4	<i>R. mangle</i>	18.50636	-88.32419	51	<i>C. erectus</i>	20.07222	-87.56667
5	<i>R. mangle</i>	19.07431	-87.56256	52	<i>C. erectus</i>	20.20556	-87.43333
6	<i>R. mangle</i>	18.94478	-87.89922	53	<i>C. erectus</i>	20.20944	-87.43083
7	<i>R. mangle</i>	18.94481	-87.89922	54	<i>C. erectus</i>	20.36389	-87.02222
8	<i>R. mangle</i>	18.94558	-87.90072	55	<i>C. erectus</i>	20.43333	-87.01083
9	<i>R. mangle</i>	18.94481	-87.89922	56	<i>C. erectus</i>	20.44861	-86.99444
10	<i>A. germinans</i>	19.41131	-88.04900	57	<i>C. erectus</i>	20.85000	-86.88750

11	<i>C. erectus</i>	19.07422	-87.56256	58	<i>C. erectus</i>	20.86944	-86.88750
12	<i>R. mangle</i>	18.94481	-87.89922	59	<i>C. erectus</i>	21.05417	-86.78333
13	<i>R. mangle</i>	19.49214	-87.99781	60	<i>C. erectus</i>	21.06389	-86.78139
14	<i>R. mangle</i>	19.49222	-87.99772	61	<i>C. erectus</i>	21.17778	-86.81111
15	<i>R. mangle</i>	19.49214	-87.99781	62	<i>C. erectus</i>	21.17778	-86.80833
16	<i>R. mangle</i>	19.49214	-87.99781	63	<i>C. erectus</i>	21.18056	-86.80972
17	<i>C. erectus</i>	19.49222	-87.99772	64	<i>C. erectus</i>	21.24167	-86.82500
18	<i>R. mangle</i>	19.48919	-88.03261	65	<i>C. erectus</i>	21.25806	-86.75167
19	<i>A. germinans</i>	19.49214	-87.99781	66	<i>C. erectus</i>	21.25833	-86.75833
20	<i>C. erectus</i>	19.49214	-87.99781	67	<i>C. erectus</i>	21.46389	-86.78472
21	<i>C. erectus</i>	18.50636	-88.32417	68	<i>C. erectus</i>	21.49515	-86.79430
22	<i>R. mangle</i>	19.81961	-87.49156	69	<i>C. erectus</i>	21.50000	-86.79444
23	<i>C. erectus</i>	18.52050	-87.75108	70	<i>C. erectus</i>	21.52222	-87.37944
24	<i>R. mangle</i>	18.30708	-87.85258	71	<i>C. erectus</i>	21.52472	-87.37944
25	<i>A. germinans</i>	18.30833	-87.82500	72	<i>C. erectus</i>	21.54167	-87.35556
26	<i>A. germinans</i>	18.59167	-87.33333	73	<i>C. erectus</i>	21.58194	-87.13056
27	<i>A. germinans</i>	18.99167	-88.04167	74	<i>L. racemosa</i>	18.68944	-88.26722
28	<i>A. germinans</i>	20.00833	-87.67500	75	<i>L. racemosa</i>	19.70833	-87.50000
29	<i>A. germinans</i>	20.52500	-86.94167	76	<i>L. racemosa</i>	19.77250	-87.58750
30	<i>A. germinans</i>	21.25833	-86.75833	77	<i>L. racemosa</i>	20.20944	-87.43083
31	<i>A. germinans</i>	21.49515	-86.79430	78	<i>L. racemosa</i>	20.39444	-87.31944
32	<i>A. germinans</i>	21.52222	-87.37944	79	<i>L. racemosa</i>	20.86944	-86.88750
33	<i>C. erectus</i>	18.27778	-87.83611	80	<i>L. racemosa</i>	21.18056	-86.80833
34	<i>C. erectus</i>	18.28889	-87.83333	81	<i>L. racemosa</i>	21.21333	-87.42917
35	<i>C. erectus</i>	18.29028	-87.83333	82	<i>L. racemosa</i>	21.23278	-86.80139
36	<i>C. erectus</i>	18.30833	-87.82500	83	<i>L. racemosa</i>	21.43056	-87.34167
37	<i>C. erectus</i>	18.61944	-88.26111	84	<i>L. racemosa</i>	21.47500	-86.78750
38	<i>C. erectus</i>	18.65611	-88.21806	85	<i>L. racemosa</i>	21.49515	-86.79430
39	<i>C. erectus</i>	18.68944	-88.26722	86	<i>L. racemosa</i>	21.52472	-87.37944
40	<i>C. erectus</i>	18.85833	-87.70833	87	<i>L. racemosa</i>	21.58194	-87.13056
41	<i>C. erectus</i>	18.90528	-87.63111	88	<i>R. mangle</i>	18.09167	-88.84167
42	<i>C. erectus</i>	19.70833	-87.50000	89	<i>R. mangle</i>	18.30833	-87.82500
43	<i>C. erectus</i>	19.77250	-87.58750	90	<i>R. mangle</i>	18.50833	-88.49167
44	<i>C. erectus</i>	19.78056	-87.59444	91	<i>R. mangle</i>	18.50833	-88.30833
45	<i>C. erectus</i>	19.78194	-87.60139	92	<i>R. mangle</i>	18.54167	-88.30833
46	<i>C. erectus</i>	19.78611	-87.62639	93	<i>R. mangle</i>	20.00833	-87.67500
47	<i>C. erectus</i>	19.82500	-88.79167	94	<i>R. mangle</i>	21.52222	-87.37944

