

MANGLARES DE MÉXICO

EXTENSIÓN, DISTRIBUCIÓN Y MONITOREO



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

MANGLARES DE MÉXICO

EXTENSIÓN, DISTRIBUCIÓN Y MONITOREO



CONABIO

COMISIÓN NACIONAL PARA EL
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

2013

Primera edición, noviembre del 2013

D.R. © 2013, COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal.

Tlalpan, 14010, México D.F.

www.conabio.gob.mx

Revisión editorial: Carlos Galindo Leal

Revisión de estilo: Jacinta Ramírez

Coordinación de producción editorial: Bernardo Terroba

Diseño y diagramación: Rafael Ríos

Elaboración de mapas: Carlos Troche, Isabel Cruz, Daniel Márquez y Samuel Velázquez

Diseño de mapas: Bernardo Terroba y Rafael Ríos

Fotografías: Banco de Imágenes de la CONABIO, Dimensión Natural S.C.,
Secretaría de Marina, UABC.

Fotografía de cubiertas: Isai Domínguez

Traducción del resumen: Keith MacMillan

La fotografía de la portada muestra las raíces del mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con algunas de las estrechas y peculiares interacciones entre los organismos que habitan el manglar y que de forma general suceden en este fascinante ecosistema.

Forma de citar: Rodríguez-Zúñiga, M.T., Troche-Souza C.,
Vázquez-Lule, A. D., Márquez-Mendoza, J. D., Vázquez- Balderas,
B., Valderrama-Landeros, L., Velázquez-Salazar, S., Cruz-López,
M. I., Ressler, R., Uribe-Martínez, A., Cerdeira-Estrada, S., Acosta-
Velázquez, J., Díaz-Gallegos, J., Jiménez-Rosenberg, R., Fueyo-
Mac Donald, L. y Galindo-Leal, C. 2013. Manglares de México/
Extensión, distribución y monitoreo. Comisión Nacional para el
Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 128 pp.

ISBN: 978-607-8328-02-4

Editado e impreso en México

ÍNDICE

Resumen ejecutivo	4
Executive summary	6
1. México y sus manglares	9
Introducción	10
1.1 Flora y fauna	14
1.2 Importancia ecológica y económica	16
1.3 Presiones y amenazas	19
1.4 Estudio de los manglares en México	20
1.5 Directorio de especialistas en manglar y sitios de trabajo	23
1.6 Sitios prioritarios de manglar	24
1.7 Los manglares de México en Google Earth	25
2. Extensión y distribución de los manglares en México	27
2.1 Regionalización	30
2.2 Distribución de los manglares y otras coberturas en 2005	30
2.3 Distribución de los manglares y otras coberturas en 1970-1980	36
2.4 Detección de los procesos de cambio en los manglares (1970-1980 y 2005)	38
2.5 Distribución de los manglares de México en 2010	39
2.6 Extensión relativa de manglar en la línea de costa	40
2.7 Nivel de protección	41
3. Sistema de Monitoreo de los Manglares de México	47
3.1 Descripción	48
3.2 Componentes básicos	48
3.3 Niveles de aplicación	49
3.4 Parámetros e indicadores	50
3.5 Patrones e índices espaciales	50
3.6 Exploración de parámetros biofísicos y estimación de biomasa vegetal	54
4. Los manglares a nivel nacional y en los estados	57
4.1 Nivel nacional	58
4.2 Región Pacífico Norte	60
4.3 Región Pacífico Centro	70
4.4 Región Pacífico Sur	76
4.5 Región Golfo de México	82
4.6 Región Península de Yucatán	88
5. Conclusiones	95
Créditos y agradecimientos	100
Referencias	105
Anexos	108

RESUMEN EJECUTIVO

1. Los manglares representan un ecosistema altamente productivo, con una gran riqueza biológica y proporcionan una gran diversidad de recursos y servicios ambientales. México se encuentra entre los cuatro países con mayor extensión de este ecosistema a nivel mundial.
2. La información histórica sobre la extensión de manglares en México se había recolectado con diferentes métodos y fuentes cartográficas lo que resultó en grandes discrepancias. Con la información cartográfica sobre manglares que ha generado la CONABIO es posible conocer con mayor precisión la extensión y las tendencias de cambio de este ecosistema.
3. El trabajo desarrollado tiene como objetivo establecer el Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), usando herramientas de percepción remota y datos en el sitio.
4. El trabajo coordinado de la CONABIO, con diversas instituciones de gobierno como la SEMAR, PROFEPA, INEGI, CONAFOR, CONANP e INECC, así como la colaboración estrecha con especialistas de manglares pertenecientes a distintas instituciones académicas del país, ha permitido lograr con éxito este esfuerzo de monitoreo nacional.
5. Para llevar a cabo el monitoreo se dividió el país en cinco regiones: Pacífico Norte, Pacífico Centro, Pacífico Sur, Golfo de México y Península de Yucatán. Con datos de sensores remotos se elaboraron tres mapas de la distribución de los manglares de México, a escala 1:50 000, en tres fechas diferentes: a) fecha 1, década 1970-1980, mediante el uso de fotografías aéreas pancromáticas, b) fecha 2, año 2005 y c) fecha 3 año 2010, en los dos últimos casos se usaron imágenes multiespectrales del satélite SPOT.
6. Al mapa de distribución de manglares de 2005, se le hicieron algunas adecuaciones posteriores, tomando en cuenta datos recientes de 2010 y la retroalimentación de especialistas en manglares. La superficie estimada en el mapa modificado de 2005 es de 774 090 ha (un cambio del 0.5% con relación a la primera cifra publicada).
7. La exactitud de los mapas de la distribución de manglares de México de los años 2005 y 2010 resultó mayor al 90%. Se realizaron vuelos para obtener fotografías para el proceso de validación.

8. La extensión estimada de manglares en México para el año 2010 es de 764 486 hectáreas. La región Península de Yucatán posee el 55% (417 025 ha) de los manglares del país, mientras que la región Pacífico Centro posee la menor extensión con el 0.9% (6 857 ha).
9. Los manglares están presentes en los 17 estados de la república que tienen litoral.
10. Para la fecha más reciente (2010), en el estado de Campeche se localiza la mayor superficie de manglar del país con 197 620 ha y en Baja California la menor con 36 ha.
11. De acuerdo con la cartografía de 2010 el 60.3% de la superficie de manglar se localiza dentro de Áreas Naturales Protegidas federales y estatales. Los estados con manglares sin protección a nivel federal o estatal son Colima y Guerrero. Se identificaron 56 sitios Ramsar (humedales de importancia internacional) que coincidieron con zonas de manglar.
12. A través de talleres, en los que se reunieron 47 participantes de 20 instituciones académicas, de la sociedad civil y gubernamentales, se identificaron 81 sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica a nivel nacional; posteriormente para cada uno de estos sitios se realizó una ficha de caracterización.
13. Se cuenta con 214 personas registradas en el directorio de especialistas en manglares (Fecha: 07/2013).
14. A nivel nacional se han identificado los principales cambios en la extensión del manglar en dos periodos: el primero 1981-2005 y el segundo 2005-2010. La reducción de la superficie del manglar en el primer periodo fue de 9.6% y en el segundo de 1.2%.
15. El estado que conservó la misma superficie de manglar durante los dos periodos fue Baja California, mientras que el estado con mayor porcentaje de pérdida de área de manglar fue Jalisco con el 72.8%. Sin embargo en el periodo 2005-2010 el estado que reportó mayor pérdida fue Michoacán con el 8.0%.
16. Con el mapeo del 2005 se estableció la línea base del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México.
17. Los proyectos de monitoreo apoyados por la CONABIO están aportando información para el SMMM para diferentes regiones del país.

EXECUTIVE SUMMARY

1. Mangroves represent a highly productive and biologically rich ecosystem that provides a wide diversity of resources and environmental services. Globally, Mexico is among the four countries that host the largest areas of this ecosystem.
2. Information relating to the mangroves of Mexico has historically been collected using different methods and cartographic sources, resulting in large discrepancies in the data. With the cartographic data on mangroves generated by CONABIO, it is now possible to know the area and trends of change of this ecosystem with greater accuracy.
3. The objective of the study is to establish the Mexican Mangrove Monitoring System (SMMM, by its Spanish acronym), using remote sensing instruments and field data.
4. The study coordinated by CONABIO, with various governmental institutions such as SEMAR, PROFEPA, INEGI, CONAFOR, CONANP and INECC, as well as close collaboration with mangrove experts from different mexican academic institutes, has led to the success of this national monitoring effort.
5. To carry out the monitoring, Mexico was divided into five regions: Northern Pacific, Central Pacific, Southern Pacific, Gulf of Mexico and Yucatan Peninsula. Using remote sensing data, three maps were produced detailing the distribution of the Mexican mangroves, at 1:50 000 scale, on three different dates: 1) the decade 1970-1980, using panchromatic aerial photography, 2) the year 2005 and 3) the year 2010. The latter two cases utilized SPOT multispectral satellite images.
6. Certain adaptations were subsequently made to the 2005 map of mangrove distribution, taking into account more recent data from 2010 and the feedback of mangrove experts. The estimated area in the modified 2005 map is 774 090 ha (a change of 0.5% relative to the initial published figure).
7. The accuracy of the maps of mangrove distribution from 2005 and 2010 was greater than 90%. Flights were conducted to obtain photographs for the validation process.
8. The area of mangroves in Mexico in 2010 was estimated to be of 764 486 hectares. The Yucatan peninsula region accounts for 55% (417 025 ha) of the total area, while the Central Pacific region has the least area, with 0.9% (6 857 ha) of the total.
9. Mangroves are present in the 17 mexican states that have a coastline.

10. According to the most recent (2010) map, the largest area of mangrove in Mexico is found in the state of Campeche (197 620 ha), while the smallest area is in Baja California (36 ha).
11. According to the 2010 map, 60.3% of the area of mangroves is found within federal or state Protected Natural Areas. The Mexican states with mangrove that is unprotected at either federal or state level are Colima and Guerrero. Fifty-six Ramsar sites (wetlands of international importance) were identified coincident with the mangrove zones.
12. Through workshops, featuring 47 attendees from 20 academic, public and governmental institutes, 81 mangrove sites were identified at the national level as being of biological importance and requiring ecological rehabilitation; a characterization file was subsequently produced for each of these sites.
13. There are 182 people registered in the directory of mangrove specialists (Date: 01/2013).
14. At national level, the main changes in mangrove area have been identified over two time periods: the first, 1981-2005 and the second, 2005-2010. The decline in mangrove area was 9.6% in the first period and 1.2% in the second.
15. The state that maintained the same area of mangrove from the first period to the second was Baja California, while the state with the highest percentage loss of mangrove between these periods was Jalisco, with a decline in area of 72.8%. However, during the period 2005-2010, the state that reported the highest loss of mangrove was Michoacan, with an 8.0% decrease in area.
16. With the data from the 2005 map, the baseline of the Mexican Mangrove Monitoring System was established.
17. Monitoring projects, supported by CONABIO, are now providing information to the SMMM from different regions of Mexico.



Bahía Magdalena, Baja California Sur
FOTO: JAW/CONABIO-SEMAR



Capítulo 1

MÉXICO Y SUS MANGLARES



INTRODUCCIÓN

México es un país privilegiado por su biodiversidad y se le ubica entre los primeros cinco lugares entre los países megadiversos (Llorente-Bousquets *et al.* 2008). El concepto de megadiversidad sólo se aplica a un número limitado de países: aquellos que contienen un porcentaje extraordinario de la biodiversidad del planeta. Aproximadamente 17 países albergan entre 60 y 70% de las especies de vertebrados terrestres y plantas vasculares del planeta. México junto con Brasil, Colombia e Indonesia, está entre los primeros lugares en las listas de diversidad biológica que se han elaborado (Mittermeier y Goettsch 1992).