Fuentes: CONAFOR, CONABIO, INECC y aportación propia así como datos proporcionados por colegas durante visitas y prácticas de campo. Cabe mencionar que la referencia fue mediante el cruce con la Serie III del INEGI.

### Estación Carrillo Puerto

**Clima:** Aw  $\overline{t_1}(x')(i')$

Cálido subhúmedo con época seca marcada en el invierno y corta en el verano, con grado de humedad intermedio (cociente P/T entre 43.2 y 55.3) con régimen de lluvias intermedio (% de lluvia invernal mayor de 10.2) y con poca oscilación térmica (entre 5 y 7°C).

Cuadro 29. Ejemplo de clima registrado a partir de la estación Carrillo Puerto, Quintana Roo tomando en cuenta los aportes de la modificación de Köppen por Enriqueta García.

Fuente:

Cuadro 30. Tipos de vegetación registrados en la Serie III

No.	Comunidad vegetal	No.	Comunidad vegetal
1	Bosque de oyamel	30	Matorral rosetófilo costero
2	Bosque de ayarín	31	Matorral desértico rosetófilo
3	Bosque mesófilo de montaña	32	Matorral desértico micrófilo
4	Bosque de pino	33	Vegetación de desiertos arenosos
5	Bosque de encino	34	Vegetación halófila
6	Bosque de pino-encino	35	Vegetación gipsófila
7	Bosque de encino-pino	36	Pastizal natural
8	Bosque de táscate	37	Pastizal halófilo
9	Matorral de coníferas	38	Pastizal gipsófilo
10	Bosque de cedro	39	Pradera de alta montaña
11	Selva alta perennifolia	40	Bosque de galería
12	Selva alta subperennifolia	41	<b>Manglar</b>
13	Selva mediana subperennifolia	42	Popal
14	Selva mediana subperennifolia	43	Tular
15	Selva mediana subcaducifolia	44	Selva de galería
16	Selva baja perennifolia	45	Vegetación de galería
17	Selva baja subperennifolia	46	Vegetación de petén
18	Selva mediana caducifolia	47	Bosque inducido
19	Selva baja caducifolia	48	Pastizal inducido
20	Selva baja subcaducifolia	49	Palmar inducido
21	Selva baja espinosa	50	Vegetación sabanoide
22	Selva baja espinosa	51	Chaparral

	subcaducifolia		
23	Matorral subtropical	52	Palmar
24	Matorral submontano	53	Sabana
25	Matorral espinoso tamaulipeco	54	Mezquital
26	Matorral crasicaule	55	Vegetación de dunas costeras
27	Matorral sarcocaula	56	Áreas sin vegetación aparente
28	Matorral sarco-crasicaule	57	Áreas desprovistas de vegetación
29	Matorral sarco-crasicaule de neblina		

Cuadro 31. Distancia entre áreas de manglar > 10 km.

Resultado del mapa 5 a través del cálculo de distancia euclidiana

<b>No. Caso</b>	<b>Distancia entre áreas (km)</b>	<b>Polígono origen a destino</b>
1	14	1 al 2
2	18	8 al 12
3	12	92 al 93
4	20	93 al 94
5	11	95 al 96

## Anexo fotográfico de las variables biofísicas y antropogénicas



Fotos 1a-4a. Especies de manglar en cuerpos de agua y manglar del tipo chaparro.