Las características que hacen a México un país megadiverso se originan por varios aspectos del país: su ubicación geográfica, relieve, tamaño, su extensión marítima, historia evolutiva y cultural. El país se extiende en la zona de transición entre dos regiones biogeográficas reconocidas en el mundo: la neártica y la neotropical; originalmente identificadas por el ornitólogo inglés Philip L. Sclater (1829-1913) y el botánico alemán H.G. Adolf Engler (1844-1930), las cuales se entrelazan en el sur y centro de México, creando una zona propicia para la expresión de la biodiversidad del planeta (CONABIO 2006).

Los humedales son uno de los ecosistemas más importantes en México. Dentro de ellos, los manglares se distinguen por su riqueza natural y los servicios ambientales que sostienen. Su importante papel ecológico y económico ha sido reconocido tanto nacional como internacio-

nalmente. México, junto con Indonesia, Brasil, Nigeria, Australia y Malasia, es uno de los seis países con mayor superficie de este ecosistema. Estos países en conjunto contienen el 50% de la superficie mundial de manglares (FAOa, FAOb 2007, Spalding *et al.* 2010, Giri *et al.* 2010).

Los manglares de México representan el 5% del total mundial y colocan a nuestro país en el cuarto lugar de los 125 países y territorios que poseen este ecosistema, tan solo por debajo de Indonesia (31 894 km²), Brasil (13 000 km²) y Australia (9 910 km²) (Spalding *et al.* 2010) (FIGURA 1.1).

De estos cuatro países Indonesia es el más pequeño territorialmente, sin embargo contiene el 20.9% de los manglares del mundo y representan el 1.7% de su territorio. Los manglares en Brasil, representan tan solo el 0.15% de su territorio. En Australia los manglares representan el 0.12% de la superficie del país, mientras que en México cubren el 0.4% de los casi dos millones de kilómetros cuadrados del total del territorio.

Los manglares se desarrollan en las planicies costeras de los trópicos y subtropicos, principalmente alrededor de esteros y lagunas costeras, cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos. Este hábitat es una zona de transición entre los ecosistemas terrestres y los marinos y frecuentemente existe una conectividad entre los manglares, los pastos marinos y los arrecifes de coral que permite el flujo de las especies que viven en ellos.



FIGURA 1.2 Raíces aéreas de *Rhizophora mangle*.
FOTO: MTRZ/SPR-CONABIO

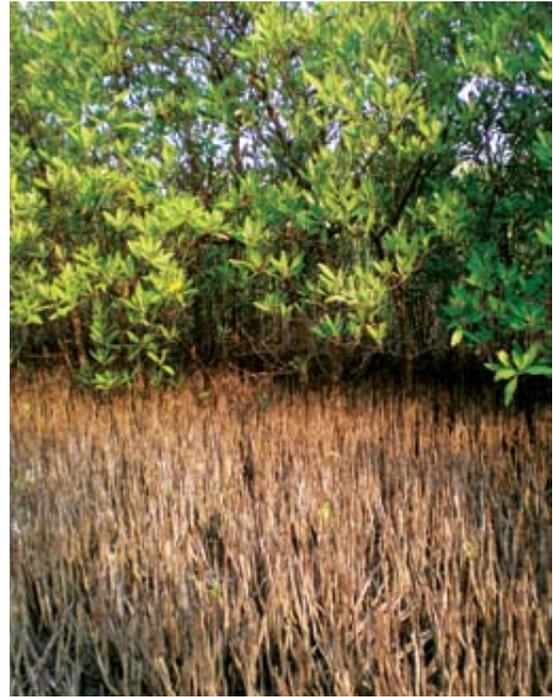


FIGURA 1.3 Pneumatóforos de *Avicennia germinans*.
FOTO: MTRZ/SPR-CONABIO

mangle prieto (*Avicennia germinans*) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus*), mientras que para las costas de Chiapas también se registra la presencia de otras dos especies (*Avicennia bicolor* y *Rhizophora harrisonii*) (López-Portillo y Ezcurra 2002, Nettel *et al.* 2008).

Estudios recientes elaborados por el Colegio de la Frontera Sur Unidad Tapachula han ubicado un bosque maduro de *Avicennia bicolor* entre los límites municipales de Tonalá y Pijijiapan, Chiapas, además de encontrar nuevos sitios de distribución de *Rhizophora harrisonii* (Tovilla 2012 com. pers.).

En México las especies de mangle rojo, prieto, blanco y botoncillo están bajo la categoría de amenazadas (NOM-059-SEMARNAT-2010), lo cual indica que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, en caso de que los factores negativos sigan persistiendo y pongan en riesgo su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su



FIGURA 1.4 Vista aérea de *Rhizophora mangle* en la Reserva de Biosfera La Encrucijada, Chiapas.
FOTO: JAV/CONABIO-SEMARNAT



FIGURA 1.5 *Rhizophora mangle* en la Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chiapas.
FOTO: JH/BI, CONABIO

hábitat o disminución directa del tamaño de sus poblaciones (DOF 2010). La conservación del ecosistema de manglar se encuentra contemplada también en la NOM-022-SEMARNAT-2003 y en los artículos 60 TER y 99 de la Ley General de Vida Silvestre, sin embargo, existen cuestionamientos sobre la existencia de contradicciones y limitantes jurídicas entre las diferentes normatividades (SEMARNAT 2010, 2011).

A pesar de que los manglares en México están constituidos relativamente por pocas especies reconocidas como manglar, existe una gran variabilidad en su composición, estructura y función. A nivel local, las características de los manglares se modifican de acuerdo con los gradientes ambientales relacionados con el relieve, el tipo de sustrato, el grado de inundación, los niveles de salinidad y con las perturbaciones naturales y humanas.

El establecimiento y asociaciones entre las especies de manglar dependen de sus requeri-

mientos fisiológicos particulares, relacionados con los cambios latitudinales en temperatura, su grado de adaptación tanto a los gradientes de salinidad así como a los flujos de las mareas, la microtopografía del sitio, la precipitación, los aportes de agua dulce y las características locales de los sustratos. Todo lo anterior se expresa diferencialmente en su fisonomía, composición, función y distribución del sistema, de acuerdo con lo cual se han establecido diferentes clasificaciones (López-Portillo y Ezcurra 2002, Alongi 2009).

En México, a nivel regional, existen diferencias entre los manglares que se distribuyen desde el sur de Chiapas hasta Baja California (este último es el límite norte de los manglares del Pacífico), así como en los manglares del Golfo de México y Caribe que van desde Quintana Roo (18°10'N) hasta Tamaulipas (25°55'N). Por ejemplo, en Tamaulipas la temperatura mínima promedio es de 10°C y se presenta en el

mes de enero y la precipitación media estatal es de 780 mm anuales, ahí los manglares pueden estar dominados por una sola especie ya sea mangle rojo o mangle prieto y alcanzar alturas máximas de tres a cuatro metros, aunque en algunos sitios alcanzan seis metros y por lo regular carecen de epífitas y trepadoras.

En el sur de Veracruz, las temperaturas mínimas nunca están por debajo de 14°C y la

precipitación anual es mayor a 2 000 mm. Entre los manglares de esta región predominan el mangle rojo, el prieto y el blanco con una altura de entre 10 a 30 m y albergan gran variedad de trepadoras y epífitas (López-Portillo y Ezcurra 2002). Por su parte, en los suelos calcáreos de la Península de Yucatán, se mezclan manglares de 8 a 25 metros de altura con manglares arbustivos menores a dos metros (FIGURA 1.6).

1.1 Flora y fauna

En los manglares vive una gran diversidad de animales, tanto terrestres como acuáticos, y diversas especies de plantas. Para México, algunas especies vegetales con cierto grado de tolerancia a la salinidad pueden ser parte de las comunidades de manglar, como el zapote (*Ma-*

nilkara zapota), la palma tasiste (*Acoelorrhaphe wrightii*), el chechén negro (*Metopium brownei*), palo de agua (*Pachira aquatica*), cuerno de toro (*Acacia cornigera*) y el tucuy (*Phitellobium lanceolatum*), entre otras.



FIGURA 1.6 Manglares en la Reserva de la Biosfera Sian Ka'an, Quintana Roo.

FOTO: MTRZ/SPR-CONABIO

Entre las trepadoras y epífitas hay bejucos (*Rhabdadenia biflora*, *Dalbergia brownnei*), la pitaya (*Selenicereus testudo*), varias especies de bromelias (*Achmaea bracteata*, *Bromelia pinguin* y *Tillandsia*) y orquídeas (*Encyclia cochleata*, *Epidendrum*, *Brassavola nodosa* y *Myrmecophila tibicinis*). En el sotobosque viven los helechos de los manglares (*Acrostichum aureum* y *A. danaeaeifolium*, *Elaphoglossum*) y pastos como el zacate salado (*Distichlis spicata*) y el pasto aguja (*Spartina spartinae*).

Las raíces de los mangles proporcionan un hábitat adecuado para muchas de las especies de fauna como caracoles, ostras (por ejemplo *Crassostrea rhizophorae*), percebes, erizos y esponjas y a sus estadios juveniles. Una gran diversidad de especies comerciales como cangrejos (FIGURA 1.7) y jaibas (*Callinectes*), camarones y langostinos (*Macrobrachium*) viven en

el agua de los manglares, al igual que las etapas juveniles de una gran cantidad de peces como bagre (*Arius*), lisa (*Mugil*), mojarras (*Eucinostomus* y *Diapterus*), pargos (*Lutjanus*), robalo (*Centropomus*) y sábalo (*Megalops atlanticus*).

La compleja estructura vertical de los manglares es utilizada para descanso y anidación de diversas especies de aves como la garza azul (*Egretta caerulea*), la garza roja (*Egretta rufescens*), la garza morada (*Egretta tricolor*), la garza gris (*Ardea herodias*), el bobo café (*Sula leucogaster*), el cormorán orejudo (*Phalacrocorax auritus*), la fragata (*Fregata magnificens*) y la chocolatera (*Ajaia ajaja*). Algunas especies consideradas en peligro de extinción como la cigüeña jabirú (*Jabiru mycteria*), amenazadas como el flamenco americano (*Phoenicopterus ruber*) (FIGURA 1.8) y el aguillilla negra de manglar (*Buteogallus subtilis*), sujetas a protección



FIGURA 1.7 Parte de la biodiversidad de fauna presente en los manglares de Sontecomapan, Veracruz.

FOTO: SGI/DIMENSIÓN NATURAL S.C.



FIGURA 1.8 Flamencos en la Reserva Estatal El Palmar, Yucatán.
FOTO: JAV/CONABIO-SEMAR

especial como el gavián caracolero (*Rostrhamus sociabilis*), el loro manglero (*Amazona albifrons*), la cigüeña o garzón (*Mycteria americana*), el vireo manglero (*Vireo pallens*) y el tecolotito manglero (*Megascops cooperi*), también frecuentan y anidan en el manglar. Además de especies de aves migratorias, que en los meses de invierno habitan los manglares, como los chipes, entre otras.

Sobre las ramas de los manglares viven varias especies de iguanas consideradas especies amenazadas (*Ctenosaura pectinata*, *C. quin-*

quecarinata, *C. similis*) o sujetas a protección especial (*C. acanthura*, *C. hemilophae*, *Iguana iguana*). En la parte terrestre y acuática de este tipo de hábitat viven los cocodrilos de río y de pantano (*Crocodylus acutus* y *C. moreletti*, respectivamente), especies sujetas a protección especial. En la parte terrestre viven varias especies de mamíferos incluyendo especies en peligro de extinción como el mapache de Cozumel (*Procyon pygmaeus*), el jaguar (*Panthera onca*), mono aullador (*Alouatta palliata*) y mono araña (*Ateles geoffroyi*), entre otras (DOF 2010).

1.2 Importancia ecológica y económica

Debido a su condición de ambientes costeros y ecosistema terminal de las cuencas hidrográficas, los manglares presentan varias características particulares:

- Es un ecosistema de gran riqueza biológica, en el que habitan tanto especies residentes permanentes como temporales de moluscos, cangrejos, jaibas, langostinos, camarones, erizos,

insectos, peces, aves, mamíferos, bromelias, orquídeas, bejucos y más.

- Es un ecosistema altamente productivo, que genera una gran cantidad de nutrientes que son exportados por las mareas a las aguas marinas, donde son aprovechados por pastos marinos, arrecifes de coral y una gran variedad de peces.
- Es un ecosistema que depende en buena medida de factores externos de gran escala, como las corrientes oceánicas, la conexión con el mar, afluentes de agua dulce, el clima y los cambios en la cobertura y usos del suelo a nivel de paisaje.
- Son hábitat de diferentes etapas de especies de fauna marina.
- Son hábitat de aves migratorias y de grupos de reproducción.

Los manglares además proporcionan una serie de beneficios para el hombre:

- Son barreras naturales de protección que retienen la erosión causada por vientos y mareas, ayudando así a mantener la línea de costa y a sostener la arena sobre las playas. En aquellos sitios en donde los manglares se han mantenido, el impacto de fenómenos naturales, como ciclones y tsunamis, ha sido menor al de aquellos sitios en donde se destruyeron o no existen estas barreras naturales (Giri *et al.* 2008).
- Disminuyen el impacto del acarreo de sedimentos y contaminantes por las corrientes de agua de ríos y arroyos sobre los arrecifes de coral.
- Son zonas de protección, crianza y desove de especies comerciales como peces (bagre, lisa, mojarra, pargo, robalo, sábalo, etc.), camarones, cangrejos, langostinos y moluscos (FIGURA 1.9). La pesquería del camarón, una de las más importantes en México, existe gracias a la gran cantidad de lagunas costeras que



FIGURA 1.9 Pesca con atarraya en los manglares de Ría Celestún, Yucatán.

FOTO: CD/BI, CONABIO

albergan importantes humedales, como áreas de manglar y marismas, en donde se refugian las post larvas de camarón y se desarrollan durante varios meses hasta alcanzar sus fases juveniles, momento en el cual migran al mar para completar su ciclo de vida.

- Funcionan como filtros biológicos en la retención y procesamiento de algunos fertilizantes utilizados en la agricultura, en la filtración de agua y abastecimiento de mantos freáticos.
- Son sumideros de bióxido de carbono y captura de gases de efecto invernadero.
- Proporcionan materiales de la construcción de viviendas rurales, fabricación de cercos para delimitar terrenos o para el confinamiento de animales domésticos.
- Se utilizan en la industria de la construcción como puntales para las cimbras; producción

de leña y carbón por las comunidades rurales (FIGURA 1.10); como materiales para la fabricación de artes de pesca como los tapos, en la elaboración de espigas y puntales para la locomoción de pequeñas embarcaciones en zonas someras de las lagunas costeras y los esteros.

- Son zonas de desarrollo de actividades cinegéticas.
- Son zona de desarrollo de la creciente industria asociada al ecoturismo, avistamiento de aves migratorias, vida silvestre y paisajes.

Debido a lo anterior, las actividades productivas en las costas deben ser compatibles con la protección y conservación de los manglares, y deben establecerse estrategias que permitan que este ecosistema mantenga su composición, estructura y función, para brindar los insustituibles servicios ambientales que presta.



FIGURA 1.10 Obtención de carbón a partir de madera de mangle, Alvarado, Veracruz.

FOTO: ADVL/SPR-CONABIO

1.3 Presiones y amenazas

Las actividades humanas constituyen la principal amenaza para los manglares. La destrucción del hábitat, la contaminación y la sobreexplotación de los recursos son las actividades que más impactan. También se incluyen la falta de planificación del desarrollo urbano, industrial y turístico, así como del desarrollo agrícola, ganadero y acuícola, que han desplazado y reducido extensiones considerables de manglares (FIGURA 1.11).

Los desechos sólidos urbanos, contaminantes industriales, pesticidas y fertilizantes agrícolas, derrames de petróleo, etc., así como las modificaciones a las condiciones hidrológicas, han tenido un gran impacto sobre este ecosistema. La sobreexplotación de algunas especies altera sustancialmente su composición, estructura y función.

Otro factor que representa una amenaza es el cambio de uso de suelo al que someten los manglares después de haber sido modificados por fenómenos naturales como huracanes, ya que frecuentemente no se les da el tiempo de recuperación necesario para su restablecimiento.

Distintos estudios a nivel internacional señalan que la recuperación de un manglar que ha sido severamente dañado puede tomar varios años, cuando ello es posible (Loyche y Fortuna 2003, FAO 2007, Duke *et al.* 2007). En algunos casos como en la Península de Yucatán se ha observado que son necesarios al menos cuatro años para que un manglar que ha sido modificado por un huracán muestre señales de recuperación (FIGURA 1.12). La pérdida de los manglares afecta



FIGURA 1.11 Crecimiento urbano sobre los manglares de Pueblo Viejo, Veracruz.

FOTO: JAV/ CONABIO-SEMAR



FIGURA 1.12 Manglar que muestra los efectos posteriores al paso de un huracán aunado a modificaciones hidrológicas por la construcción de infraestructura carretera y hotelera, Quintana Roo.

FOTO: JAV/ CONABIO-SEMAR

significativamente a todas las especies que los utilizan durante su ciclo biológico.

Según la FAO, en 1980 los manglares abarcaban una superficie cercana a los 198 000 km² de las zonas costeras del mundo, para el año 2005 la misma FAO reporta 152 000 km², lo

que significa que en los últimos 20 años se ha perdido el 23% de la superficie mundial (FAO 2007). Con las presiones existentes y si la tendencia continúa, estaríamos destruyendo uno de los ecosistemas representativos del planeta en el presente siglo.

1.4 Estudio de los manglares en México

Los manglares de México han sido materia de investigación por especialistas de varias disciplinas en ecosistemas costeros por más de 30 años. En estas investigaciones han participado biólogos, antropólogos, sociólogos y economistas, abordando también aspectos de la relación de las comunidades rurales, incluidas

las indígenas, con los manglares, identificando usos tradicionales y tareas de conservación (FIGURAS 1.13 y 1.14).

La mayoría de estos especialistas pertenecen a instituciones de investigación en México donde realizan, en algunos casos, proyectos a largo plazo que le han dado continuidad al estudio y

conocimiento de los manglares en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Además, se han llevado a cabo numerosos estudios de caso y documentado experiencias específicas de conservación y restauración para distintos tipos de manglares (ANEXO 1).

Por su parte, distintas organizaciones de la sociedad civil han desarrollado programas de conservación de manglares en el país. A esta tarea se han sumado World Wildlife Fund (WWF), Pronatura, The Nature Conservancy (TNC), Conservation International, Comunidad y Biodiversidad (COBI), Grupo Manglar, Marea Azul, International Fund for Animal Welfare (IFAW), Defenders of Wildlife, entre otras. Estas organizaciones han aportado recursos económicos y esfuerzos institucionales para patrocinar proyectos específicos de con-

servación de manglares en distintas regiones del país. En este esfuerzo no ha faltado el interés por conocer cómo se relaciona el ser humano con la naturaleza, y cómo las comunidades rurales se organizan para conservar y aprovechar sustentablemente los manglares.

El tema de manglares ha estado presente en la agenda del gobierno federal desde hace por lo menos 30 años. Distintas secretarías de estado han destinado recursos económicos para desarrollar estudios de manglares con el fin de fortalecer sus políticas públicas. La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Secretaría de Marina (SEMAR), destacan en dicha tarea. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), la Co-



FIGURA 1.13 Muestreo de estructura vegetal en los manglares de Marismas Nacionales, Nayarit.

FOTO: VMVS/SPR-CONABIO



FIGURA 1.14 Medición de Índice de Área Foliar en los manglares de Laguna de Términos, Campeche.
FOTO: SPR-CONABIO

misión Nacional Forestal (CONAFOR), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), apoyan el estudio y la conservación de los manglares en el marco de sus tareas institucionales.

Con todo lo anterior se ha generado un amplio conocimiento sobre los manglares de México. Sin embargo, dicha información, hasta hace algunos años, se encontraba dispersa, no se había sistematizado, ni puesto a disposición de los especialistas y del público en general.

Desde 2005 la CONABIO, en estrecha colaboración con otras instituciones gubernamentales y especialistas en manglares, ha trabajado en la integración del Sistema de Monitoreo de los Manglares de México (SMMM), usando tanto datos de sensores remotos como datos *in situ*, para apoyar la toma de decisiones sobre conservación y manejo del ecosistema. Mayor información al respecto se puede consultar en:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/manglares.html>

1.5 Directorio de especialistas en manglar y sitios de trabajo

La CONABIO diseñó un directorio en línea de especialistas de manglar en México (<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/directorio.html>), en el cual los interesados se registran voluntariamente y comparten información relativa a sus centros, grupos y sitios de trabajo, proporcionando incluso información resumida relativa a sus trabajos publicados sobre manglares. Este medio ha sido una importante herramienta para el establecimiento de contacto con personas que trabajan en sitios específicos de interés, tanto para instituciones gubernamentales como educativas.

Este directorio cuenta (julio de 2013) con 214 personas inscritas, teniendo representantes de los 17 estados costeros del país; además integra personas del Distrito Federal, Durango, Hidalgo, estado de México, y de países como Belice, Brasil, Cuba y Estados Unidos (ANEXO 1).

Con la información registrada en el directorio podemos reconocer aquellos sitios donde se está trabajando y en cuáles hace falta incrementar los esfuerzos para su conocimiento (FIGURA 1.15) como es el caso de las costas de Michoacán y Guerrero.



Número de estudios por sitio: ○ 1 Estudio ○ 2 Estudios ○ 3 Estudios ○ 4 Estudios ○ 5 Estudios

FIGURA 1.15 Distribución de sitios de estudio de acuerdo con la información disponible en el directorio de especialistas en manglar.

1.6 Sitios prioritarios de manglar

La CONABIO organizó dos talleres para identificar sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica a nivel nacional, el 3 y 4 de septiembre de 2007 y el 11 y 12 de septiembre de 2008 (FIGURA 1.16). En ambas reuniones, especialistas en manglar de diferentes instituciones académicas, gubernamentales y no gubernamentales del país identificaron sitios prioritarios de manglar con base en criterios cualitativos jerarquizados relacionados con su valor biológico, las amenazas que enfrentan, agentes de destrucción y/o perturbación, los criterios de oportunidad de conservación (por relevancia biológica) y de rehabilitación, además de criterios del sistema de protección actual en México.