Fotos 5a-7a. *Rhizophora mangle* en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, manatíal cercano a Puerto Morelos y *Avicennia Germinans* en el Sistema Lagunar Nichupté

Fotos 8a-10a. Caracterización de los tipos de vías de comunicación donde pueden observarse la segmentación del ecosistema de manglar: pavimentada (2 carriles), terracería ancha (2 carriles) y terracería (1 carril).



Fotos 11a-16a. Alteración de la cubierta vegetal de manglar por cubierta antropogénica (CA) donde se aprecian la segmentación, remoción y relleno. En otros casos a lo largo del corredor Cancún-Tulum se presenta la deforestación para la apertura de áreas que fueron cultivos y preparación para la instalación de vías eléctricas.



Fotos 17a-22a. Otros diferentes casos de disturbio antropogénico al manglar como la construcción de vías de comunicación que segmentan los cuerpos y corrientes de agua. La deforestación y la creación de terrenos para la construcción inmobiliaria como uno de los casos más significativos (puede apreciarse en las fotos algunas de las fases de preparación que son comunes en las inmediaciones de la Cancún y otros al sur de Puerto Morelos).

## Relación de Figuras

- Figura 1. Valor económico total del manglar.
- Figuras 2-3. Distribución de las áreas de manglar en las regiones tropicales y subtropicales del mundo.
- Figura 4. Distribución de especies de manglar por regiones.
- Figura 5. Proyecciones de las tasas de pérdida de manglar en México.
- Figura 6. Geología general de la Península de Yucatán.
- Figura 7. Morfología de la Península de Yucatán.
- Figura 8. Tipos de suelo con desarrollo de manglar en Quintana Roo.
- Figura 9. Existencias de ganado bovino en Quintana Roo, período 2000-2005.
- Figura 10. Diagrama de flujo del marco metodológico.
- Figura 11. Componentes de un SIG.
- Figura 12. Modelo Cartográfico de la Base de Datos Espacial.
- Figura 13. Representación gráfica de la función euclidiana.
- Figura 14. Esquema del cálculo de áreas para cuantificar la RE y el DA del área de influencia del manglar en Quintana Roo.
- Figura 15. Representación gráfica del Biplot.
- Figura 16. Histograma con el método de clasificación de Natural Breaks (Jenks) en ArcGIS.
- Figura 17. Valores de ruptura del histograma por el método Natural breaks.
- Figura 18. Políticas de conservación a partir de los valores cualitativos de RE y DA.
- Figura 19. Plot con la proporción de la varianza explicada por componente de la matriz (m1) de RE y Biplot.
- Figura 20. Plot con la proporción de la varianza explicada por cada componente de la matriz (m1) del DA y Biplot.
- Figura 21. Histograma con los valores de ruptura por el método Natural breaks (Jenks) para la relevancia ecosistémica.
- Figura 22. Representación numérica de los rangos de valores de ruptura del histograma para conformar la creación de categorías de valores cualitativos de la relevancia ecosistémica que registran las áreas de manglar en Quintana Roo.
- Figura 23. Histograma con los valores de ruptura por el método Natural breaks (Jenks) para el disturbio antropogénico.
- Figura 24. Representación numérica de los rangos de valores de ruptura del histograma para conformar la creación de categorías de valores cualitativos del disturbio antropogénico que registran las áreas de manglar en Quintana Roo.

Figura 25. Flujograma para definir la propuesta de políticas ambientales para la conservación del manglar a partir del análisis de sus áreas de influencia.