En las reuniones antes mencionadas se identificaron 81 sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación

ecológica. En la región del Pacífico norte se identificaron 10 sitios, en el Pacífico centro seis, en el Pacífico sur 13, en el Golfo de México 27 y en la región de Península de Yucatán 25 (ANEXO 2).

Para cada sitio prioritario propuesto por los especialistas se elaboró una ficha de caracterización. Dicha ficha contiene información de ubicación del sitio, características físicas, características socioeconómicas, usos de las especies de manglar, descripción biológica, importancia biológica, características, estructura, impactos y amenazas, procesos de transformación, conservación y manejo de los manglares del sitio.

Estas fichas integradas por CONABIO, con la participación de los especialistas, están a disposición del público en el sitio web:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/sitiosPrioritarios.html>



FIGURA 1.16 Reunión con especialistas en manglar para definir los sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica.

FOTO: MTRZ/SPR-CONABIO

1.7 Los manglares de México en Google Earth

CONABIO colaboró con la empresa Google para visualizar el ecosistema de manglar en forma tridimensional, proporcionándole datos del mapa de manglares de México 2005, así como datos estructurales de las especies de manglar, como densidad, altura, diámetro, entre otros. Con esta información Google hizo un proyecto piloto a nivel mundial para visualizar el ecosistema en forma pseudo-realista en 3D en su sistema de Google Earth (FIGURA 1.17).

Dentro de este contexto, Google Earth y la CONABIO desarrollaron un video, enfocado a las áreas naturales protegidas La Encrucijada en Chiapas y Laguna de Términos en Campeche, para mostrar parte de los métodos empleados para desarrollar la cartografía de manglares, además de enfatizar la importancia del ecosistema de manglar mostrando su riqueza de flora y fauna, su distribución entre 1970-

1980 y 2005 y las principales amenazas que enfrenta. Este video se pueden ver en:

<http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares/manglaresGE.html>



FIGURA 1.17 Modelación 3D de algunos sitios de manglar en México en el portal de Google y CONABIO.



FIGURA 1.18 Vista panorámica de los manglares y otros humedales de Sinaloa, México.
(FOTO: JAV/CONABIO-SEMAR)



Parque Natural Petenes, Campeche
FOTO: JAV/CONABIO-SEMAR





Capítulo 2

**EXTENSIÓN Y
DISTRIBUCIÓN**

DE LOS MANGLARES EN MÉXICO





FIGURA 2.1 Regionalización de los manglares de México y zona de estudio.

ESTADOS UNIDOS

GOLFO DE MÉXICO

REGIÓN GOLFO DE MÉXICO

Tamaulipas	p. 82
Veracruz	p. 84
Tabasco	p. 86

REGIÓN PENÍNSULA DE YUCATÁN

Campeche	p. 88
Yucatán	p. 90
Quintana Roo	p. 92

REGIÓN PACÍFICO SUR

Guerrero	p. 76
Oaxaca	p. 78
Chiapas	p. 80

BELICE

GUATEMALA

HONDURAS

EL SALVADOR

NICARAGUA

En 2005 la CONABIO inició diversas acciones para conocer con mayor precisión la distribución de los manglares en México, usando datos de sensores remotos como línea base para con-

formar el componente espacial del sistema de monitoreo de este ecosistema. En los siguientes apartados se exponen las principales herramientas aplicadas y los resultados obtenidos.

2.1 Regionalización

Para fines de este trabajo, se retomaron las regiones que los especialistas en manglar de México propusieron para el estudio de este ecosistema, las cuales son: Pacífico Norte (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit),

Pacífico Centro (Jalisco, Colima y Michoacán), Pacífico Sur (Guerrero, Oaxaca y Chiapas), Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz y Tabasco) y Península de Yucatán (Campeche, Yucatán y Quintana Roo) (FIGURA 2.1).

2.2 Distribución de los manglares y otras coberturas en 2005

El mapa de distribución de manglares de México (2005) fue generado a través de 134 imágenes multiespectrales del satélite SPOT-5 (Satellite Pour l'Observation de la Terre) y dos escenas del satélite Landsat-7 ETM (Enhanced Thematic Mapper). Las imágenes SPOT fueron proporcionadas por la Secretaría de Marina (SEMAR), Estación de Recepción México de la Constelación SPOT (ERMEXS). Las imágenes Landsat-7 fueron obtenidas del Global Land Cover Facility de la Universidad de Maryland. Estas últimas escenas fueron utilizadas para cubrir sólo el 0.1% del total de manglar del cual no hubo cobertura con imágenes SPOT, principalmente por la presencia de nubes. El 82% de las imágenes SPOT fueron tomadas entre

los años 2005 y 2006, el resto eran del periodo 2003-2007.

A estas imágenes satelitales se les aplicó un proceso de georreferenciación, tomando como base las ortofotos digitales del INEGI, y se corrigieron radiométricamente. Debido a la confusión por la similitud de los valores de reflectancia que se presentan en las imágenes de satélite entre los manglares y otros tipos de vegetación (principalmente otros humedales), los datos de las imágenes se seleccionaron aplicando lo que en percepción remota recibe el nombre de máscara, esto quiere decir que solamente se analizaron las porciones de las imágenes con alta probabilidad de presentar cobertura de manglar. La máscara se hizo con

base en el Modelo Digital de Terreno (MDT) del INEGI, para eliminar las áreas con altitud mayor a 50 m, considerando que los manglares se distribuyen en zonas costeras planas.

Posteriormente, las imágenes satelitales se analizaron con el programa Erdas 9.1, para identificar las áreas correspondientes a manglar. Se aplicaron clasificaciones no supervisadas, usando el algoritmo iterativo “isodata” (Leyca Geosystems GIS & Mapping 2003). Las clasifi-

ciones generadas se revisaron visualmente con detalle para identificar confusiones espectrales del manglar con otros tipos de coberturas, con el fin de mejorar la delimitación de la clase de interés. Cabe señalar que incluso dentro de la misma cobertura de manglar se pueden observar distintos comportamientos en la respuesta espectral expresada en la imagen (FIGURA 2.2).

Una vez concluido el proceso de clasificación, la información obtenida fue transformada

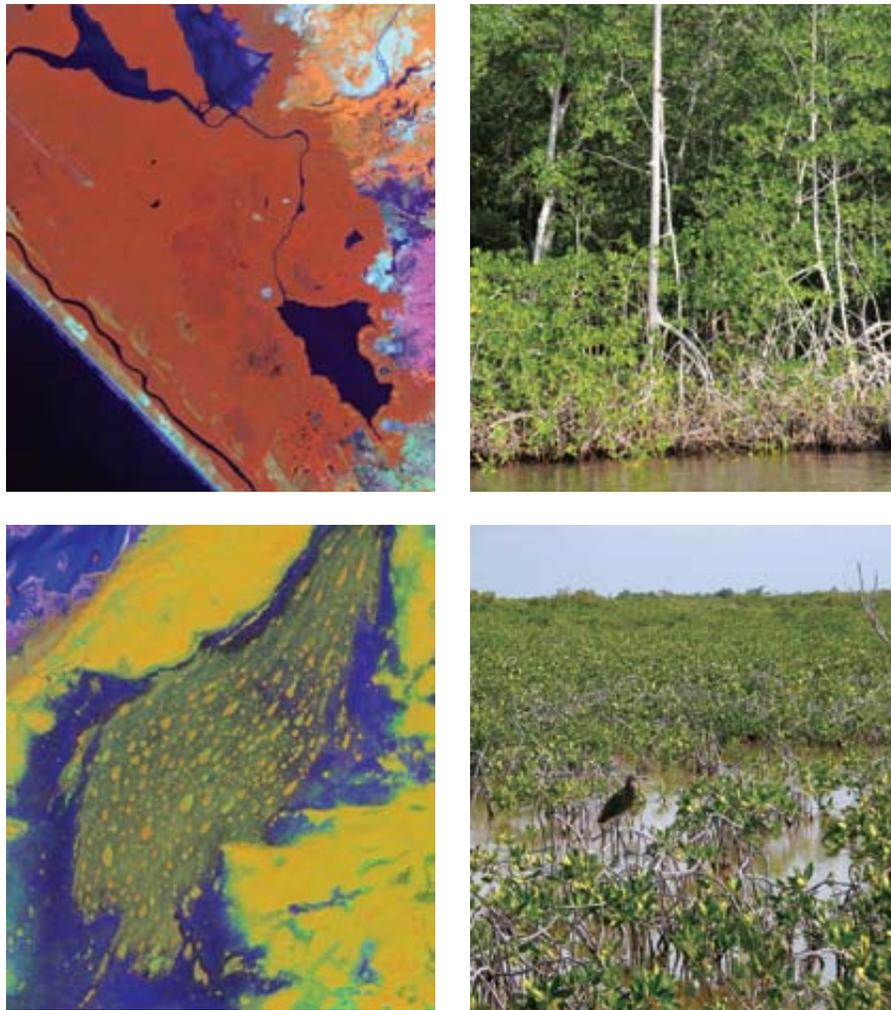


FIGURA 2.2 Diferencias en la fisonomía y su efecto en la respuesta espectral de manglares con presencia de la misma especie (*Rhizophora mangle*). Arriba: manglares (áreas rojas) de La Encrucijada, Chiapas (altura aproximada 30 m). Abajo: manglares (áreas morado-verdosas) de Sian Ka'an, Quintana Roo (altura aproximada 1.5 m).

IMÁGENES: SPOT/SPOT IMAGE, FOTOS TOMADAS POR CTS/SPR-CONABIO (ARRIBA) Y MTRZ/SPR-CONABIO (ABAJO).

a formato vector, donde se realizó una agregación de los parches de manglar, para disminuir el efecto de sal y pimienta, considerando la escala mínima cartografiada (una hectárea) para generar la cartografía a escala 1:50 000.

Evaluación de exactitud del mapa

El mapa de distribución de manglares de México de 2005 cuenta con una validación estadística. En cada una de las cinco regiones se aplicó un muestreo sistemático, estratificado en transectos, tomando en cuenta la distribución del manglar y áreas circundantes de 200 m, para reconocer los otros tipos de cobertura aledañas al manglar.

Las líneas de vuelo (transectos) para la toma de registros se realizaron en forma de zigzag y paralelos a la línea de costa, dependiendo de la conformación de la cobertura de manglar. El muestreo consistió en la localización geográfica de los puntos de validación para obtener evidencias fotográficas para la posterior revisión de su correspondencia con el mapa.

El proceso de obtención del material fotográfico de los puntos de muestreo se realizó mediante recorridos a través de vuelos bajos en helicópteros de la SEMAR del 30 de junio al 16 de agosto de 2008. En cada uno de los vuelos participó un especialista de manglares de la región. Se tomaron alrededor de 34 000 fotografías aéreas panorámicas (oblicuas) con coordenadas geográficas de referencia y 69 000 fotografías aéreas verticales con coordenadas aproximadas del punto central, obtenidas a través de un GPS (Global Positioning System) conectado a la cámara fotográfica, ambos tipos de fotografías de alta resolución.

La toma de las fotografías verticales se realizó mediante un dispositivo colocado en el pedal del helicóptero (FIGURA 2.3), la cámara fue programada a través de un disparador automático cada tres a cinco segundos, dependiendo de la velocidad del helicóptero. Se generaron fotografías aéreas con un traslape aproximado del 30 a 40%, para poder visualizarlas en tercera



FIGURA 2.3 Colocación de los dispositivos para la toma de fotografías aéreas con helicópteros de la SEMAR.

FOTOS: JAV/CONABIO-SEMAR

dimensión, es decir formar pares estereoscópicos, y analizar con detalle varios aspectos ecológicos de este ecosistema en estudios posteriores que pueden ser abordados por instituciones interesadas.

Los especialistas de cada región que participaron en los vuelos se responsabilizaron de validar el 10% de los datos de campo mediante una selección sistemática de las fotografías verticales. Se caracterizaron 5 300 registros puntuales de la presencia-ausencia de manglares y su tipo de cobertura de acuerdo con la superposición del mapa de distribución de manglar y las imágenes SPOT y complementados con el conocimiento y experiencia de los especialistas.

Con esa información de la validación externa y realizando un protocolo de análisis estadístico, se calculó la exactitud global del mapa así como su nivel de confiabilidad.

A partir de los resultados de la validación se puede concluir que el protocolo para la generación del mapa de manglares de México fue altamente eficiente en identificar las áreas de su

distribución ya que el mapa tiene una exactitud global de 93%.

El diagrama de flujo con los procesos más relevantes del método empleado para la obtención del mapa de distribución de manglares de 2005, descrito en las secciones anteriores se muestra en la (FIGURA 2.4).

Superficie de manglares para 2005

A partir de los procesos ya mencionados se obtuvo el mapa de distribución de los manglares de México del año 2005, a nivel nacional y con escala 1:50 000. No obstante, a partir de un proceso de retroalimentación con diversos especialistas regionales de manglar, de la obtención de mejores imágenes para algunas áreas con incertidumbre, además del mismo proceso de actualización del mapa para 2010, se realizaron algunas modificaciones al primer mapa publicado.

De acuerdo con lo anterior, la superficie de manglares en México para el 2005 se estimó en

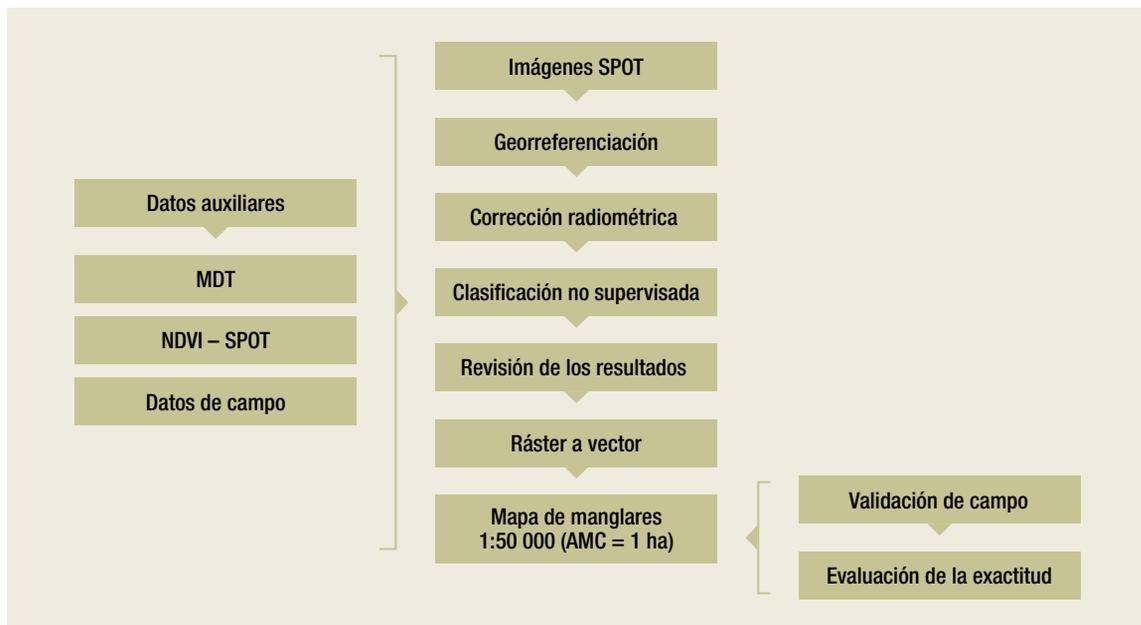


FIGURA 2.4 Diagrama de flujo de los principales pasos del proceso para la obtención del mapa de distribución de manglares de 2005. (AMC=Área Mínima Cartografiada, MDT=Modelo Digital de Terreno, NDVI=Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).

774 090 hectáreas, cifra que varía en 0.5% con relación a la primera cifra reportada (770 057 ha) (CONABIO 2009b). En el CUADRO 4.1 del CAPÍTULO IV, se muestra la superficie registrada para ese año para cada uno de los 17 estados con litoral.

De acuerdo con el mapa 2005, la Región Península de Yucatán es la que mayor superficie de manglares reportó con el 54.4% (421 573 ha) de la extensión total de manglares en todo México.

A nivel estatal, Campeche reportó la mayor superficie de manglar del país (25.8%), seguido por Quintana Roo (16.8%), Yucatán (11.8%), Sinaloa (10.2%) y Nayarit (9%). Los estados con menor cobertura fueron Michoacán (0.2%), Jalisco (0.3%) y Baja California (0.004%).

Las diferencias en las estadísticas obtenidas sobre la superficie de manglares con otros estudios pueden deberse a la utilización de diferentes insumos, métodos y escalas cartográficas.

Clasificación de otras coberturas

Con el propósito de reconocer los principales agentes que intervienen en la transformación de los manglares, así como el uso y otros tipos de cobertura que rodean al manglar, se realizó la clasificación de las coberturas terrestres circundantes, a partir del mapa de distribución de los manglares de México de 2005. Se utilizaron las mismas imágenes SPOT que se emplearon para generar el mapa de manglares. La delimitación del área de estudio obedeció a los siguientes criterios aplicados de forma jerárquica:

- Cinco kilómetros de buffer con relación a la distribución de los manglares en el año 2005 (CONABIO 2008).
- Sitios de manglar de relevancia biológica y de rehabilitación ecológica (CONABIO 2009a).
- Área Natural Protegida (CONANP 2008a).
- Sitios Ramsar (CONANP 2008b).
- Modelo Digital de Terreno (MDT) (CONABIO 2005).
- Cobertura de manglar INEGI (Serie I).

Las poligonales de las Áreas Naturales Protegidas federales (ANP) se utilizaron porque pueden ser consideradas como una unidad administrativa de análisis de paisaje, en la que se ejecutan diversos proyectos de manejo y conservación de recursos naturales. Las áreas protegidas fueron incluidas en el análisis siempre y cuando el manglar estuviera presente en al menos el 80% del ANP. Con este mismo criterio también se incluyeron los sitios Ramsar. El modelo digital de terreno se utilizó para eliminar zonas montañosas y finalmente también se incluyó la delimitación de la zona de estudio por la distribución de manglares “históricos” en la cartografía elaborada por el INEGI en la Serie I (INEGI 1999).

Para la generación del mapa de uso del suelo y vegetación del 2005, de las zonas de manglar y coberturas aledañas, se utilizó el sistema de clasificación que se muestra en el CUADRO 2.1. La definición de las clases se derivó de una revisión bibliográfica sobre sistemas de clasificación en zonas costeras y de otras bases de datos cartográficas de uso del suelo y tipos de vegetación disponibles a nivel nacional (INE 1997, INEGI 2005, Guerra y Ochoa 2006).

La delimitación de la clase “manglar perturbado” es de especial interés ya que es una categoría que explica una buena parte de la dinámica, en términos de la superficie del manglar. El monitoreo de estas áreas resulta relevante para prevenir cambios de uso de suelo, ya que en algunos casos, estas áreas requieren incluso años para dar indicios de su recuperación.

Los métodos de clasificación para la generación del mapa de coberturas circundantes al manglar, fueron similares a los empleados para la obtención del mapa de distribución de manglares de 2005, los cuales han sido descritos anteriormente.

La revisión de estos resultados se hizo para cada una de las clases representadas en el mapa, utilizando el acervo obtenido durante los vuelos realizados con SEMAR en el proceso de validación del mapa de distribución de manglares de 2005, usando fotografías dife-

CUADRO 2.1 Sistema de clasificación utilizado

ID	Clase	Descripción
1	Desarrollo antrópico	Incluye poblados, estanques acuícolas, granjas camarонерas, salineras, caminos y carreteras, así como obras de infraestructura hidráulica como canales.
2	Agrícola-Pecuaria	Incluye las tierras utilizadas para agricultura de temporal, riego y los pastizales dedicados a la actividad pecuaria. Esta categoría corresponde a coberturas antrópicas destinadas a la producción de alimento, así como los monocultivos perennes arbolados propios de cada región, y otros agroecosistemas. Incluye áreas agrícolas en descanso.
3	Otra vegetación	Incluye la vegetación arbustiva y arbórea de selvas bajas perennifolias y subperennifolias inundables y selva mediana subperennifolia inundable, diferentes tipos de vegetación secundaria arbórea y arbustiva y la vegetación secundaria herbácea.
4	Sin vegetación	Incluye las áreas sin vegetación aparente y con erosión, dunas costeras de arena y playas.
5	Manglar	Incluye humedales arbustivos y arbóreos conformados por una o más especies de mangle: mangle blanco, mangle rojo, mangle prieto y mangle botoncillo.
6	Manglar perturbado	Incluye parches de árboles y/o arbustos de manglar muerto o en regeneración, generados por fenómenos naturales o por la construcción de infraestructura hidráulica, carreteras o caminos.
7	Otros humedales	Incluye la vegetación hidrófita de Popal-Tular-Carrizal, además de pastizales inundables, vegetación hidrófita o halófila con individuos de mangle dispersos o en pequeños islotes y los terrenos salinos costeros con poca cubierta vegetal.
8	Cuerpos de agua	En océanos, bahías, esteros, lagunas, ríos, presas, cenotes, aguadas.
9	Otros	Cobertura de nubes y la sombra derivada de las mismas.

rentes a las empleadas en el proceso de validación del mapa de manglares. Además, para la verificación y corrección de los resultados de la clasificación de las imágenes de satélite se usaron otras bases de datos cartográficos de uso del suelo y tipos de vegetación como fuentes de información de apoyo (Series I, II y III de INEGI, INF 2000, entre otras).

Posteriormente, con las clasificaciones independientes de cada imagen, se generaron mosaicos para obtener los mapas de uso del suelo y vegetación del área de estudio de cada uno de los estados. La clase “manglar” fue extraída del mapa de distribución de los manglares de México 2005 (versión mejorada) y utilizada como máscara en las clasificaciones de cada sitio.

En un sentido estricto ninguna clasificación puede considerarse completa hasta que su grado de exactitud es evaluado, es decir, hasta establecer el grado de concordancia entre las clases asignadas en el mapa y su ubicación espacial correcta sobre la superficie de la Tierra. La exactitud de los mapas estatales resultantes fue evaluada individualmente de acuerdo con una matriz de error, que es el instrumento más empleado para conocer la exactitud de una clasificación. Los datos de referencia fueron las fotografías aéreas obtenidas durante el proceso de validación del mapa de distribución de manglares de México de 2005.

La evaluación de la exactitud del mapa de uso del suelo y vegetación del 2005 de los estados de la República Mexicana con presencia de manglar, se obtuvo a partir de la evaluación de 10 340 puntos de verificación obtenidos tanto de fotografías aéreas digitales de alta re-

solución, así como de puntos de verificación de las otras instituciones. La exactitud global del mapa de uso del suelo y vegetación para el 2005 de la zona de estudio resultó en 77%.