### **Relación de Cuadros**

- Cuadro 1. Comparativo de almacenaje de carbono orgánico realizado en diferentes sitios y usos del suelo.
- Cuadro 2. Roles socioeconómicos de los manglares de Egipto.
- Cuadro 3. Cobertura de manglar en las Costas Atlántica y Pacífica de AL.
- Cuadro 4. Estimaciones mundiales del área de manglar.
- Cuadro 5. Distribución mundial de especies de manglar.
- Cuadro 6. Estimaciones de cobertura de los manglares (continente americano).
- Cuadro 7. Estimación de la extensión de manglares en México
- Cuadro 8. Existencia de C en los bosques en México.
- Cuadro 9. Poblaciones de ciudades costeras por entidad en México.
- Cuadro 10. Relación de las unidades litológicas y edad de origen con las áreas de manglar establecidas en la Serie III.
- Cuadro 11. Grupos y geoformas identificadas en la Carta Geomorfológica del INE-IGg que desarrollan manglar en Quintana Roo.
- Cuadro 12. Superficie relativa de Quintana Roo distribuida sobre las regiones hidrológicas y Cuencas.
- Cuadro 13. Estaciones meteorológicas de Quintana Roo relacionadas en cercanía con las áreas de manglar.
- Cuadro 14. Población Total de Quintana Roo, período 2000-2010.
- Cuadro 15. Población Total por municipio y por género para el período 2000-2010 en Quintana Roo.
- Cuadro 16. Crecimiento de habitantes de los municipios de Quintana Roo del período 2000-2010
- Cuadro 17. Superficie cosechada por toneladas en Quintana Roo 2000-2005.
- Cuadro 18. Existencias de ganado bovino en Quintana Roo 2000-2005.
- Cuadro 19. Formato de presentación de la información de la Serie III.
- Cuadro 20. Parámetros cartográficos de la Serie III.
- Cuadro 21. Modelo jerárquico de Disturbio Antrópico.
- Cuadro 22. Instrumentos de política y normatividad ambiental vinculados a la propuesta de actividades sugeridas en cada categoría de conservación.
- Cuadro 23. Porcentaje y tipo de políticas de conservación propuestas a través de la combinación de los niveles cuantitativos de RE y DA de las áreas de influencia del manglar en Quintana Roo.

- Cuadro 24. Porcentaje de los valores de RE correspondientes a los resultados del análisis de componentes principales (ACP).
- Cuadro 25. Porcentaje de los valores de DA correspondientes a los resultados del análisis de componentes principales (ACP).
- Cuadro 26. Cargas (*loadings*) de RE.
- Cuadro 27. Cargas (*loadings*) del DA.
- Cuadro 28. Puntos de verificación de manglar en Quintana Roo.
- Cuadro 29. Ejemplo de clima registrado a partir de la estación Carillo Puerto, Quintana Roo tomando en cuenta los aportes de la modificación de Köppen por Enriqueta García.
- Cuadro 30. Tipos de vegetación registrados en la Serie III

### **Relación de mapas**

- Mapa 1. Área de estudio creada a partir del mapa de vegetación y uso de suelo Serie III.
- Mapa 2. Áreas o unidades de vegetación del tipo manglar en Quintana Roo según Serie III.
- Mapa 3. Elementos biofísicos considerados para integrar las variables de RE del manglar en Quintana Roo.
- Mapa 4. Áreas o unidades de vegetación del tipo manglar en Quintana Roo según Serie III.
- Mapa 5. Distancia Euclidiana de áreas de manglar en Quintana Roo.
- Mapa 6. Áreas de influencia de las unidades de vegetación del tipo manglar en Quintana Roo.
- Mapa 7. Relevancia ecosistémica del manglar en Quintana Roo.
- Mapa 8. Disturbio antropogénico del manglar en Quintana Roo.
- Mapa 9. Políticas de conservación del manglar en Quintana Roo.

### **Relación de fotografías**

- Foto 1. Hojarasca de manglar rojo en Ría Celestún.
- Foto 2. Manglar rojo en Sian Ka'an
- Foto 3. Mangle botoncillo.
- Foto 4. Manglar blanco en Ría Celestún
- Foto 5. Manglar negro.
- Fotos 1a-4a. Especies de manglar en cuerpos de agua y manglar del tipo chaparro.

- Fotos 5a-7a. *Rhizophora mangle* en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, manatial cercano a Puerto Morelos y *Avicennia germinans* en el Sistema Lagunar Nichupté
- Fotos 8a-10a. Caracterización de los tipos de vías de comunicación donde pueden observarse la segmentación del ecosistema de manglar: pavimentada (2 carriles), terracería ancha (2 carriles) y terracería (1 carril).
- Fotos 11-16a. Alteración de la cubierta vegetal de manglar por cubierta antropogénica (CA) donde se aprecian la segmentación, remoción y relleno. En otros casos a lo largo del corredor Cancún-Tulum se presenta la deforestación para la apertura de áreas que fueron cultivos y preparación para la instalación de vías eléctricas.
- Fotos 17-22a. Otros diferentes casos de disturbio antropogénico al manglar como la construcción de vías de comunicación que segmentan los cuerpos y corrientes de agua. La deforestación y la creación de terrenos para la construcción inmobiliaria como uno de los casos más significativos (puede apreciarse en las fotos algunas de las fases de preparación que son comunes en las inmediaciones de la Cancún y otros al sur de Puerto Morelos).