Al analizar los resultados, la clase “manglar” presenta confusión en su identificación, principalmente con la clase “otros humedales” y en segundo lugar con la clase “otra vegetación”. Estas confusiones pueden deberse a la diferente composición y complejidad del paisaje en cada una de las regiones del país. Por ejemplo en Quintana Roo y la zona norte del país (Baja California y Sonora), existen dificultades para diferenciar el manglar arbustivo de otras zonas de humedales.

Actualmente, se han producido mapas de uso del suelo y vegetación de 2005 para cada una de las 17 entidades federativas mexicanas en las que se distribuye el ecosistema de manglar.

2.3 Distribución de los manglares y otras coberturas en 1970-1980

El mapa de distribución de los manglares y coberturas que rodean al manglar de la década de 1970-1980 (misma delimitación de la zona de estudio que para el mapa 2005) se generó a través del método interdependiente en retrospectiva (FAO 1996), que entre otras ventajas minimiza el efecto de la utilización de diferentes fuentes de información básica, utilizando como mapas temáticos base los de uso del suelo y vegetación derivados de las imágenes SPOT de 2005.

Para generar estos mapas se utilizaron 1 505 fotografías aéreas históricas principalmente del INEGI y de otras instituciones como la Fundación ICA, así como 46 imágenes de los satélites Landsat TM (Thematic Mapper) y Landsat MSS (Multi Spectral Scanner). Estas imágenes ocuparon el 17% del área que no pudo ser cubierta con fotografías aéreas. Las imágenes satelitales se obtuvieron de la base de datos de CONABIO o fueron descargadas desde el portal *Global Land Cover Facility* de la Universidad de Maryland.

Tanto las fotografías aéreas como las imágenes satelitales pasaron por un proceso de rectificación geométrica tomando como base las ortofotos digitales de la década de 1990 producidas por el INEGI. En la medida de lo posible se trabajó sólo con la parte central de las fotografías, que presenta menos deformaciones.

El método interdependiente en retrospectiva utilizado en la interpretación de las fotografías aéreas y de las imágenes satelitales consistió en sobreponer y reclasificar una copia de los mapas de uso del suelo y vegetación estatales de 2005 en formato ráster sobre las fotografías aéreas. Posteriormente se llevó a cabo una revisión detallada de todas las coberturas con el fin de identificar mejor las áreas que necesitaban ser reclasificadas, de acuerdo con lo que se observaba en las fotografías aéreas.

A partir de la revisión de las fotografías históricas e identificación de los cambios, en cualquiera de las clases, se procedió a recodificar

las áreas correspondientes (FIGURA 2.5). Este procedimiento permitió la modificación de cada una de las clases identificadas en el mapa de 2005, resultando en la generación de los mapas estatales de la década de 1970-1980 y por consiguiente el mapa nacional.

En la obtención de los mapas de los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tamaulipas y Veracruz, participó personal del INEGI. Para disminuir las diferencias en los resultados por los métodos empleados, se desarrollaron protocolos documentados que fueron seguidos por el per-

sonal del INEGI y la CONABIO, manteniendo una comunicación continua durante todo el trabajo.

Superficie de manglares para la década 1970-1980 y otras coberturas

La superficie estimada de manglar para México en el periodo 1970-1980, a partir del proceso descrito, fue de 856 308 hectáreas, a la escala cartográfica de 1:50 000. El ecosistema de manglar se registró en los 17 estados de la república con litoral (ver CUADRO 4.1 del CAPÍTULO IV).

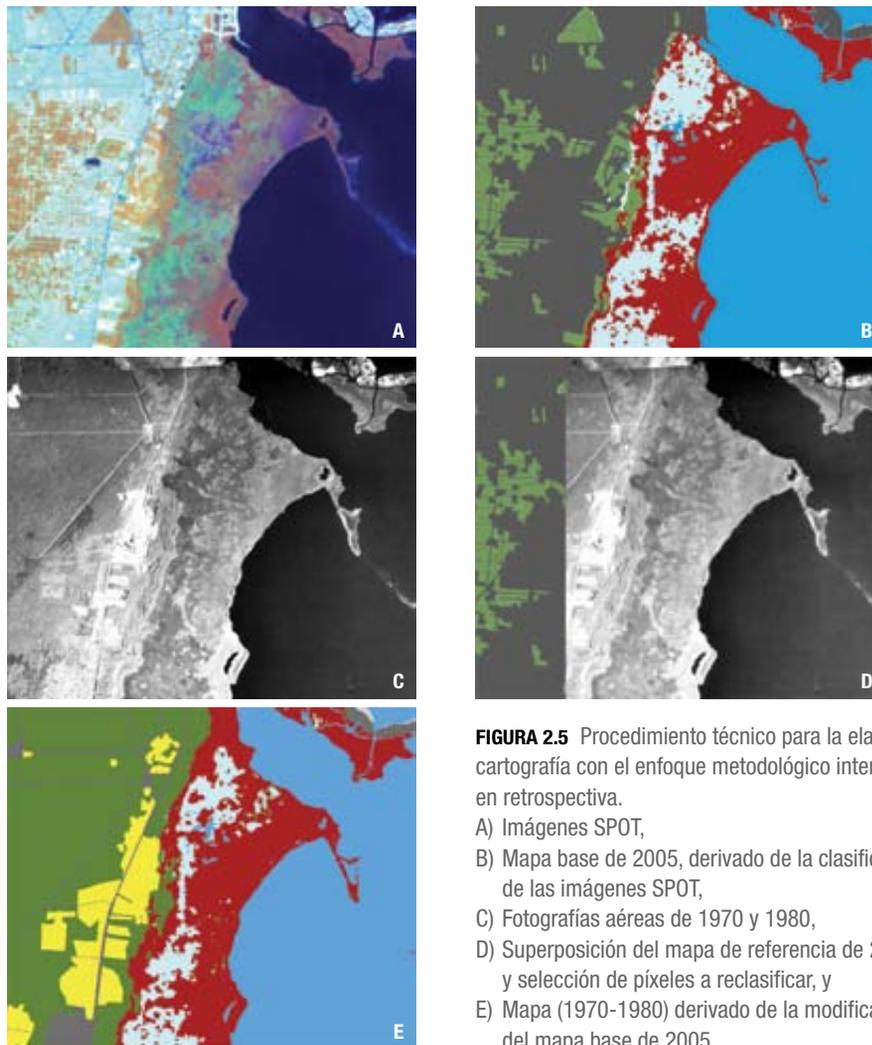


FIGURA 2.5 Procedimiento técnico para la elaboración de cartografía con el enfoque metodológico interdependiente en retrospectiva.

- A) Imágenes SPOT,
- B) Mapa base de 2005, derivado de la clasificación de las imágenes SPOT,
- C) Fotografías aéreas de 1970 y 1980,
- D) Superposición del mapa de referencia de 2005 y selección de píxeles a reclasificar, y
- E) Mapa (1970-1980) derivado de la modificación del mapa base de 2005.

La Región Península de Yucatán fue la que más superficie de manglares reportó con el 53% (453 635 ha) de la extensión total de manglares en todo México.

La distribución de la superficie de manglar en la década 1970-1980 difiere en alrededor del 10% respecto a la identificada en 2005. A nivel estatal, Campeche es el que poseía la mayor superficie de manglar del país (25.3%), seguido por Quintana Roo (16.1%), Yucatán (11.5%),

Sinaloa (9.6%) y Nayarit (9.1%). Los estados con menor cobertura fueron Michoacán (0.2%), Jalisco (0.9%) y Baja California (0.004%).

Se han elaborado mapas de uso del suelo y vegetación de la década de 1970-1980 para cada uno de los 17 estados donde se distribuye el ecosistema de manglar. Sin embargo, en este caso no fue posible realizar un proceso de validación de la cartografía, porque no se contó con la información necesaria para ello.

2.4 Detección de los procesos de cambio en los manglares (1970-1980 y 2005)

Los mapas temáticos resultantes para 1970-1980 y 2005 se sobrepusieron para generar matrices de cambios. Cada matriz contiene información del cambio de una clase a otra y su arreglo posibilita el cálculo del cambio en conjunto y por clases en los mapas que fueron evaluados.

Para generar los mapas de la década 1970-1980 se utilizaron, para cada estado, fotos e imágenes Landsat de diferentes años, haciendo que en algunos casos la variabilidad de fechas fuera muy alta (ver CUADRO 4.1 del CAPÍTULO IV). Por esta razón, las tasas que se reportan fueron ponderadas respecto a la superficie cubierta por cada una de las fechas de los insumos empleados para cada estado.

Con los datos de cobertura inicial y final de cada clase fue posible establecer la tasa de cambio (r) de cada una de las coberturas con la fórmula propuesta por Puyravaud (2003). Los resultados positivos de la tasa de cambio indican una ganancia en la cobertura mientras que, por el contrario, los valores negativos representan pérdidas (ver CUADRO 4.1 del CAPÍTULO IV).

En general, las tasas de cambio de menor magnitud que indicaron pérdidas de manglar se registraron para los estados del Golfo de México, incluso dos de ellos (Tamaulipas y Tabasco) no registraron pérdidas sino ganancias. En tanto que, en los estados del Pacífico las ta-

sas de cambio que indicaron pérdidas de manglar fueron mayores. La mayor tasa de pérdida se registró en Jalisco (-3.94%). Sólo el estado de Sonora registró alguna ganancia de manglar (ver CUADRO 4.1 del CAPÍTULO IV).

Las mayores pérdidas de manglar por año, en relación con su tasa de cambio, se registraron para los estados de Jalisco, Guerrero y Colima, por lo que es prioritario impulsar medidas de protección y rehabilitación en los manglares de estos estados. Además de que por sus características particulares, inherentes principalmente a la topografía, son los estados que reportan menos del 2% de la superficie de manglares del país. Si bien esta afirmación se relaciona básicamente con las tasas de cambio, es importante también considerar aquellos estados que han perdido grandes superficies de manglar como Campeche, Quintana Roo, Nayarit y Oaxaca (FIGURA 2.6).

A la escala de trabajo empleada en este proyecto (1:50 000) es muy probable que no se hayan detectado cambios en superficies menores a una hectárea, por ejemplo, el resultado obtenido para Baja California en el que no se detectó cambio en la cobertura de manglar. Sin embargo, debido a la poca extensión de área, no hubo datos de campo suficientes para contar con la representatividad requerida para hacer un análisis de validación.



FIGURA 2.6 Muestra el proceso de cambio de uso de suelo en los manglares de Cancún, Quintana Roo.
FOTO: JAV/CONABIO-SEMAR

2.5 Distribución de los manglares de México en 2010

El mapa de distribución de los manglares 2010 también fue generado mediante el método interdependiente, utilizando como línea base una copia de los mapas ráster estatales de la cobertura de manglar derivados de las imágenes SPOT de 2005. Dicho proceso se realizó mediante el uso de 174 imágenes del satélite SPOT, del periodo 2009-2011, de las cuales el 57% corresponden al año 2010, y el resto pueden corresponder a los últimos tres meses de 2009 o primeros tres de 2011; aunque una de ellas sólo se tuvo disponible para 2008. Dichas imágenes fueron rectificadas geoméricamente tomando como base las ortofotos digitales de la década de 1990 producidas por el INEGI.

También se usaron fotografías aéreas tomadas entre 2008 y 2012 para verificar algunas zonas del mapa de 2010, en las cuales se tenía incertidumbre en la asignación de la clase. Dichas fotografías fueron proporcionadas por la PROFEPA en el marco de un convenio de colaboración entre ambas instituciones.

La aplicación del método interdependiente (actualización) consistió en una revisión detallada por separado de cada una de las imágenes en el área de distribución de los manglares de 2005. Ahí se marcaron los cambios detectados tanto de disminución de la cobertura de manglar como en áreas de expansión del ecosistema. La modificación de las áreas se realizó

mediante el empleo de algunas herramientas del programa ERDAS (AOI -Area of interest- y Region growing). A partir de este proceso se generaron los mapas estatales de la distribución de manglares de 2010.

La exactitud del mapa se evaluó mediante aproximadamente 5 300 fotografías aéreas, las cuales también fueron empleadas en la evaluación de la exactitud del mapa de manglares de 2005. Este material es igual de útil para las dos fechas, ya que tiene aproximadamente el mismo desfase temporal, el año de toma es 2008, además de ser el mejor material disponible.

A partir de este proceso se obtuvo la cartografía de la superficie de manglar para el año 2010 a nivel nacional a una escala de 1:50 000, y la cuantificación de la superficie estatal cubierta por este ecosistema. La superficie de manglar estimada en México para el 2010 fue de 764 486 hectáreas con una exactitud global del 95%.

El ecosistema de manglar sigue presente en los 17 estados de la República con litoral (ver CUADRO 4.1 del CAPÍTULO IV). La Región Península de Yucatán es la que más superficie de manglares alberga con el 54.5% (417 025 ha) de la extensión total de manglares en todo México.

A nivel estatal, Campeche sigue encabezando la lista en cuanto a superficie de manglar se refiere (25.8%), seguido por Quintana Roo (16.7%), Yucatán (11.9%), Sinaloa (10.1%) y Nayarit (8.7%). Los estados con menor cobertura fueron Baja California (0.004%), Michoacán (0.2%) y Jalisco (0.3%).

Para obtener mayor información sobre los métodos y resultados hasta aquí presentados se puede consultar Rodríguez-Zúñiga *et al.* 2012, que se encuentra disponible en la siguiente liga:

<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGQ004.pdf>

2.6 Extensión relativa de manglar en la línea de costa

El porcentaje de línea de costa con presencia de manglar se define como el porcentaje de líneas perpendiculares de 5 km de longitud, con dirección al continente, espaciadas a cada 50 m y trazadas a partir de la línea de costa dada por el INEGI (2006) para cada estado que intersectan con algún parche de manglar (FIGURA 2.7). Las fechas consideradas para este análisis fueron 1970-1980, 2005 y 2010.

En la definición de línea de costa no se consideran los cambios puntuales dados por procesos geomorfológicos e hidrológicos a lo largo de las fechas, por lo que dicha línea permanece constante. Para fines de la estimación, al tomar en cuenta un área buffer de 5 km hacia el continente, se considera que los cambios debidos a estos procesos no afectan de forma determinante esta medición.

Los estados de la Región Pacífico Norte poseen los menores porcentajes de presencia de manglar sobre su línea de costa, destacando

Baja California con sólo un 0.3%. Por otra parte, los estados de la Península de Yucatán presentan manglar en más del 70% de su longitud, pero con disminuciones sostenidas a lo largo de las tres fechas de estudio, a excepción de Campeche, que se mantiene igual entre 2005 y 2010.

Se destaca que dos estados, Chiapas y Yucatán, han mantenido más del 90% de su línea de costa con presencia de parches de manglar, aunque en Yucatán se registra una tendencia a la baja, reduciéndose en 1.6% desde la década de 1970-1980.

El estado de Jalisco destaca por una fuerte disminución de extensión relativa de manglar en la línea de costa (-16.9%) entre la década 1970-1980 y 2005 al igual que Colima (-6.4%), ambos en la Región Pacífico Centro. Los estados de Guerrero y Tabasco tienen disminuciones notables (-6.4% y -4.8%), aunque no al mismo nivel que el estado de Jalisco.

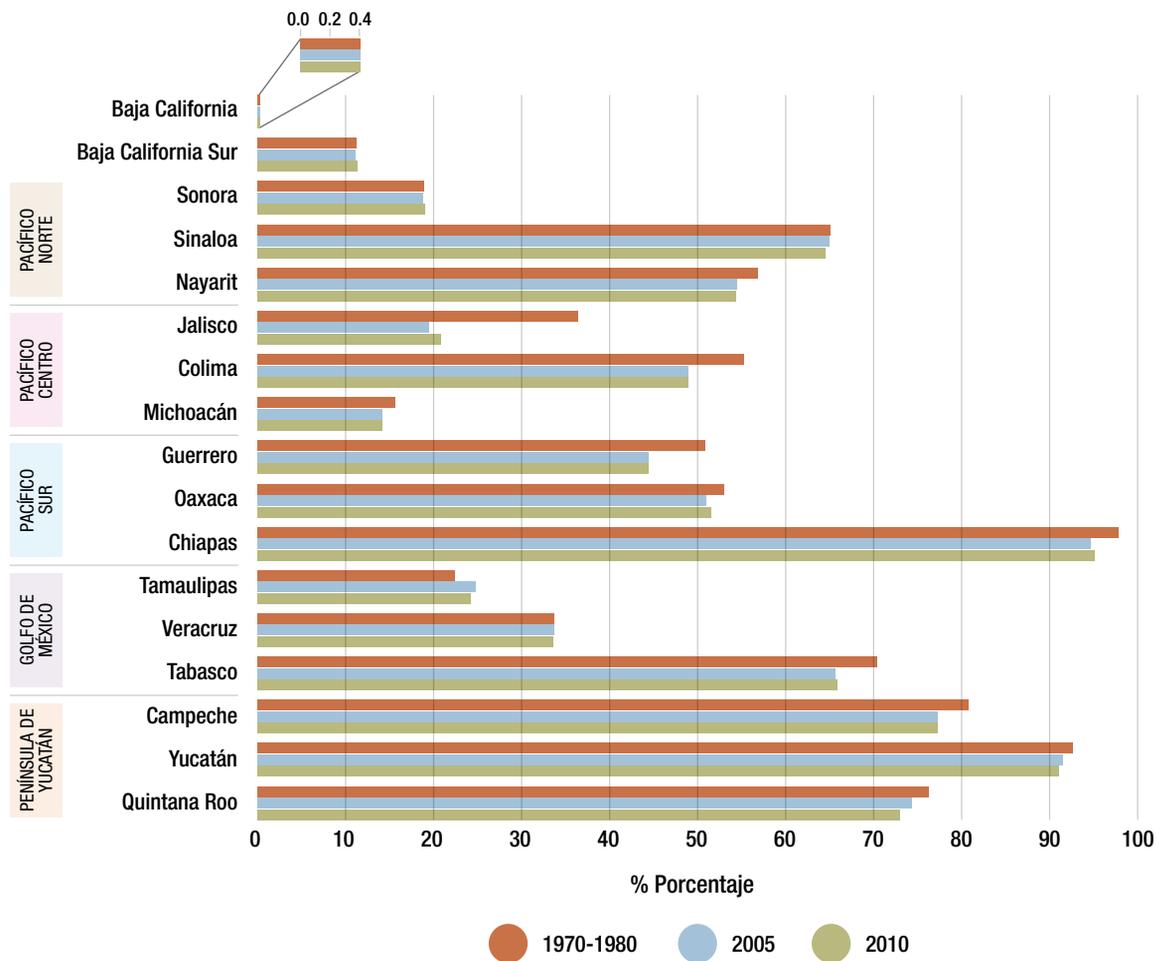


FIGURA 2.7 Porcentaje de línea de costa con presencia de manglar para las tres fechas evaluadas.

Estados como Baja California, Baja California Sur, Sonora y Veracruz, mantienen prácticamente los mismos porcentajes de línea de costa con manglar, variando solo en déci-

mas. Solo el estado de Tamaulipas presenta un patrón de aumento entre la década 1970-1980 y 2005 y una ligera disminución para el 2010 (FIGURA 2.7).

2.7 Nivel de protección

En México, al igual que en el resto del mundo, el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP) constituye una de las principales herramientas de conservación. En nuestro país el sistema de ANP está constituido en los tres niveles de gobierno: federal, estatal y municipal. Un caso especial son las Áreas Destinadas Vo-

luntariamente a la Conservación (ADVC), que pueden ser privadas o sociales y desde 2008 son de competencia federal (DOF 2008).

Por otro lado, México es contratante de la Convención Ramsar desde 1986. Los compromisos que aceptan los contratantes son: designar humedales de importancia internacional,

promover el uso racional de los humedales en su territorio, establecer reservas en humedales así como promover la capacitación en materia de estudio, manejo y custodia de los humedales, y cooperación internacional (Ramsar 1971). Hasta julio de 2013, México tenía designados 139 sitios con 88 331 km² de superficie (Ramsar 2013).

El establecimiento de ANP y la designación de sitios Ramsar contribuyen a la salvaguarda de los ecosistemas de manglar. Sin embargo, en nuestro país, sólo poco más de la mitad de las AP federales y estatales han resultado efectivas en la contención de los procesos de cambio de uso de suelo y vegetación (Sánchez-Cordero *et al.* 2011).

Al realizar un análisis sobre la superficie de manglar que se encuentra bajo el esquema de protección de ANP (federales y estatales), resultó que en el año 2010, del total de la superficie de manglar, el 52% (396 794 ha) se encontraba decretada como ANP a nivel federal, mientras que el 21.5% (164 206 ha) lo estaba bajo el esquema estatal.

Debido a la sobreposición entre áreas federales y estatales, la superficie total de manglar bajo protección (incluyendo ambas modalidades), es de 60% (460 320 ha) para 2010. Esta superficie se ha ido incrementando durante las tres fechas de estudio (FIGURA 2.8).

En el CUADRO 2.2 se observa que bajo el esquema federal, en 2010 el estado de Baja California mantiene el 100% de la superficie de manglar con protección, mientras que los estados de Colima, Michoacán y Guerrero no tienen áreas de manglar incluidas en este esquema. Campeche ha mantenido el 89% de superficie protegida que tenía en 2005, para el 2010. A partir del decreto de la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales en Nayarit en 2010, este estado se convierte en el tercero con mayor superficie protegida (83%).

En cuanto al nivel estatal, el mismo CUADRO 2.2 muestra que los estados con el mayor porcentaje de manglares en áreas protegidas estatales son Chiapas (67%), Yucatán (47.5%) y Campeche (35%). En los estados de Tabasco, Tamaulipas, Colima, Baja California, Baja California Sur, Na-

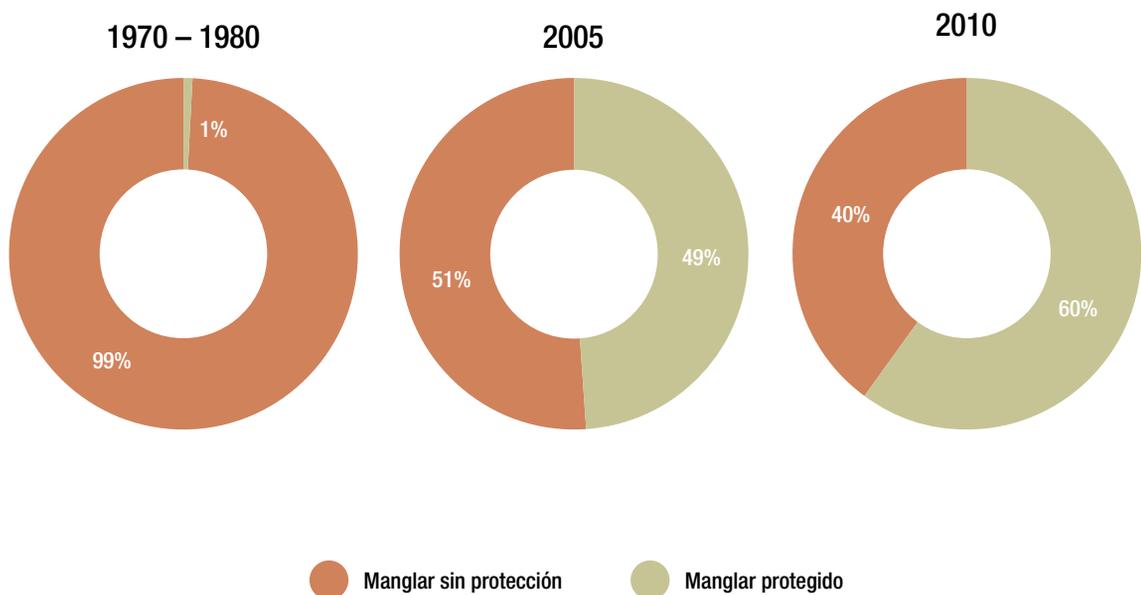


FIGURA 2.8 Porcentaje de superficie de manglar protegido a nivel nacional bajo el esquema de ANP (estatal o federal), en las tres fechas de estudio.



FIGURA 2.9 Caseta de control Pulticub de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, en la cual una parte importante de su cobertura es manglar.

FOTO: MTRZ/SPR-CONABIO

Yarit, Guerrero y Oaxaca no hay áreas decretadas bajo protección estatal con presencia de manglar.

Los estados con mayor proporción (cobertura) de manglar protegido, considerando los dos esquemas de protección (federal y estatal) son Baja California (100%), Campeche (89%), Nayarit (83%), Quintana Roo (78%) (FIGURA 2.9) y Yucatán (79%). En el 2005, los mayores porcentajes se presentaron en los estados de Baja California (100%), Campeche (90.5%), Quintana Roo (76.5%), Chiapas (69%) y Yucatán (54%). En la década 1970-1980 los únicos estados con algún nivel de protección bajo este mismo esquema fueron Baja California (100%), Sinaloa (10%), Oaxaca (8%) y Baja California Sur (0.7%).

Los estados de Colima y Guerrero carecen de áreas protegidas en manglares tanto en el esquema federal como estatal (FIGURA 2.10 y CUADRO 2.2).

Al realizar un análisis sobre la superficie de manglar que se encuentra establecida como sitio Ramsar con el mapa de manglares 2010, se encontró que 56 sitios coinciden con zonas de manglar. La superficie de manglar en estos sitios es de 522 397 ha que representan el 68% de la superficie total de cobertura de manglar en México. En 2005, esta superficie era de 485 087 ha (62%), mientras que en la década de 1970-1980 no había superficie de manglar protegida bajo este esquema.

Estos análisis se realizaron mediante el cruce de la información disponible con la cobertura de manglar 2010 en un sistema de información geográfica (SIG). Dicha información fue generada a partir de fuentes a diferen-

tes escalas cartográficas, de manera que estos resultados muestran una aproximación sobre el estatus de conservación de la superficie de manglar bajo los esquemas analizados e invitan a un análisis más detallado sobre el tema.

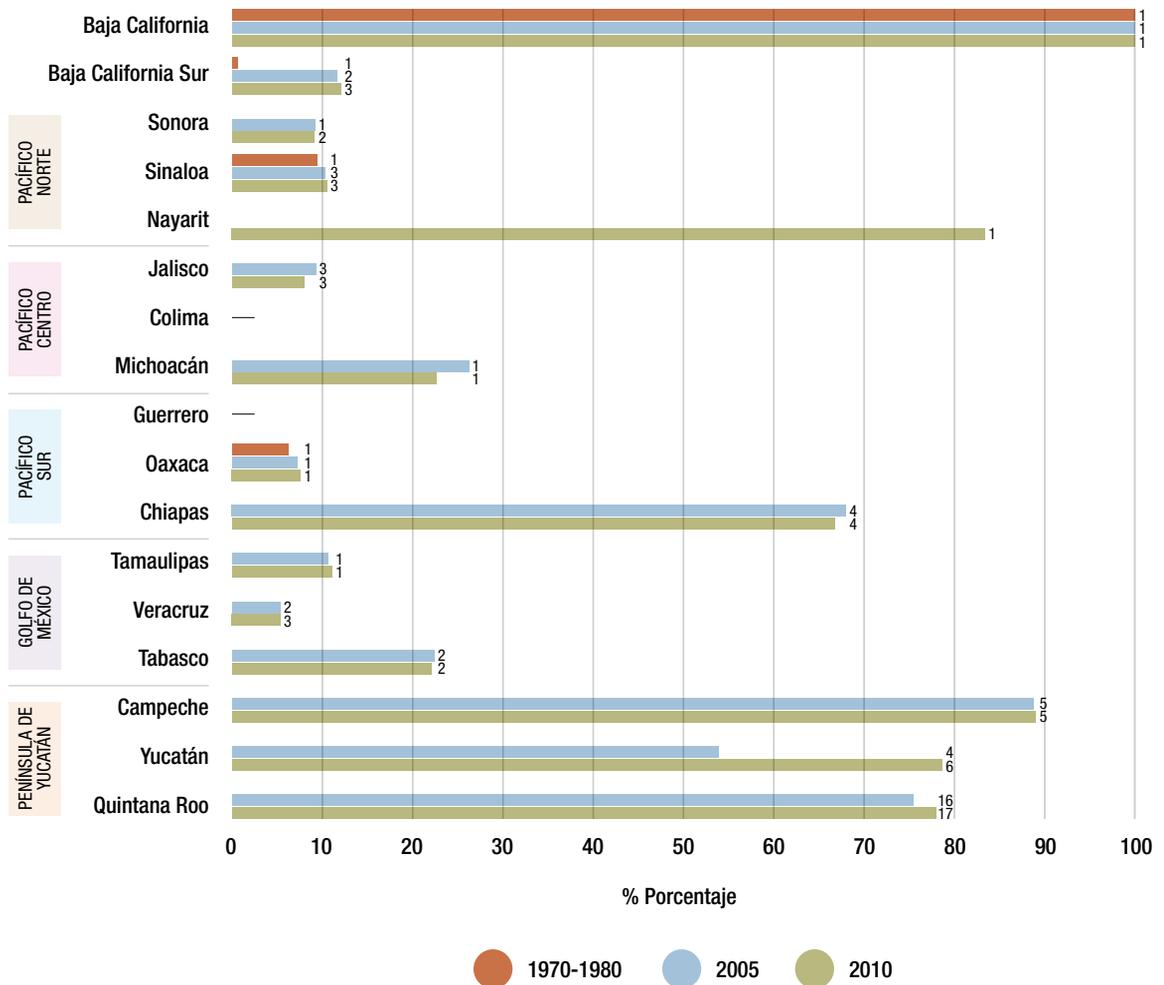


FIGURA 2.10 Porcentaje de superficie de manglar protegido bajo el esquema de ANP (federal o estatal), en las tres fechas de estudio. El número al lado derecho de la barra indica el número de áreas protegidas con presencia de manglar en el estado.

CUADRO 2.2 Superficie de la cobertura de manglares (escala 1:50 000) bajo protección en 2010

Región	Estados	Superficie (Agosto 2012)	% del Área Total	ANP				Ramsar		Superficie Total Protegida (ha)	% Protegido Total		
				Federales		Estatales		Ambas					
				ha	% Protegido	ha	% Protegido	ha	%				
Pacífico Norte	Baja California	36	0.0	36	100.0	0	0.0	36	100.0	34	94.4	36	100.0
	Beja California Sur	26 694	3.5	3 231	12.1	0	0.0	3 231	12.1	2 342	8.8	3 424	12.8
	Sonora	11 334	1.5	1 008	8.9	22	0.2	1 030	9.1	7 063	62.3	7 269	64.1
	Sinaloa	77 088	10.1	7 742	10.0	351	0.5	8 093	10.5	53 001	68.8	53 913	69.9
	Nayarit	66 920	8.8	55 255	82.6	0	0.0	55 255	82.6	66 887	99.9	66 887	99.9
	Total P.N.		182 072	23.8	67 272	36.9	373	0.2	67 645	37.2	129 327	71.0	131 529
Pacífico Centro	Jalisco	2 201	0.3	132	6.0	45	2.0	177	8.0	1 474	67.0	1 522	69.2
	Colima	3 237	0.4	0	0.0	0	0.0	0	0.0	252	7.8	252	7.8
	Michoacán	1 419	0.2	0	0.0	321	22.6	321	22.6	715	50.4	1 036	73.0
	Total P.C.	6 857	0.9	132	1.9	366	5.3	498	7.3	2 441	35.6	2 810	41.0
Pacífico Sur	Guerrero	8 123	1.1	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
	Oaxaca	18 607	2.4	1 413	7.6	0	0.0	1 413	7.6	1 553	8.3	1 553	8.3
	Chiapas	46 276	6.1	28 476	61.5	30 822	66.6	30 844	66.7	38 952	84.2	38 990	84.3
	Total P.S.	73 006	9.5	29 889	40.9	30 822	42.2	32 257	44.2	40 505	55.5	40 543	55.5
	Tamaulipas	3 095	0.4	344	11.1	0	0.0	344	11.1	0	0.0	344	11.1
Golfo de México	Veracruz	37 841	4.9	681	1.8	1 355	3.6	2 036	5.4	23 681	62.6	25 047	66.2
	Tabasco	44 590	5.8	9 835	22.1	0	0.0	9 835	22.1	9 835	22.1	9 835	22.1
	Total G.M.	85 526	11.2	10 860	12.7	1 355	1.6	12 215	14.3	33 516	39.2	35 226	41.2
	Campeche	197 620	25.9	175 962	89.0	69 349	35.1	175 972	89.0	175 972	89.0	175 972	89.0
Península de Yucatán	Yucatán	91 356	11.9	31 364	34.3	43 361	47.5	71 840	78.6	71 833	78.6	71 846	78.6
	Quintana Roo	128 049	16.7	81 315	63.5	18 580	14.5	99 893	78.0	68 803	53.7	100 764	78.7
	Total P.Y.	417 025	54.5	288 641	69.2	131 290	31.5	347 705	83.4	316 608	75.9	348 582	83.6
Totales		764 486	100.0	396 794	51.9	164 206	21.5	460 320	60.2	522 397	68.3	558 690	73.1

1. Las superficies fueron calculadas utilizando el mapa de manglares 2010 en proyección Cónica Conforme de Lambert, Datum WGS 84.
2. Las fuentes para el cálculo de superficies fueron CONANP (2012 a y b) y Bezaury-Creel (2007 y 2009).
3. Se consideraron los sitios de protección cuya fecha de primer decreto es anterior o igual a la fecha de imágenes de satélite que ocuparon mayor superficie en cada estado.
4. Para obtener la superficie protegida en ambas modalidades (ANP estatal y ANP federal), en los casos en que las poligonales se sobrepone, la superficie es cuantificada una sola vez.
5. La superficie total protegida no necesariamente es la suma de la superficie señalada en las diferentes categorías debido a que hay sobreposición entre ellas.